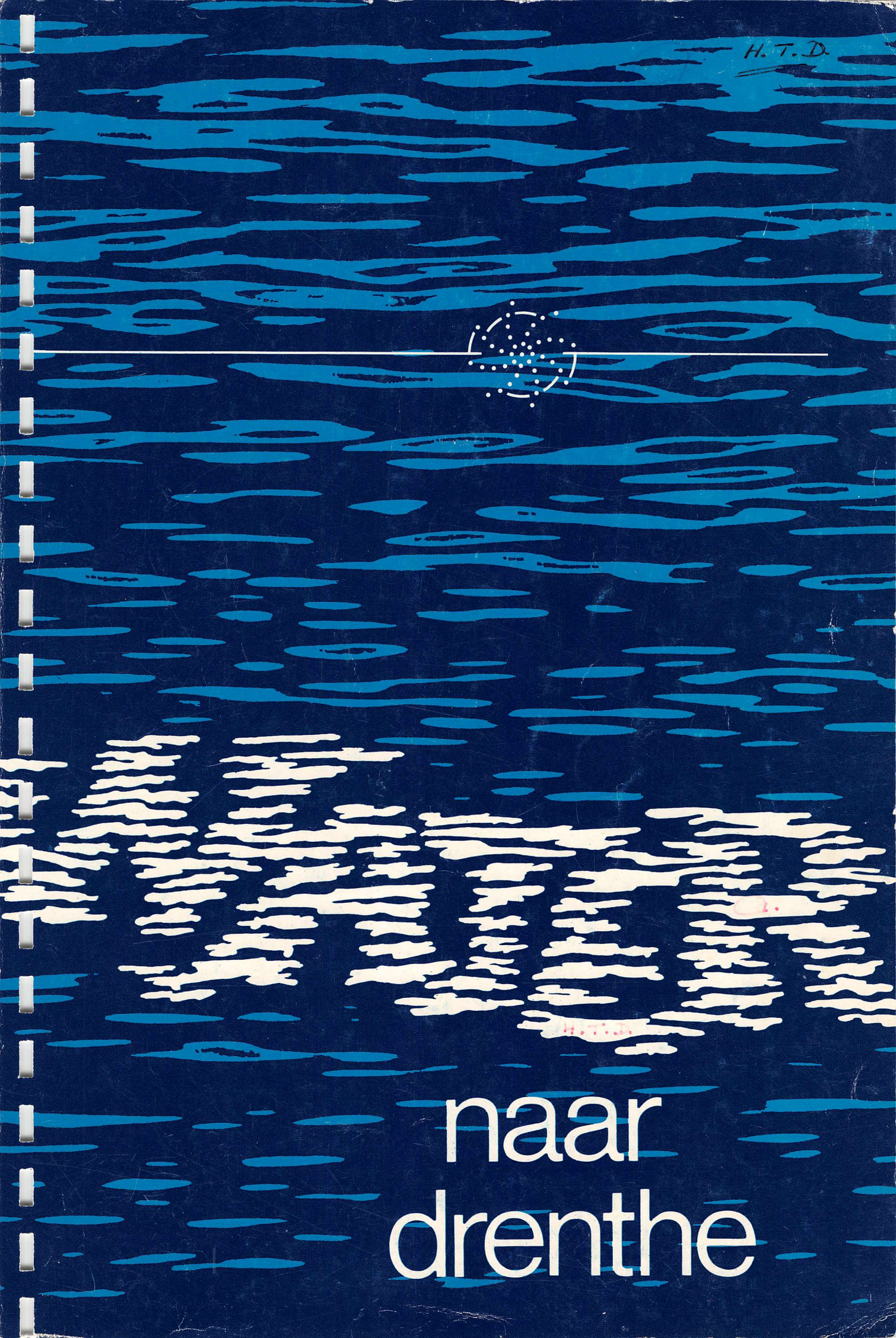


naar drenthe

Rapport van de
Werkgroep
Watervoorziening
Drenthe

Assen, april 1979

naar drenthe

Inhoud

I ____7 **Inleiding**
_____ 1. Aanleiding, opdracht en doel van de studie
____8 2. Samenstelling van de werkgroep

II ____9 **Samenvatting**

III ____20 **Inventarisatie van de basisgegevens**
_____ 1. Algemeen
_____ 2. Huidige toestand van de waterhuishoudkundige infrastruktuur
_____ *2.1. De waterafvoer*
____21 *2.2. De watervoorziening*
____22 *2.3. Transportkapaciteit van de kanalen, leidingen en kunstwerken m.b.t. de wateraanvoer*
_____ *2.4. Beheer, onderhoud en bediening*
____24 3. Grondgebruik
_____ 4. Neerslag en verdamping
_____ *4.1. Algemeen*
____26 *4.2. Het verdampingsoverschot*
_____ *4.3. De droogteklassejaren*
____27 5. Water in de bodem
_____ *5.1. Algemeen*
____28 *5.2. Schematisering van het vochtonttrekkingspatroon*
_____ *5.3. Berekening van de bodemvochtleverantie met behulp van de theorie van Rijtema*
____31 *5.4. Indeling van de kultuurgrond in hydrologische bodemgroepen*
____33 *5.5. Berekende hoeveelheden beschikbaar vocht in de bodem*

IV ____37 **Aanvullende waterbehoefte**
_____ 1. Algemeen
_____ 2. Landbouw
_____ *2.1. De berekening van de vochtbehoefte*
____42 *2.2. De wijze van toediening*
____44 3. Tuinbouw
_____ *3.1. Tuinbouw in de volle grond*
_____ *3.2. Tuinbouw onder glas*
____46 4. Veedrenking
_____ 5. Ziekte- en onkruidbestrijding
_____ 6. Drink- en industriewatervoorziening
____48 7. Scheepvaart
_____ *7.1. Algemeen*
_____ *7.2. Schutverliezen*
____50 *7.3. Verdampingsverliezen*
_____ *7.4. Wegzijging*
____52 *7.5. Lekverliezen*
_____ *7.6 Samenvatting*
_____ 8. Doorspoeling
_____ *8.1. Algemeen*
_____ *8.2. Doorspoeling in verband met effluentlozingen*
____53 *8.3. Doorspoeling in verband met regenwateroverstorten uit rioolstelsels*
_____ *8.4. Doorspoeling in verband met zoutlozing*
_____ *8.5. Konklusie*
_____ 9. Natuurgebieden
_____ *9.1. Algemeen*

_____55 *9.2. Enkele aspekten in verband met de waterhuishouding van natuurgebieden*
_____ *9.3. Wateraanvoer*
_____57 *9.4. Slotopmerkingen*
_____ 10. Rekreatie
_____ 11. Stoominjektieprojekt van de Nederlandse Aardolie Maatschappij
_____ 12. Gebieden buiten de provincie
_____58 13. Verhoging van het waterpeil in het voorjaar
_____59 14. Waterverliezen bij infiltratie en beregening
_____ *14.1. Verliezen bij infiltratie*
_____ *14.2. Verliezen bij beregening*
_____62 15. Wegzijging uit aanvoerleidingen
_____68 16. Verdampingsverliezen van open water
_____69 17. De gesommeerde aanvullende waterbehoefte
_____79 18. Globale waterbalans van Drenthe
_____ *18.1 Globale waterbalans in een gemiddeld jaar*
_____80 *18.2. Globale waterbalans in een 10%-droog jaar*
_____ *18.3. Een nadere beschouwing van de oppervlaktewaterafvoer*
_____87 *18.4. Waterleidingen, rioleringen, lozingen*
_____88 *18.5. Berging*

V _____89 **Bronnen waaruit het tekort is aan te vullen**
_____ 1. Algemeen
_____ 2. Waterkonservering
_____ *2.1. Algemeen*
_____91 *2.2. Waterkonserveringsmaatregelen*
_____92 *2.3. Verwerking van de waterkonservering in de waterbehoefteberekeningen*
_____93 3. Spaarbekkens
_____ 4. "Diep" grondwater
_____95 5. Oppervlaktewater van buiten de provincie
_____98 6. Waterkwaliteit
_____ *6.1. Algemeen*
_____ *6.2. Huidige waterkwaliteit*
_____100 *6.3. Kwaliteitseisen*
_____101 *6.4. Overeenstemming tussen waterkwaliteit en kwaliteitseisen*

VI _____102 **Gewenste aanvoer van buiten de provincie**
_____ 1. Algemeen
_____ 2. De aanvullende waterbehoefte per plangebied in de verschillende droogteklassejaren
_____104 3. De te installeren pompkapaciteit in de 12 plannen
_____105 4. Berekening van de meerjarig gemiddeld per groeiseizoen op te pompen hoeveelheid water
_____109 5. De verdeling van de meerjarig gemiddeld per groeiseizoen op te pompen hoeveelheden water over de verschillende belangengroepen

VII _____111 **Nodige werken ter realisering van de watervoorziening**
_____ 1. Algemeen
_____112 2. Primair aanvoersysteem
_____120 3. Sekundair en tertiair aanvoersysteem

VIII _____122 **Kosten van aanvullende watervoorziening**
_____ 1. Algemeen
_____ 2. Investeringskosten
_____ *2.1. Investeringskosten primair aanvoersysteem*
_____124 *2.2. Investeringskosten sekundair aanvoersysteem*
_____125 *2.3. Investeringskosten tertiair aanvoersysteem*
_____ 3. Jaarlijkse kosten
_____ *3.1. Jaarlijkse kosten primair aanvoersysteem*
_____128 *3.2. Jaarlijkse kosten sekundair + tertiair aanvoersysteem*
_____129 4. Samenvatting van de investeringskosten en van de jaarlijkse kosten

IX _____130 **Baten in de landbouw tengevolge van aanvullende watervoorziening**
_____ 1. Algemeen
_____ 2. De bruto-meeropbrengsten
_____ *2.1. Meeropbrengsten per mm en per m^3 aanvullende vochtvoorziening per ha, per jaar en per gewas*
_____133 *2.2. Meerjarig gemiddelde aanvullende vochtvoorziening in mm en in m^3 per plan, per hydrologische bodemgroep, per type grondgebruik*
_____136 *2.3. Totale jaarlijkse geldelijke meeropbrengst, meerjarig gemiddeld per plan*
_____137 *2.4. Opmerkingen; mogelijke foutenbronnen en hun invloed*

137 3. De meerkosten
3.1. Beregeningskosten
142 *3.2. Overige meerkosten*
143 *3.3. Totale meerkosten*
4. De netto meeropbrengsten

X 144 **De omvang van de beregening en de invloed daarvan**
1. Algemeen
2. Rendabele en onrendabele beregening
2.1. Op welke gronden is beregening rendabel?
146 *2.2. Invloed van de beperking van de te beregenen oppervlakte op de vochtbehoefte*
147 *2.3. Invloed van de beperking van de te beregenen oppervlakte op de gewenste pompkapaciteit*
2.4. Invloed van de beperking van de te beregenen oppervlakte op de netto meeropbrengsten
148 *2.5. Grafische weergave van de invloeden van de beperking van de te beregenen oppervlakte*
150 3. De omvang van de beregening nu en in de toekomst
3.1. Algemeen
3.2. Het huidige beregeningspercentage
151 *3.3. Het toekomstige beregeningspercentage*
4. De invloed van de gekozen beregeningspercentages op . . .
4.1. . . . de waterbehoefte en de pompkapaciteit
152 *4.2. . . . de kosten van aanvullende watervoorziening in de landbouw*
4.3. . . . de kosten van aanvullende watervoorziening

XI 156 **Evaluatie**
1. Algemeen
157 2. Meten en waarderen van de effekten van de aanvullende watervoorziening
163 3. Vergelijking van de plannen aan de hand van de scoretabel
168 4. Overige faktoren welke bij de beoordeling van de plannen een rol kunnen spelen

XII 170 **Slotbeschouwing**
1. Watervoorziening uit het oppervlaktewater en uit het grondwater
1.1. Oppervlaktewater
1.2. Grondwater
171 *1.3. Konsekwenties voor het te voeren beleid*
173 2. Realisering en funktionering van de voorgestelde watervoorzieningswerken

XIII 174 **Alternatieve watervoorzieningsmogelijkheden**
1. Spaarbekkens
1.1. Algemeen
1.2. Korte omschrijving van spaarbekkens
175 *1.3. Kosten van spaarbekkens*
176 *1.4. Toepassingsmogelijkheden van spaarbekkens in het tus-10 plan*
1.4.1. Algemeen
1.4.2. Het tus-10 plan met enkel gemalen
177 *1.4.3. Inhoud en gebruikswijze van de spaarbekkens*
178 *1.4.4. Ekonomische beoordeling van de spaarbekkens*
182 *1.5. Opmerkingen*
184 2. Buisleidingen
2.1. Algemeen
2.2. Kostenberekening van watertransport per buisleiding
2.2.1. Basisgegevens
2.2.2. Bepaling van de optimale diameter en het te installeren vermogen
186 *2.2.3. Jaarlijkse kosten*
2.3. Konklusie

187 Literatuurlijst

I. Inleiding

1.1. Aanleiding, opdracht en doel van de studie

De watervoorziening op de Drentse kanalen geschiedt momenteel via een gemalenstelsel, geplaatst op de sluizen in de Drentsche Hoofdvaart, het Linthorst-Homankanaal, het Oranjekanaal en de Verlengde Hoogeveensche Vaart.
Dit stelsel werd gebouwd in het begin van de twintiger jaren en in de vijftiger jaren uitgebreid. De voornaamste doelstelling was het op peil houden van de kanalen ten behoeve van de scheepvaart. Het toentertijd nog vrij drukke scheepvaartverkeer had tot gevolg, dat er via de sluizen veel schutwater afstroomde, dat in droge tijden met de gemalen werd teruggepompt. Daarnaast werd ook ten behoeve van de landbouw enig gebruik van deze watervoorziening gemaakt.
Als gevolg van velerlei ontwikkelingen is er geleidelijk een toename van de vraag naar water opgetreden. De intensivering in de landbouw maakte een steeds nauwkeuriger en verfijnder waterbeheer noodzakelijk. Enerzijds leidde dit tot een verbetering van de afvoer van het teveel aan water in natte perioden en anderzijds tot een vergroting van de vraag in tijden van geringe neerslag.
De behoefte aan water in droge tijden is door deze ontwikkelingen thans reeds zodanig groot, dat de bestaande aanvoermogelijkheden van water bij lange na niet voldoende zijn om in de vraag te voorzien.
Bij de rekonstruktie van de Hoogeveensche Vaart tussen Meppel en Hoogeveen werd bij de situering van de nieuwe sluizen daarom reeds rekening gehouden met de mogelijkheid nieuwe gemalen te bouwen, die in deze groeiende vraag naar water zouden kunnen voorzien.

De zomer van het jaar 1976 was zeer droog. Voor verschillende doeleinden werd dan ook aanzienlijk meer water gevraagd dan in andere jaren. De beheerders van het kanalenstelsel werden van vele kanten benaderd met verzoeken tot levering van aanzienlijke hoeveelheden water. De kapaciteit van de gemalen bleek ondanks dat vele uren extra werd gepompt en ondanks het feit dat hulppompen werden bijgeplaatst, ten enen male onvoldoende.
Het jaar 1976 was echter niet het enige droge jaar. In de laatste decennia zijn meer droge jaren voorgekomen. Zo zijn, in de periode van 1910 tot heden, de jaren 1911, 1921 en 1959 qua droogte vergelijkbaar met 1976.
De genoemde omstandigheden waren in augustus 1976 voor gedeputeerde staten van Drenthe aanleiding tot het instellen van een technische werkgroep "watervoorziening Drenthe". Het onderwerp dat de werkgroep in studie zou moeten nemen was naar de mening van het college tweeledig. In de eerste plaats zou een studie moeten worden verricht naar de waterbehoeften in de provincie in de toekomst. Omtrent het watergebruik en de prognoses daarvan was al wel het een en ander bekend. Zo was over de drink- en industriewatervoorziening enige tijd tevoren reeds een provinciale nota verschenen, welke inzicht gaf in het toekomstige gebruik.
Een ongewisse faktor was echter de watervoorziening ten behoeve van de landbouw. Een belangrijk aspekt was de mate waarin de beregening van landbouwgronden zich in de toekomst zal ontwikkelen.
Tevens zou in de beschouwingen dienen te worden opgenomen de vraag in hoeverre grotere delen van de provincie in de voorzieningsmogelijkheden moeten worden betrokken dan thans het geval is en welke aanvullende infrastrukturele maatregelen daartoe dan nodig zijn.
Het tweede deel van de studie zou betrekking moeten hebben op de in de gemalen te installeren kapaciteiten.
Reeds spoedig na de aanvang kwam de werkgroep tot de volgende precisering van het doel van deze studie:

1. Het nagaan voor welke doeleinden aanvullende watervoorziening nodig is.
2. Het vaststellen van de hoeveelheden water, die voor deze doeleinden nodig zijn, gezien over een lange reeks van jaren.
3. Het aangeven van de bronnen, waaraan het benodigde water kan worden ontleend.
4. De opstelling van een aantal alternatieve plannen van watervoorziening voor de provincie Drenthe als geheel, waarbij:
   a. het gehele territoir dan wel bepaalde delen ervan van water worden voorzien en
   b. de onder a aangeduide gebieden in verschillende mate van water worden voorzien.
5. De onderlinge vergelijking van de kosten en de baten van deze plannen alsmede de vergelijking van de overige materiële en immateriële voor- en nadelen van deze plannen.

Deze doelstellingen zijn in de studie nader uitgewerkt. De resultaten kunnen de overheden die bevoegd zijn tot het voeren van een beleid ten aanzien van de watervoorziening, — het rijk, de provincie en de waterschappen —, helpen bij het bepalen van standpunten, en het nemen van beslissingen.

I.2. Samenstelling van de werkgroep

In de werkgroep zijn de volgende diensten en instellingen vertegenwoordigd:
De **rijkswaterstaat**, de dienst die de rijkswateren beheert en uit hoofde daarvan de toevoer van water vanuit het IJsselmeer regelt, die thans de opmaling van het water via de Drentsche Hoofdvaart verzorgt en die voorts nauw betrokken is bij de subsidiëring van waterstaatswerken.
De **landinrichtingsdienst,** de dienst die de wetenschappelijke inbreng kan leveren ten aanzien van de watervoorziening van de landbouw en de werken binnen de waterschappen subsidieert.
De **provinciale dienst voor de bedrijfsontwikkeling,** de dienst die toekomstige ontwikkelingen in de landbouw in relatie tot de watervoorziening zal moeten schetsen.
De **drentse waterschapsbond**, als vertegenwoordiger van de oppervlaktewaterbeheerders en als zodanig ten nauwste betrokken bij de watervoorziening.
De **provinciale waterstaat,** de dienst die de koördinatie van de watervoorziening in de provincie tot taak heeft en die een deel van het wateraanvoerstelsel beheert en exploiteert.

Bij de afdeling civiele techniek van de technische hogeschool te Delft bleek belangstelling te bestaan voor deze studie omdat men zelf bezig was met een studie inzake de problematiek van de meest effektieve verdeling van een gegeven hoeveelheid water over een bepaald gebied. Vertegenwoordigers van de afdeling hebben als gast deelgenomen aan de werkzaamheden van de werkgroep.

De werkgroep is als volgt samengesteld:

Ir. J. J. H. Egberts	rijkswaterstaat
Ing. F. C. Hamster	drentse waterschapsbond
Ir. C. J. Janmaat	provinciale dienst voor de bedrijfsontwikkeling vanaf 01-09-1977
Ing. M. Kik	drentse waterschapsbond
Ir. P. van der Kloet	technische hogeschool te Delft
Ir. D. M. Komen	drentse waterschapsbond vanaf 01-12-1976
Ing. G. Lammers	drentse waterschapsbond
Ir. J. C. van Leeuwen	provinciale waterstaat sekretaris
Ir. H. J. van der Locht	provinciale dienst voor de bedrijfsontwikkeling tot 01-09-1977
Ir. J. A. Los	provinciale waterstaat
Ing. J. van der Maas	provinciale waterstaat
Ir. G. J. Meijers	technische hogeschool te Delft
Ing. W. H. Naarding	landinrichtingsdienst
Ir. A. C. M. Onel	provinciale waterstaat
Ir. L. Scholma	provinciale waterstaat
Ir. M. Tamminga	provinciale waterstaat voorzitter
Ing. H. B. Venema	provinciale waterstaat
Ir. A. P. Vernimmen MSc.	drentse waterschapsbond tot 01-12-1976
Ir. H. R. Vermeulen	technische hogeschool te Delft
Ing. F. Zeilstra	rijkswaterstaat
Mej. H. H. M. Zwiers	provinciale waterstaat verslaglegging

II. Samenvatting

Om het opzoeken van de oorspronkelijke tekst van deze studie te vergemakkelijken zijn de hoofdstukken, paragrafen, tabellen en figuren, waarop het betreffende gedeelte van deze samenvatting betrekking heeft in de marge aangegeven.

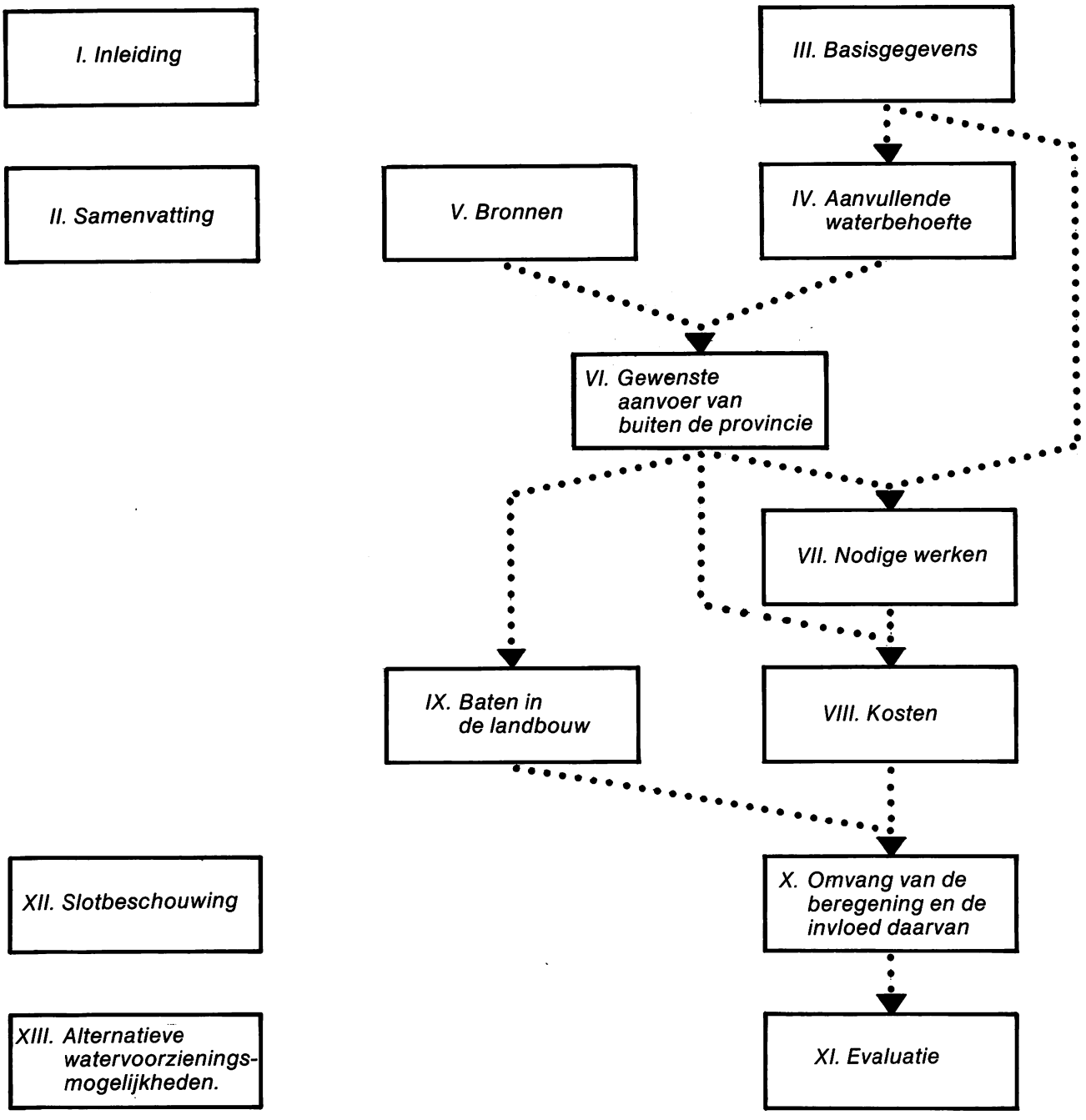
Water wordt voor vele doeleinden gebruikt. In sommige gevallen komt het na gebruik weer in vloeibare vorm beschikbaar. In andere gevallen komt het na gebruik niet weer beschikbaar of niet in vloeibare vorm beschikbaar en kan men spreken van verbruik.
Een grote gebruiker, of beter gezegd verbruiker, is de plantenwereld, waartoe hier zowel de kultuurgewassen als de "natuurlijke" vegetatie worden gerekend.
Water is onontbeerlijk voor de ingewikkelde fysische en chemische processen, die zich in het plantenlichaam afspelen en die zorgen voor de groei en/of de instandhouding. Een klein gedeelte van dit water dient als bouwelement van het plantenlichaam, het overgrote deel verlaat de plant weer door verdamping, een essentieel onderdeel van de genoemde processen.
De plant moet vrijwel al het benodigde water uit de grond halen. Het wordt met behulp van de wortels aan de grond onttrokken. Om deze onttrekking zo effektief mogelijk te doen zijn is het wortelstelsel fijn vertakt. Van sommige planten kan dit wortelstelsel diep in de grond doordringen, andere planten wortelen minder diep of zelfs ondiep. De grond fungeert dus als waterleverancier van de plant.
Het water is op verschillende wijzen in de grond aanwezig. Beneden de grondwaterspiegel is de poriënruimte tussen de grondkorrels en zijn ook de grotere ruimten geheel gevuld met water. Boven de grondwaterspiegel is de vulling minder volledig en neemt in het algemeen af naarmate de afstand tot aan het grondwater groter wordt. De mate van vulling is in beide situaties afhankelijk van een aantal faktoren zoals korrelgrootte, struktuur van de grond, de wijze waarop en de mate waarin vocht aan de grond is onttrokken etc.
Bevindt zich de grondwaterspiegel bij het begin van het groeiseizoen binnen het bereik van de plantenwortels, zodat deze via kapillaire opstijging grondwater op kunnen nemen, dan gaat de grondwaterspiegel dalen. De plant kan door ontwikkeling van zijn wortelstelsel in neerwaartse richting deze daling geheel of gedeeltelijk volgen.Dit vermogen is bij de ene plant sterker ontwikkeld dan bij de andere plant. Ook door andere oorzaken als wegzijging naar lager gelegen terreinen, negatieve kwel, en opzettelijke onttrekking kan de grondwaterstand dalen. Het is ook mogelijk dat door toestroming van water door de grond vanaf hoger gelegen gronden, positieve kwel, of door aanvulling vanuit sloten e.d. de onttrokken hoeveelheden geheel of gedeeltelijk worden gekompenseerd.
Bij daling van de grondwaterspiegel gedurende het groeiseizoen kan het moment komen, waarop de afstand tussen de plantenwortels en het grondwater te groot wordt en de plant geen grondwater meer kan onttrekken. Dan is het vaak nog mogelijk gedurende enige tijd te putten uit de resterende voorraad in de wortelzône. Dit laatste is ook het geval als aan het begin van het groeiseizoen het grondwater door een diepe stand niet voor de plant bereikbaar is. Dan is de plant enkel aangewezen op de watervoorraad die in de wortelzône aanwezig is. De hoeveelheid, die op deze wijze beschikbaar is, is enerzijds afhankelijk van de fysische eigenschappen van de grond, die het waterbergend vermogen bepalen, en anderzijds van de mate van vertakking en de diepte van het wortelstelsel.
De voorraad in de wortelzône en ook de grondwatervoorraad worden weer aangevuld door de neerslag. De hoeveelheid neerslag varieert van jaar tot jaar sterk. Ook tijdens het groeiseizoen kan de variatie groot zijn.
Hetzelfde is, zij het in mindere mate, het geval met de verdamping. Faktoren, die de verdamping beïnvloeden zijn o.m. de zonnestraling, de luchtvochtigheid en de windsnelheid. Meestentijds overtreft de verdamping gedurende het groeiseizoen de neerslag. Er moet dan dus een aanvulling plaatshebben uit de bodemvoorraad als hierboven is aangegeven.
Het zijn nu de mate van verdamping (= vraag) enerzijds en neerslag en voorraad in de bodem (= aanbod) anderzijds die, per groeiseizoen van jaar tot jaar verschillend, bepalen hoeveel water voor de plant nodig is en hoeveel er beschikbaar is.
Nu blijkt in de praktijk dat de beschikbare hoeveelheden lang niet altijd voldoende zijn. Er zijn seizoenen en delen van seizoenen, waarin onvoldoende water beschikbaar is voor een optimale groei van de plant. Onder optimale groei wordt hier dan verstaan het verkrijgen van een zo groot mogelijke opbrengst aan oogstbare produkten bij kultuurgewassen en een zo goed mogelijke ontwikkeling van de natuurlijke vegetatie. Om die te bereiken moeten dus aanvullende hoeveelheden water van elders ter beschikking komen.

Behalve voor de groei van gewassen en natuurlijke vegetatie wordt ook water gebruikt voor andere doeleinden. Als zodanig kunnen worden genoemd het

drenken van vee, het bestrijden van ziekten en onkruiden bij de kultuurgewassen, de drink- en industriewatervoorziening, de scheepvaart, de doorspoeling van kanalen en wateren die door ongewenste stoffen worden verontreinigd, de rekreatie en het stoominjektieprojekt van de Nederlandse Aardoliemaatschappij.
Ook wordt water geleverd voor landbouwkundig gebruik aan aangrenzende gebieden buiten de provincie.

Voorts bestaat er behoefte aan aanvullend water omdat er verschijnselen optreden, die in verschillende mate als verliezen kunnen worden aangemerkt. Als zodanig kunnen worden worden genoemd de verhoging van het waterpeil in aanvoerleidingen in het voorjaar, verliezen bij beregening en infiltratie, wegzijging uit aanvoerleidingen en verdampingsverliezen van open water.
Al de genoemde aspekten zijn in deze studie in beschouwing genomen. De opbouw van de studie en de onderlinge samenhang van de hoofdstukken zijn aangegeven in het schematisch overzicht.
Op de volgende pagina's is van alle hoofdstukken een korte samenvatting gegeven.

schematisch overzicht van de hoofdstukindeling



III. Inventarisatie van de basisgegevens

III.2 Reeds in de huidige situatie wordt ten behoeve van nagenoeg al de genoemde doeleinden in droge perioden oppervlaktewater van elders aangevoerd. Dit geschiedt via het bestaande stelsel van kanalen en waterlopen met de daarbij behorende kunstwerken, gemalen, sluizen, inlaatwerken en stuwen. Dit stelsel, dat oorspronkelijk voor de waterafvoer en de scheepvaart was bedoeld, is globaal beschreven. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen resp. het primaire, het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem. Onder het primaire systeem wordt verstaan het hoofdcircuit van kanalen, sluizen en gemalen, het sekundaire en het tertiaire systeem omvatten de fijnere, resp. de fijnste vertakkingen. De ervaring heeft geleerd dat het systeem als geheel onvoldoende is voor een optimale watervoorziening in droge perioden.

III.3 Om de hoeveelheden water, die aanvullend nodig zijn, te kunnen berekenen zijn de gegevens betreffende het grondgebruik verzameld.

III.4 Vervolgens zijn beschouwingen gewijd aan de faktoren, die een rol spelen in het boven omschreven proces.

III.4.1 Zo komen eerst aan de orde de neerslag en de verdamping. Een belangrijk begrip

III.4.2 in dit kader is het verdampingsoverschot, ook wel het neerslagtekort genoemd. Het is het verschil tussen de verdamping (van gewas c.q. van water) en de neerslag over een bepaald tijdvak. Als perioden zijn in aanmerking genomen het groeiseizoen, 1 april t/m 30 september, en de afzonderlijke kalendermaanden waarin dat groeiseizoen kan worden opgesplitst. Het groeiseizoen is van belang in verband met de bepaling van de totale hoeveelheid, die moet worden aangevoerd. De tijdvakken van een maand zijn vooral van belang in verband met de bepaling van de aanvoerkapaciteit van de werken (piekaanvoer).
Bij de uitgevoerde berekeningen is gebruik gemaakt van de door het K.N.M.I. verstrekte gegevens van het waarnemingsstation Dedemsvaart c.a. Onder toepassing van enige korrektie, omdat Drenthe gemiddeld wat 'droger' is dan de omgeving van Dedemsvaart, zijn de verdampingsoverschotten per maand en per groeiseizoen berekend voor de jaren 1911 t/m 1976. Met behulp daarvan zijn voor

III.4.3 vier droogteklassejaren kurven gekonstrueerd, die het kumulatieve verdampingsoverschot weergeven. Met droogteklassejaren worden bedoeld jaren, waarvan het groeiseizoen kenmerkend is voor een bepaalde mate van droogte. Als zodanig zijn onderscheiden een extreem droog jaar als 1976, een 10%-droog jaar, een 20%-droog jaar en een 50%-droog jaar. De kurven zijn zowel voor gewassen als voor een vrij wateroppervlak gekonstrueerd.

III.5.1 De hoeveelheid water, die door de bodem aan de gewassen wordt geleverd, bodemvochtvoorraad of bodemvochtleverantie genoemd, kan afhankelijk van een

III.5.2 aantal faktoren sterk variëren. Ten behoeve van de berekeningen is het patroon van de vochtonttrekking door de gewassen geschematiseerd. Op basis van hun ligging ten opzichte van het grondwater zijn drie typen gronden onderscheiden, de lage, de middelhoge en de hoge gronden. Voor elk van deze gronden is aangegeven op welke wijze de bodemvochtleverantie kan worden berekend en welke faktoren daarbij een rol spelen.

III.5.4 Tevens is met behulp van de gegevens van de bodemkaart van Nederland Drenthe verdeeld in gebieden, waarbinnen de bodemtypen qua vochthoudendheid en kapillaire opstijging ongeveer dezelfde eigenschappen bezitten, de hydrologische bodemgroepen.

III.5.5 Voor elk van deze groepen is de bodemvochtleverantie berekend, waarbij onderscheid is gemaakt tussen bouwland en grasland in verband met de verschillen in bewortelingsdiepte. De faktoren, die bij de berekeningen van belang zijn, en de uitgangspunten, die daarbij zijn gehanteerd, zijn nader toegelicht.

IV. Aanvullende waterbehoefte

Voor de verschillende vormen van watergebruik is de aanvullende waterbehoefte berekend. Dat is in principe gedaan voor de afzonderlijke maanden en voor het groeiseizoen als geheel in de vier droogteklassejaren. Zo nodig of mogelijk is hierbij de berekening vereenvoudigd.

IV.2.1 Door kombinatie van de gegevens inzake het verdampingsoverschot en de bodemvochtleverantie is voor elk van de hydrologische bodemgroepen, voor bouwland en voor grasland, afzonderlijk de aanvullende waterbehoefte berekend.

IV.2.2 Daarbij is tevens aandacht besteed aan de wijze van toediening van het aanvullende water. Voor de lage gronden is gekozen voor infiltratie, zonodig aangevuld met beregening; voor de middelhoge en hoge gronden is gekozen voor beregening. Deze keuze is o.m. van betekenis in verband met de verliezen, die bij deze wijzen van toediening optreden.

IV.3 De behoeften van de tuinbouw in de volle grond zijn op dezelfde wijze benaderd als die van grasland. Zij zijn bij die van het grasland ingekalkuleerd. De behoeften van de tuinbouw onder glas vragen een andere benadering. Daarbij is rekening gehouden met een hogere verdamping en met de behoefte aan water voor doorspoeling van de grond ter verwijdering van opgehoopte zouten.

IV.4 Voor het drenken van vee is een relatief geringe hoeveelheid water nodig, die is berekend aan de hand van de behoefte per grootvee-eenheid per dag.

IV.5 Voor de bestrijding van ziekten en van onkruiden is eveneens een relatief geringe hoeveelheid nodig, die gelijkmatig is verdeeld gedacht over het gehele groeiseizoen.

IV.6 Het water, nodig voor de drink- en industriewatervoorziening, wordt nagenoeg geheel onttrokken aan het grondwater. Enkele aspekten van de winning van grondwater zijn besproken. De aanvulling van het gewonnen water heeft voornamelijk plaats op natuurlijke wijze door voeding met van de neerslag afkomstig water.
Bij de berekeningen is er voorshands van uitgegaan, dat voor dit doel geen aanvullende voorziening vanuit het oppervlaktewater van buiten de provincie nodig is. Dit neemt niet weg dat er binnen het provinciale systeem wel waterverplaatsing nodig is voor dit doel.

IV.7 Een deel van het Drentse kanalenstelsel wordt mede gebruikt door de beroepsvaart en de rekreatievaart. Deze scheepvaart passeert de sluizen. Bij het schutten
IV.7.2 wordt water op de lagere panden afgelaten. De schutverliezen zijn berekend als som van de schutverliezen bij de zes uitgaande sluizen.

IV.7.3 Voorts treden op de kanalen verliezen op door verdamping. Deze zijn ingekalku-
IV.16 leerd in de totale verdampingsverliezen van open water.

IV.7.4 Vanuit de kanalen kan door wegzijging naar de ondergrond water verloren gaan, negatieve kwel. Daar staat tegenover dat uit hoger gelegen gronden water kan toestromen, positieve kwel. Omtrent de orde van grootte van deze verschijnselen is weinig bekend. In deze studie is er van uitgegaan dat in relatie tot de totale waterbehoefte de verliezen gering zijn.

IV.7.5 Tengevolge van lekkages aan de sluizen en duikers en in mindere mate in kaden kunnen verliezen optreden. Ook hier komen de verliezen bij de zes uitgaande sluizen voor berekening in aanmerking.

IV.7.6 De totale aanvullende waterbehoefte voor de scheepvaart is voor alle jaren gelijk genomen.

IV.8 Doorspoeling van de kanalen is van belang in verband met de effluentlozingen van zuiveringsinstallaties en de regenwateroverstorten uit rioleringen. In het algemeen geldt dat in droge perioden de wateraanvoer voor andere doeleinden zo groot is dat deze voldoende is voor de gewenste verdunning van het effluent. Ook voor doorspoeling van regenwateroverstorten is geen extra water nodig.

IV.9.2 Ten aanzien van natuurgebieden is vermeld dat daarvoor het konserveren van grondwater door een nauwgezet peilbeheer van belang is. Daarnaast zal in sommige gevallen kunstmatige aanvoer gewenst zijn, voornamelijk op laaggelegen terreinen.
Aan een tweetal voorbeelden, Reestdal en hoogveennatuurgebieden, is een korte nadere beschouwing gewijd.

IV.9.3 De behoefteberekening is beperkt tot de laaggelegen terreinen, waarvoor de t.a.v. grasland gehanteerde normen worden toegepast. In het algemeen geldt voor
IV.9.4 natuurterreinen dat de toevoer van oppervlaktewater op kwalitatieve bezwaren stuit.

IV.10 Voor rekreatieve doeleinden is geen afzonderlijke behoeftepost opgenomen.

IV.11 Voor het stoominjektieprojekt van de Nederlandse Aardoliemaatschappij is rekening gehouden met een waterbehoefte van 5000 m^3 per dag.

IV.12 Voor enkele buiten de provincie gelegen gebieden bestaat een zekere verplichting tot het leveren van water, voornamelijk ten behoeve van de landbouw.

IV.13 Ten behoeve van een optimale waterbeheersing in de landbouw wordt in de winter gestreefd naar een laag grondwaterpeil dat wordt bereikt door het handhaven van een laag slootpeil. Dit heeft tot gevolg dat in het voorjaar ten behoeve van de watervoorziening dit peil moet worden verhoogd. Het voor de peilsverhoging in de lage en in een deel van de middelhoge gronden (tezamen ca. 116.000 ha.) benodigde water kan worden verkregen door konservering van de afvoer welke binnen Drenthe plaatsvindt. Het voor de peilsverhoging in de overige middelhoge gronden en in de hoge gronden (tezamen ca. 87.000 ha.) benodigde water moet van buiten de provincie worden aangevoerd. De hiervoor benodigde hoeveelheden zijn berekend.

IV.14 Bij de toepassing van infiltratie en van beregening treden verliezen op. De verliezen bij infiltratie beperken zich tot verdamping van open water. De beregeningsverliezen zijn onderscheiden in verliezen door de direkte verdamping van het sproeiwater en wegzijgingsverliezen.

IV.15 Uit de waterlopen en sloten op de hogere gronden kan water wegzijgen naar de ondergrond in de omgeving. Cijfermatig is over dit verschijnsel weinig bekend. Met behulp van de beschikbare gegevens zijn benaderende berekeningen uitgevoerd.

IV.16 De verdampingsverliezen van open water zijn afhankelijk van klimatologische omstandigheden. Met behulp van de reeds eerder (par. III.4.) genoemde kurven van het kumulatieve verdampingsoverschot zijn de verliezen berekend.

IV.17 Van alle afzonderlijke faktoren, waarvoor water nodig is zijn nu de aanvullende behoeften berekend. Zij zijn vervolgens gerangschikt in drie groepen:

A. faktoren, waarvan de waterbehoefte is berekend per hydrologische bodemgroep, te weten landbouwgewassen, veedrenking, verhoging waterpeil in het voorjaar, verliezen bij infiltratie en beregening, wegzijgingsverliezen en verdamping van open water;
B. faktoren, welke niet kunnen worden ingepast in de indeling van de hydrologische bodemgroepen, te weten glastuinbouw, peilbeheersing scheepvaart, natuurgebieden, stoominjektieprojekt van de N.A.M. en gebieden buiten de provincie;
C. faktoren, die om dubbeltelling te voorkomen niet worden meegerekend in de totaaltelling, te weten ziekte- en onkruidbestrijding, drink- en industriewatervoorziening, doorspoeling en rekreatie.

tabel 24 fig. 18 Voor elk van de vier droogteklassejaren zijn nu de totale aanvullende waterbehoeften van zowel groep A als van groep B als van beide groepen tezamen berekend.

IV.18 Voor de provincie Drenthe als geheel zijn zowel voor een gemiddeld jaar als voor een 10%-droog jaar waterbalansen opgesteld. De berekende cijfers van een 10%-droog jaar zijn daaraan getoetst. Er blijkt een redelijke overeenstemming te bestaan.

V. Bronnen waaruit het tekort is aan te vullen

Alvorens te kunnen bepalen op welke wijze een wateraanvoersysteem zal worden ingericht is het nodig na te gaan aan welke bronnen het water kan worden onttrokken. Daarbij is in eerste instantie gezocht naar bronnen binnen de provincie.

V.2 Zo is gedacht aan konservering van water, d.w.z. dat in perioden, waarin het aanbod de vraag overtreft (winter) water wordt vastgehouden om het te gebruiken in perioden waarin de vraag het aanbod overtreft (zomer). Het is mogelijk de tijdelijke berging van neerslag in de grond te verbeteren door het treffen van een aantal maatregelen. De meest effektieve daarvan is het vroegtijdig opzetten van de stuwen in de waterlopen in het voorjaar. Daarnaast zijn methoden, liggende in de sfeer van de grondverbetering en de landbouwbedrijfsvoering, aan te bevelen.
Nagegaan is wat de invloed is van konserveringsmaatregelen op de berekende watertekorten. Zo is per droogteklassejaar vastgesteld tot welke datum in het voorjaar en na welke datum in het einde van het groeiseizoen de waterbehoefte kan worden gedekt door konservering van water.

V.3 XIII.1 Een bijzondere vorm van konservering is de opslag van overtollig water in spaarbekkens. In een afzonderlijke beschouwing is nader ingegaan op de gebruikswijze en de betekenis ervan. De ekonomische aspekten van spaarbekkens van verschillende grootte, variërend van 50 tot 1000 ha, zijn besproken. De kosten, die de aanleg en de exploitatie met zich brengen, blijken ongunstig uit te vallen vergeleken met de besparingen, die kunnen worden verkregen op de bouw, de uitbreiding en de exploitatie van de gemalen. Alleen onder bijzondere omstandigheden zouden externe invloeden kunnen nopen tot de aanleg van spaarbekkens.

V.4 De ondergrond van Drenthe kan schematisch worden voorgesteld als een groot bekken, dat vol staat met grondwater, en dat wordt bijgevuld door de neerslag. Voorzover het water zich bevindt in zandpakketten van voldoende dikte en doorlatendheid, kan het worden gewonnen en gebruikt voor diverse doeleinden. Dit is echter slechts in beperkte mate toelaatbaar omdat bij een te grote onttrekking de grondwaterspiegel wordt verlaagd, wat een nadelige invloed kan hebben op flora en fauna en op de beekafvoeren.

V.5 De hoeveelheid aanvullend water, die niet aan de tot nog toe genoemde bronnen kan worden onttrokken, zal als oppervlaktewater van buiten de provincie moeten worden aangevoerd. In principe staan daarvoor twee bronnen ter beschikking, het IJsselmeer en de Vecht. Omdat de Vecht, zeker in droge tijden, onvoldoende water afvoert is de keuze op het IJsselmeer gevallen. Het watervoorzieningssysteem zal dan ook zodanig moeten worden ingericht dat de maximale behoefte van daaruit kan worden aangevoerd. Overwogen kan worden om in perioden, waarin water uit de Vecht beschikbaar is, een gedeelte van het benodigde water daaraan te onttrekken, in verband met de geringere opvoerhoogte.

Als aanvoerweg vanuit het IJsselmeer is, voor de gehele provincie, gekozen voor de route via het Meppelerdiep, die de voorkeur heeft boven de route door Friesland en Groningen.

V.6 Ook aan de kwaliteit van het aan te voeren water is aandacht besteed. De kwaliteit van het uit de provincie zelf afkomstige water levert, behalve soms op enkele plaatsen in het kanalenstelsel, geen problemen op.
Het vanuit het IJsselmeer aangevoerde water kan in de huidige situatie op sommige punten nog niet voldoen aan de gehanteerde kwaliteitsnormen. Daarbij dient te worden opgemerkt dat deze normen ook nog voor diskussie vatbaar zijn. Voor de toekomst, met name op langere termijn, mag worden verwacht dat tengevolge van de bestrijding van de waterverontreiniging de afwijkingen van de normen geleidelijk minder groot zullen worden. Enige reserve dient in acht te worden genomen ten aanzien van het chloridegehalte. In uitgesproken droge jaren is het gevaar niet denkbeeldig dat in de toekomst de normen voor de tuinbouw onder glas worden overschreden en dat het dan wenselijk zal blijken geheel of gedeeltelijk over te schakelen op gebruik van grondwater.

VI. Gewenste aanvoer van buiten de provincie

Om een goed inzicht te krijgen in de verschillende aspekten van de watervoorziening, is het nodig meerdere alternatieve plannen te maken en te beoordelen. Er is

VI.2 onderscheid gemaakt tussen minimumplannen, tussenplannen en maximumplannen. Dit onderscheid heeft betrekking op de gebiedsgrootte welke van water wordt voorzien. In de minimumplannen zijn opgenomen de gebieden die in 1976 min of

kaart 8 meer van water konden worden voorzien. In de tussenplannen zijn opgenomen de zojuist genoemde gebieden alsmede de gebieden die na uitvoering van relatief eenvoudige werken van water kunnen worden voorzien. De maximumplannen omvatten geheel Drenthe.
Voor elk van de drie zo gevormde plangebieden is nu een aanvoersysteem ontworpen, waarbij de kapaciteit van de werken is afgestemd op de aanvoerbehoefte van de droogste maand van resp. een jaar als 1976, een 10%-droog jaar, een 20%-droog jaar en een 50%-droog jaar. Zo ontstaan 12 plannen waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd. Zij zijn in onderstaand schema samengevat.

droogte-klassejaar	minimum-plannen 93.200 ha	tussen-plannen 137.800 ha	maximum-plannen 203.200 ha
1976	min'76	tus'76	max'76
10%-droog jaar	min-10	tus-10	max-10
20%-droog jaar	min-20	tus-20	max-20
50%-droog jaar	min-50	tus-50	max-50

Bij de berekeningen zijn 3 elementen onderscheiden:

VI.2 — De totale aanvullende waterbehoefte in het groeiseizoen. Deze is uitgerekend voor de verschillende plangebieden in de verschillende droogteklassejaren.

VI.3 — De piekbehoefte in de 12 plannen. Hiertoe is de behoefte in de droogste maand van het onderscheiden droogteklassejaar maatgevend gesteld.

VI.4 — De meerjarig gemiddeld per groeiseizoen op te pompen hoeveelheid water.

Bovengenoemde elementen zijn o.a. van belang om de waterbehoefte per groeiseizoen en in de piekperiode te kennen, voor de dimensionering van de nodige werken en voor de kosten/batenberekeningen.

VI.5 De verdeling van de meerjarig gemiddeld per groeiseizoen op te pompen hoeveelheden over de verschillende belangengroepen is niet voor alle plannen gelijk. Aan dit aspekt is aandacht besteed.

VII. Nodige werken ter realisering van de watervoorziening

Voor alle plannen is nagegaan welke aanpassingen van de bestaande werken en welke nieuwe werken nodig zijn om de aanvullende watervoorziening te kunnen realiseren.

VII.2 Ten aanzien van het primaire aanvoersysteem is daarbij het uitgangspunt geweest dat het aanwezige kanalenstelsel zoveel mogelijk zal worden benut en wel zonder verruiming van de dwarsprofielen. De vraag, die beantwoord diende te worden, was 'welke gemaalkapaciteit moet worden geïnstalleerd bij welke sluizen?'. Daarvoor was het nodig de maatgevende aanvoerkapaciteit per kanaalpand en de gewenste stroomrichting te bepalen. Wat de stroomrichting betreft zijn voor de 12

plannen 3 alternatieven onderzocht met resp. als uitgangspunten:
a. maximaal gebruik van de huidige gemaalkapaciteit
b. minimaal aantal gemalen
c. minimaal energieverbruik.
De 36 varianten, die zo ontstaan, zijn getoetst aan 2 selektiekriteria te weten:
— technische uitvoerbaarheid
— minimum kosten.
Het resultaat van deze toetsing is dat 9 plannen overblijven, waarvan de a-alternatieven het aantrekkelijkst zijn. Dit betekent dat zoveel mogelijk gebruik moet worden gemaakt van de bestaande gemalen, en dat een eventuele extra kapaciteit moet worden ondergebracht in nieuwe gemalen.
Voor de 9 overblijvende plannen zijn de verdere berekeningen uitgevoerd.

XIII.2 Men kan zich afvragen of een aanvoersysteem met behulp van buisleidingen niet voordeliger is en ook in andere opzichten de voorkeur verdient. Een berekening, uitgevoerd voor het trajekt Rogatsluis — Noordscheschut, heeft uitgewezen dat een dergelijk alternatief uit kostenoogpunt onaantrekkelijk is.

VII.3 De nodige werken aan het sekundaire en het tertiaire systeem zijn meer globaal benaderd. Om het rekenwerk te beperken zijn binnen de provincie 3 representatief te achten voorbeeldgebieden doorgerekend. De uitkomsten daarvan zijn gebruikt voor de gehele provincie.

VIII. Kosten van aanvullende watervoorziening

VIII.2 Met behulp van de inmiddels verzamelde en berekende gegevens zijn voor elk van de 9 overgebleven plannen de kosten berekend.
Eerst zijn de investeringskosten van het primaire systeem, van het sekundaire systeem en van het tertiaire systeem, elk afzonderlijk berekend. Zoals reeds vermeld zijn de berekeningen voor de beide laatstgenoemde systemen gebaseerd op globale gegevens.

VIII.3 Vervolgens zijn de jaarlijkse kosten berekend. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de vaste en de variabele kosten. Zij zijn berekend voor het primaire systeem afzonderlijk en voor het sekundaire en het tertiaire systeem tezamen.

VIII.4 Tenslotte zijn de belangrijkste kostengegevens, zowel die van de investeringen als die van de jaarlijkse kosten, samengevat.

IX. Baten in de landbouw

IX.2.1. Op basis van het werk, dat door verschillende onderzoekers is verricht, zijn — rekening houdende met het huidige produktieniveau — voor een aantal gewassen de bruto meeropbrengsten berekend, die per ha en per jaar worden verkregen bij toediening van één mm resp. één m^3 aanvullend water. Onder de bruto meeropbrengsten worden verstaan de hoeveelheden oogstbaar en bruikbaar produkt, uitgedrukt in kilogrammen, en de geldswaarde daarvan. Vervolgens is daaruit voor de akkerbouw, rekening houdende met één gemiddeld bouwplan voor geheel Drenthe, de gemiddelde meeropbrengst berekend op ƒ 15,— per mm per ha per jaar. Voor de weidebouw is dit ƒ 10,— per mm per ha per jaar.

IX.2.2 Om tot de berekening van het meerjarig gemiddelde van de totale geldelijke meeropbrengst te komen zijn daarna de meerjarig gemiddelde hoeveelheden aanvullend water berekend per plan, per hydrologische bodemgroep en per type grondgebruik. Daarbij is tevens onderscheid gemaakt naar de wijze van toediening, infiltratie of beregening.

IX.2.3 Met behulp van de aldus verkregen gegevens zijn per plan de totale meerjarig gemiddelde meeropbrengsten bepaald, zowel voor akkerbouw als voor weidebouw en in totaal.

IX.2.4 Aan de mogelijke foutenbronnen en hun invloed op de berekeningen is een beschouwing gewijd.

IX.3 Intern op de landbouwbedrijven gaat de aanvullende watervoorziening gepaard met extra kosten, de meerkosten. Daarbij zijn onderscheiden de beregeningskosten en de overige meerkosten.

IX.3.1 De beregeningskosten zijn opgebouwd uit de jaarlijkse lasten, verband houdende met de investeringen, de onderhoudskosten en de energiekosten. Deze zijn berekend voor een doorsnee landbouwbedrijf. Per bedrijf kunnen de kosten uiteraard sterk variëren.

IX.3.2 De overige meerkosten bestaan in hoofdzaak uit extra bemestings-, oogst-, transport-, verwerkings- en bewaringskosten.

IX.3.3 Het overgrote deel van de meerkosten blijkt te bestaan uit de beregeningskosten.

IX.4 De netto meeropbrengsten in de landbouw blijken, behalve voor het min-10 plan, voor alle plannen negatief uit te vallen. Dit betekent dat, terwijl voor de aanvoer van water naar de kavels van de individuële landbouwbedrijven nog geen kosten zijn opgevoerd, de gemiddelde bedrijfsuitkomsten al negatief uitvallen. De oorzaak daarvan ligt voornamelijk bij de hoge beregeningskosten. Deze kosten worden grotendeels veroorzaakt door de vaste kosten, voortvloeiende uit de investeringen in de installaties. Vooral op gronden, waar het gemiddelde jaarlijkse watertekort gering is, resulteert dit in hoge kosten per m^3 beregeningswater. Dit geldt met name voor de van nature vochthoudende gronden en voor de gronden, die ten dele door infiltratie van water kunnen worden voorzien.

X. De omvang van de beregening en de invloed daarvan

Het zojuist vermelde maakt het gewenst een nader onderzoek in te stellen naar de invloed van de mate, waarin beregening wordt toegepast.

X.2.1 Eerst is nagegaan op welke gronden, bij welk grondgebruik en bij welke aanvoerkapaciteit beregening rendabel is. Onder rendabele beregening wordt daarbij verstaan de beregening, waarbij de meeropbrengsten de meerkosten overtreffen. Voor alle plannen is aangegeven bij welke bodemvoorraad de grens ligt. Het blijkt dat beregening slechts rendabel is op de hoge gronden in de '76 plannen en in de -10 plannen. In de plannen met een lagere aanvoerkapaciteit wordt te weinig water aangevoerd voor een rendabele beregening.

X.2.2 Van de oppervlakten, waarvoor in de 12 plannen beregening rendabel wordt geacht, is een overzicht opgesteld.
Vervolgens is nagegaan hoe groot de behoefte is aan aanvullend water in de verschillende plannen indien de beregening wordt beperkt tot de gronden waarop zij rendabel wordt geacht. Deze invloed blijkt aanmerkelijk te zijn.

X.2.3 Evenzo is nagegaan wat de invloed van genoemde beperking is op de in de gemalen te installeren kapaciteit. Ook deze blijkt in verschillende plannen aanmerkelijk te zijn.

X.2.4 Beperking van de toepassing van de beregening heeft uiteraard ook invloed op het totaal van de netto meeropbrengsten. Deze blijken aanmerkelijk te stijgen.

X.2.5 Ten behoeve van de verdere berekeningen zijn de invloeden, die beperking van de beregening heeft op de gemiddelde jaarlijkse hoeveelheden aanvullend water, op de gezamenlijke kapaciteit van de gemalen en op de jaarlijkse netto meeropbrengsten, grafisch uitgezet en verklaard.

X.3 Om nu de aldus verkregen resultaten inzake de invloed van de omvang van de beregening te plaatsen in het kader van deze studie is het nodig inzicht te hebben in de huidige situatie en in de toekomstige ontwikkeling van de toepassing van beregening.

X.3.2 Het huidige (1980) gebruik van beregeningsinstallaties is aan de hand van enquêtecijfers geschat op 5 á 10% van de totale oppervlakte die de landbouw in Drenthe beslaat.

X.3.3 Het toekomstige (1990) gebruik is geschat op 20 á 30% van het landbouwareaal.

X.4 Met behulp van de verzamelde gegevens is nu voor alle plannen nagegaan wat de invloed is van de beperking van de toepassing van beregening tot de beide zojuist genoemde percentages.

X.4.1 tabel 80 Zo is eerst opnieuw berekend welke hoeveelheden oppervlaktewater meerjarig gemiddeld moeten worden aangevoerd en welke de benodigde pompkapaciteit is.

X.4.2 tabel 81 Vervolgens zijn de jaarlijkse baten in de landbouw opnieuw berekend. Zij blijken aanmerkelijk gunstiger uit te vallen dan bij volledige toepassing van beregening.

X.4.3 tabel 84 tabel 85 Ook zijn voor de wateraanvoer opnieuw de jaarlijkse kosten berekend. Deze zijn onderscheiden in die van het primaire systeem afzonderlijk en die van het sekundaire systeem en het tertiaire systeem tezamen.

XI. Evaluatie

XI.1 Bij het vaststellen van een beleid ten aanzien van de watervoorziening zien de daarvoor verantwoordelijke instanties (rijk, provincie, waterschappen) zich gesteld voor de volgende vragen:

1. Moet er met behulp van gemalen water naar Drenthe worden aangevoerd? en zo ja,
2. Op welke wijze en met welke kapaciteit?

Voor de beantwoording van de eerste vraag is een absoluut waardeoordeel omtrent de watervoorzieningsplannen nodig. Dit betekent dat de netto baten van de watervoorzieningsplannen moeten worden vergeleken met de netto baten welke

zijn te behalen wanneer met aanwending van dezelfde offers andere doeleinden worden gerealiseerd.

XI.2 Voor de beantwoording van de tweede vraag is een relatief waardeoordeel voldoende. Dit betekent dat de aantrekkelijkheid van de plannen ten opzichte van elkaar moet worden vergeleken.

Voor beide vragen is het nodig dat de effekten van de watervoorziening worden gemeten, gewaardeerd en gewogen. De termen, meten, waarderen en wegen zijn in deze paragraaf nader omschreven.

Voor enkele faktoren zijn de effekten uit te drukken in geld. Zo zijn de jaarlijkse kosten uitgedrukt in geld en zijn ook de jaarlijkse baten in de landbouw uitgedrukt in geld. De effekten ten aanzien van de andere belangengroepen zijn echter moeilijk in geldswaarden uit te drukken. Voor sommige belangengroepen is het effekt van de watervoorziening moeilijk te voorspellen. Voor andere belangengroepen is het effekt niet in geld uitdrukbaar.

Om toch de beleidsinstanties een instrument in handen te geven, met behulp waarvan beslissingen kunnen worden genomen, is in het evaluatiehoofdstuk geprobeerd de kosten en baten zodanig op te stellen dat, na het toekennen van gewichten aan de verschillende posten, een beeld wordt verkregen van de absolute en van de relatieve waarden van de plannen. Hiertoe is in eerste instantie een

tabel 88 scoretabel opgesteld.

Ten behoeve van de opbouw van deze tabel is als volgt gehandeld:

— Per belangengroep is aangegeven hoeveel m^3 water jaarlijks, meerjarig gemiddeld, zal worden verstrekt in de verschillende plannen. Deze hoeveelheid is vervolgens uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid welke nodig is voor de watervoorziening van de groep in het max '76 plan, dat bij benadering overeenkomt met de optimale aanvullende watervoorziening.
— De waarde van het effekt bij optimale watervoorziening is aangegeven met een letterscore, de beginletter van de belangengroep.
— Voor de waardering van de effekten tussen de grenzen nul en optimaal is een lineair verband verondersteld tussen waardering en aanvullende watervoorziening.

De basis voor de waarderingsmethode wordt dus gevormd door de meerjarig

tabel 86 gemiddelde aanvullende watervoorziening.

Bij de belangengroepen zijn voor wat betreft de in de verschillende plannen toe te voeren hoeveelheden 4 typen onderscheiden:

a. belangengroepen welke in alle plannen in verschillende mate van water worden voorzien,
b. belangengroepen welke in verschillende mate van water worden voorzien afhankelijk van de droogteklasse waarop het plan is afgestemd,
c. belangengroepen welke in verschillende mate van water worden voorzien afhankelijk van de grootte van het plangebied,
d. belangengroepen welke in alle plannen in dezelfde, en wel voldoende, mate van water worden voorzien.

tabel 87 De verdeling van de aanvullende watervoorziening over deze 4 typen van groepen is in tabelvorm weergegeven.

tabel 88 In de scoretabel zijn zowel bij de kosten als bij de baten de berekende cijfers bij toepassing van verschillende mate van beregening (optimaal, 20 — 30%, 5 — 10%) verwerkt.

Aan de scores van de afzonderlijke belangengroepen en aan de kosten zijn korte beschouwingen gewijd.

XI.3 Op basis van de scoretabel zijn nu de plannen vergeleken. Daarvoor is ingevoerd het begrip planeffekt, de gesommeerde baten minus de gesommeerde kosten. Om deze te kunnen bepalen moeten de waarden van de scoretabel worden aangepast:

— alle kosten en alle baten moeten in dezelfde eenheden worden uitgedrukt, hetzij in geld hetzij in een puntensysteen,
— aan alle aldus verkregen waarderingen moet een gewicht worden toegekend.

Aangezien het toekennen van gewichten een beleidszaak is, betekent dit dat het voor de technische werkgroep niet mogelijk is een definitieve uitspraak te doen over de aantrekkelijkheid van de plannen. Om toch enig inzicht te verschaffen zijn enkele schattingen gedaan omtrent de waarden en gewichten en is daarmede een

tabel 91 proefberekening uitgevoerd. De door middel van deze berekening gevonden rangvolgorde van de plannen kan dienen als basis voor het te voeren beleid.

De uitgevoerde bewerkingen leiden tot de volgende konklusies:

— Het netto planeffekt valt slechts gunstig uit bij de keuze van een laag beregeningspercentage.
— In dat geval ontstaat een rangvolgorde, die als volgt kan worden samengevat:
  veelbelovende plannen — tus-10 plan, min-10 plan en min'76 plan
  matige plannen — min-20 plan en tus-20 plan

slechte plannen — min-50 plan, tus-50 plan, max-20 plan en max-50 plan.

- De waardering en de gewichtskeuze van de meeste belangengroepen heeft geen of weinig invloed op de rangvolgorde van de plannen.
- De keuze tussen de 3 veelbelovende plannen hangt voornamelijk af van de waarde en de gewichten, toegekend aan de netto landbouwbaten, de aanvulling van de grondwatervoorraad en de wateraanvoerkosten.
- Ook de extra produktiekosten, indien daaraan een afwijkend gewicht wordt toegekend, kunnen van invloed zijn op de beoordeling van de plannen.

XI.4 Het evaluatiehoofdstuk geeft vervolgens een overzicht van de overige faktoren, die bij de beoordeling van de plannen mede een rol kunnen spelen. Er zijn immers andere doelstellingen in de maatschappij, die door de plannen worden beïnvloed. Voor een juiste beoordeling van de plannen moeten ook de effekten ten aanzien van deze sekundaire doeleinden worden gemeten, gewaardeerd en gewogen.
In dit kader wordt o.a. gedacht aan de volgende beleidsonderdelen:

- sociaal beleid
- milieubeleid
- landbouwbeleid
- ruimtelijke ordeningsbeleid
- waterhuishoudkundig beleid.

Ter afsluiting zijn nog enkele algemene opmerkingen gemaakt met betrekking tot de evaluatie van de plannen.
De beoordeling op basis van het planeffekt geeft inzicht in de aantrekkelijkheid van de plannen in hun geheel. Wat de rentabiliteit is van de watervoorziening van de afzonderlijke gebieden en van de afzonderlijke belangengroepen valt niet af te lezen.
Voor een juiste beoordeling van een watervoorzieningsplan moet men het opsplitsen in de kleinst logische eenheden van watervoorziening. Deze moeten dan afzonderlijk worden bekeken.
Als basis voor een primaire beslissing omtrent de te installeren pompkapaciteit worden de resultaten van deze studie in eerste instantie voldoende geacht. Het feit dat de installatie van de pompkapaciteit gefaseerd kan worden uitgevoerd is in dit kader een gunstige bijkomstigheid, die een flexibele aanpassing mogelijk maakt.

XII. Slotbeschouwing

XII.1 Hierbij is eerst ingegaan op enkele aspekten van de watervoorziening uit het oppervlaktewater en uit het grondwater. Ten aanzien van de pompkapaciteit bij

XII.2 aanvoer van oppervlaktewater wordt het volgende opgemerkt:

- De gewenste pompkapaciteit is in de plannen afgestemd op een beregeningspercentage van 5 à 10, dat naar verwachting zal oplopen tot 20 á 30. Het verdient aanbeveling bij de keuze van de pompkapaciteit met deze tendens rekening te houden.
- De gewenste pompkapaciteiten zijn berekend op basis van de behoefte in de droogste maand van het maatgevende droogteklassejaar. Daarbij is er van uit gegaan dat in de droge maanden de gemalen kontinu zullen draaien. Of dit uitgangspunt haalbaar is zal bij de nadere uitwerking van de plannen moeten worden onderzocht.
- De kosten/baten analyse wijst uit dat het geen rendabele zaak is een zodanige aanvoerkapaciteit te installeren dat de gehele provincie bij elke mate van droogte van water kan worden voorzien. Er zullen dus altijd gebieden en perioden zijn, waarin tekorten zullen optreden.

XII.1.2 Ten aanzien van het gebruik van het grondwater wordt er op gewezen dat in principe het grondwater als buffer kan worden beschouwd, van waaruit tekorten kunnen worden aangevuld. Dit gaat echter gepaard met meer of minder grote grondwaterstandsdalingen, die niet overal aanvaardbaar zijn, met name niet bij de lage en een deel van de middelhoge gronden, omdat daardoor andere belangen geschaad kunnen worden.

XII.1.3 Beleidsuitspraken en doelstellingen met betrekking tot het grondwaterbeheer leiden dan ook tot de volgende uitgangspunten:

- Het te winnen water wordt in eerste instantie gereserveerd voor die doeleinden waarvoor water met een goede kwaliteit nodig is. Het betreft drinkwater- en een deel van de industriewatervoorziening.
- De watervoorziening voor de overige doeleinden dient zoveel mogelijk gerealiseerd te worden vanuit het oppervlaktewater.

Aanbevolen wordt om, indien beregening uit grondwater wordt toegelaten, daarbij voorrang te verlenen aan beregening op de hoge gronden en op de middelhoge

gronden, waar de aanvoer van oppervlaktewater duur en dus moeilijk realiseerbaar is.
Gewezen wordt op het voordeel van de tussenplannen ten opzichten van de minimumplannen omdat dan een groter deel van de middelhoge gronden van oppervlaktewater wordt voorzien waardoor een extra hoeveelheid grondwater beschikbaar komt voor die gebieden, welke niet van oppervlaktewater worden voorzien.

XII.2 Tenslotte zijn enkele opmerkingen gemaakt ten aanzien van de realisering en de funktionering van de voorgestelde watervoorzieningswerken. Aanbevolen wordt de installatie van de pompkapaciteit in de geprojekteerde gemalen in fasen uit te voeren, waardoor een betere afstemming van de aanvoerkapaciteit op de afnamekapaciteit van de verbruikers kan plaatshebben.
De kosten van de verbetering van de watervoorziening zullen enerzijds moeten worden opgebracht door de profiterende belangengroepen en anderzijds door subsidiërende instanties, die de indirekte belanghebbenden, het algemeen belang, vertegenwoordigen.
Door samenspel en onderlinge afstemming van de infrastrukturele werken en van de bestuurlijke en beheersmaatregelen moet het effekt van de watervoorziening worden geoptimaliseerd.
Ten behoeve van een juiste verdeling van het water en van de kostenomslag zullen in het primaire, het sekundaire en het tertiaire systeem diverse meetopstellingen moeten worden ingericht, die ook dienstbaar kunnen zijn aan het nog te verrichten onderzoek.

III. Inventarisatie van de basisgegevens

III.1. Algemeen

Voor een studie omtrent verbetering van de watervoorziening is het van belang te weten hoe het huidige wateraanvoersysteem en dan met name het huidige stelsel van hoofdaanvoerwegen funktioneert. In par. III.2. wordt dit stelsel, dat in opzet eigenlijk voor andere doeleinden is aangelegd, beschreven.
Om een inzicht te verwerven in de hoeveelheden water, die de verschillende vormen van grondgebruik vragen, is het nodig ook de oppervlakten die zij beslaan te kennen. Voor de kultuurgewassen is het daarbij niet voldoende hun gezamenlijk areaal te weten, maar ook dat van de afzonderlijke groepen, omdat zij niet in gelijke mate water aan de bodem onttrekken of kunnen onttrekken. Aan deze gegevens wordt in par. III.3. aandacht besteed.
Verder is het duidelijk dat kennis van neerslag en verdamping onmisbaar is om de behoefte aan aanvullend water te kunnen berekenen. Deze meteorologische gegevens worden besproken in par. III.4.
Tenslotte is het ook nodig inzicht te hebben in de wijze waarop water in de grond aanwezig is en in welke mate en onder welke voorwaarden het voor de plant beschikbaar kan komen. Gezien de grote variatie in bodemvormen is een indeling in onderscheidene hydrologische bodemgroepen van belang. Hieromtrent verschaft par. III.5. de nodige inlichtingen.

III.2. Huidige toestand van de waterhuishoudkundige infrastruktuur

De voornaamste elementen van de huidige waterhuishoudkundige infrastruktuur zijn weergegeven op kaart no. 1. Het ontstaan en het funktioneren ervan kunnen als volgt worden beschreven.

III.2.1. De waterafvoer

Het centrale deel van Drenthe wordt ingenomen door het Drents plateau, met een hoogte van 15 - 25 m + N.A.P., dat naar de randen van de provincie afhelt naar hoogten van 0 - 5 m + N.A.P.
Deze geografische opbouw heeft tot gevolg dat de afwatering plaats heeft in zes richtingen en dat het territoir van de provincie kan worden ingedeeld in zes gebieden elk behorende tot een interprovinciale afwateringseenheid. In het navolgende worden deze eenheden en de daartoe behorende Drentse waterschappen of delen daarvan opgesomd:

1. Meppelerdiep	
— de Wold Aa	16.320 ha
— de Oude Vaart	25.840 ha
— Hesselte	2.380 ha
— Smilde	7.011 ha
— Riegmeer	13.910 ha
— Middenveld	16.085 ha
— Loo- en Drostendiep	+ 5.142 ha
totaal	86.688 ha
2. IJsselmeer (via Vollenhove)	
— Nijeveen-Kolderveen	2.750 ha
— de Vledder- en Wapserveense Aa	+ 15.350 ha
totaal	18.100 ha
3. Vecht	
— Bargerbeek	18.300 ha
— Loo- en Drostendiep	25.208 ha
— Riegmeer	+ 6.414 ha
totaal	49.922 ha
4. Lauwersmeer (via Groningen)	
— Noordenveld	27.150 ha
— Smilde	+ 1.100 ha
totaal	28.250 ha
5. Eems-Dollard (via Groningen)	
— Drentse Aa	29.465 ha
— de Oostermoerse Vaart	25.400 ha
— de Veenmarken	+ 27.475 ha
totaal	82.340 ha
6. Friesland	
— Smilde en Noordenveld	600 ha
totaal	265.900 ha

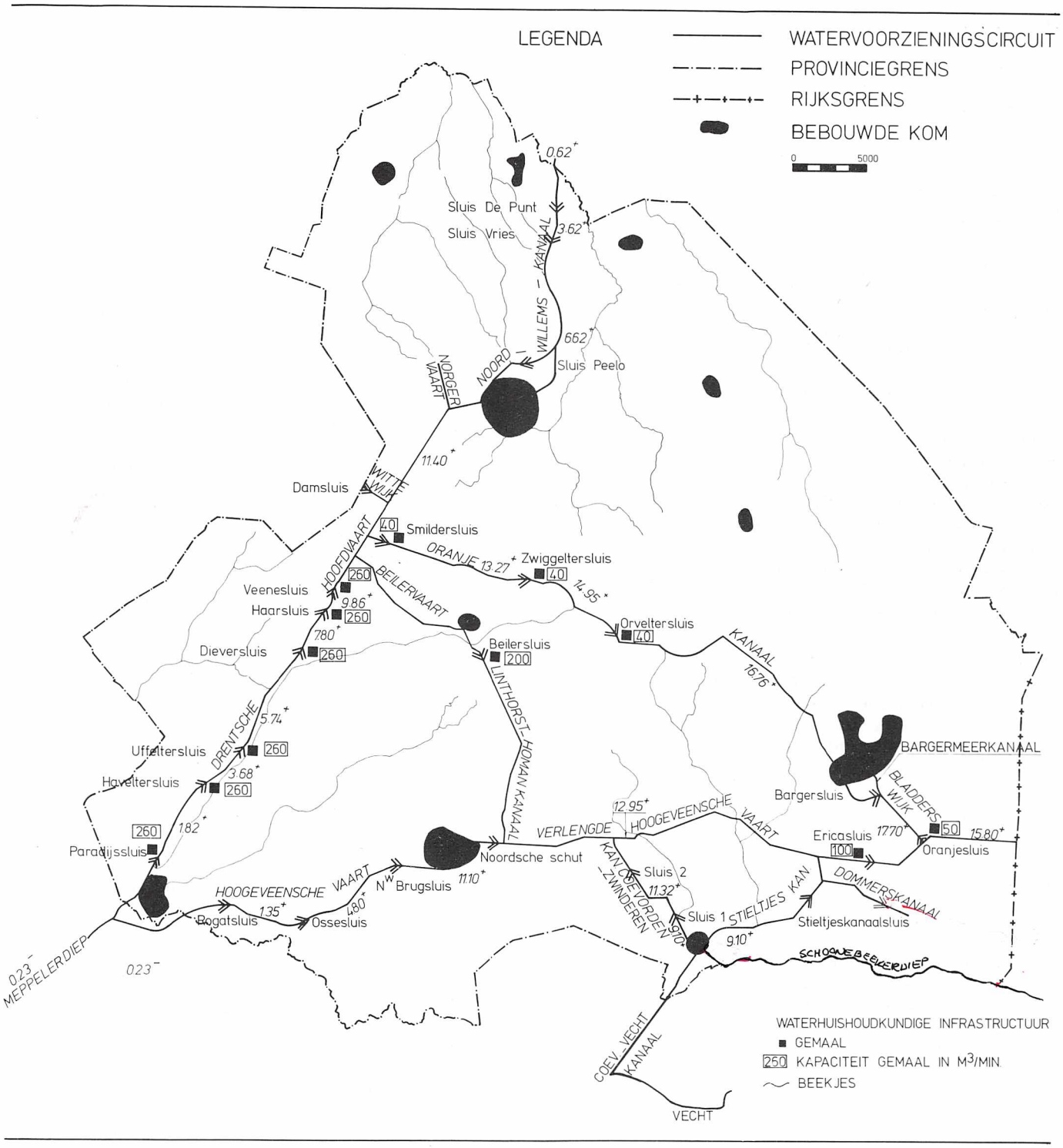
In dit overzicht zijn niet meegerekend enkele kleine komplexen, die op Friesland afwateren, alsmede sommige kanalen, die niet in waterschapsverband zijn opgenomen.
Aangezien geen water van buiten de provincie wordt aangevoerd door rivieren en tevens de ondergrondse toestroming zeer gering is, is nagenoeg al het water dat tot afstroming komt afkomstig van neerslag welke binnen de provincie valt.
Bij de afwatering, welke van oudsher door de beken

plaatsvindt, speelt ook het kanalenstelsel een belangrijke rol. De kanalen zijn eertijds gegraven ten dienste van de vervening voor de afvoer van turf en water. Deze verveningen, de ontginningen en de na-oorlogse waterbeheersingswerken binnen de waterschappen hebben een verandering van het waterafvoerpatroon tot gevolg gehad. Hierdoor werd ook het belang van het kanalenstelsel voor de waterafvoer groter. In het zuiden van de provincie zijn met name in het belang van de afvoer enkele kanalen verruimd, bij Coevorden het Stieltjeskanaal en het Afwateringskanaal naar de Vecht. Voorts werd de Hoogeveensche Vaart verruimd en omgelegd om Hoogeveen en Meppel.

III.2.2. De watervoorziening

Als in de provincie watertekort optreedt kan aanvulling plaatsvinden door oppompen van water uit het IJsselmeer. De eerste gemalen voor de watervoorziening in de provincie werden gebouwd ten behoeve van de scheepvaart. Toen met name in de twintiger jaren het vervoer per schip op de kanalen sterk toenam, ontstond door het vele schutten zoveel waterverlies dat de natuurlijke voeding onvoldoende werd. Hiernaast werd deze voeding beperkt doordat als gevolg van de ontginning van de venen en de uitvoering van waterbeheersingswerken de drainage-afvoer in de zomer afnam. Om het water in de kanalen op peil te houden werden in 1923 op de zes sluizen in de

Kaart 1.



Drentsche Hoofdvaart gemalen gebouwd met een kapaciteit van ± 60 m³/min. Daarmede konden de Drentsche Hoofdvaart alsmede de aansluitende panden van het Oranjekanaal en de Beilervaart op peil worden gehouden. Ook was watertoevoer mogelijk naar het Noord-Willemskanaal en de Kolonievaart.
In de na-oorlogse jaren bleek ook op de in het oostelijk en zuidelijk deel van de provincie gelegen kanalen watergebrek op te treden. Om in die tekorten te voorzien werd in 1953 een tweede gemalenketen gebouwd. Op de zes sluizen in de Drentsche Hoofdvaart en op de Beilersluis in het Linthorst-Homankanaal werden gemalen geplaatst met een kapaciteit van 200 m³/min. Op de Ericasluis werd een gemaal gebouwd dat 100 m³/min kan oppompen en op de Oranjesluis een gemaal van 50 m³/min. Daarmee kon ook het Oranjekanaal worden gevoed. In 1970 werd op de sluizen van het Oranjekanaal nog een voedingssysteem geplaatst met een kapaciteit van 40 m³/min.
De totale opmaalkapaciteit van water vanuit het IJsselmeer naar de provincie is momenteel dus ± 260 m³/min.
Naast het hoofdaanvoercircuit van kanalen en gemalen, het primaire aanvoersysteem, zijn voor de watervoorziening de inlaatwerken en de aanvoerleidingen binnen de waterschappen van belang. Hierbij wordt in deze studie onderscheid gemaakt tussen:
- het sekundaire aanvoersysteem: de inlaatwerken met de hoofdaanvoerleidingen en
- het tertiaire aanvoersysteem: de fijnste vertakkingen van het wateraanvoernet, welke de verbinding vormen tussen de sekundaire leidingen en de "boerderij".

Het waterschapswezen in de provincie is in de vijftiger jaren drastisch gereorganiseerd. De waterschappen hebben daarop hun waterbeheersingssysteem gemoderniseerd. Daarbij is met name in de gebieden grenzende aan de kanalen, waaruit watervoorziening technisch mogelijk is, grote aandacht besteed aan de waterinlaatmogelijkheden. Momenteel staan voor de inlaat van water 89 inlaatwerken ter beschikking. De gronden die hiermede rechtstreeks vanuit de kanalen van water kunnen worden voorzien hebben een oppervlakte van ongeveer 90.000 ha.

Naast de watervoorziening door middel van oppompen en inlaten is aandacht besteed aan waterkonserveringsmogelijkheden. Met behulp van een groot aantal stuwen in beken en leidingen wordt het waterpeil in het voorjaar opgezet. In par. V.2. wordt op deze voorzieningen, welke voornamelijk tot doel hebben de onnodige afvoer van grondwater te beperken, nader ingegaan.

De betekenis van de beken met betrekking tot de watervoorziening is gering. In het algemeen kan worden gesteld dat de afvoer van de beken in droge zomers van weinig betekenis is. In een aantal verbeterde beken zijn stuwen aangebracht en zijn op beperkte schaal inlaatmogelijkheden aanwezig. Bij de beken met een landschappelijke en natuurwetenschappelijke waarde vormt de kwaliteit van het in te laten water vaak een bezwaar (zie ook par. IV.9.)

III.2.3. Transportkapaciteit van de kanalen, leidingen en kunstwerken m.b.t. de wateraanvoer

De watertransportkapaciteit van het primaire aanvoersysteem wordt bepaald door de afmetingen van het dwarsprofiel van de kanalen en door de maximaal voor de scheepvaart toelaatbare stroomsnelheid. Daarnaast speelt ook de lengte van een kanaalpand een belangrijke rol in verband met de verhanglijn. De "bottlenecks" in de kanalen, bij wateraanvoer vanuit het Meppelerdiep, worden gevormd door de navolgende panden:
- 7e pand van de Verlengde Hoogeveensche Vaart (Noordscheschut-Erica).
  De maximale aanvoerkapaciteit bij Noordscheschut is berekend op ± 1.100 m³/min waarbij de stroomsnelheid 0.45 m/s en het verval 0.4 m bedraagt.
- 4e pand van de Drentsche Hoofdvaart (Uffelte-Diever).
  De maximale aanvoerkapaciteit bij de Uffeltersluis is berekend op ± 700 m³/min, waarbij de stroomsnelheid 0.45 m/s en het verval 0.3 m bedraagt.

Met betrekking tot de kapaciteit van de inlaatwerken en de leidingen en kunstwerken binnen de waterschappen (het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem) kan worden opgemerkt dat plaatselijk nog ingrijpende aanpassingen nodig zijn om te komen tot een optimale watervoorziening. Vooral het tertiaire leidingennet is in dit opzicht nog verre van funktioneel.
Het spreekt voor zich dat de nodige aanpassingen in de lage gebieden, waar reeds een uitgebreid leidingensysteem aanwezig is, eenvoudiger zijn te realiseren dan in de hoger gelegen gebieden waar het leidingennet minder dicht is. Voor een nadere beschrijving wordt verwezen naar par. VIII.2., waarin aan de hand van enkele voorbeeldgebieden de gebreken van de huidige situatie en de verbeteringsmogelijkheden nader zijn uitgewerkt.

III.2.4. Beheer, onderhoud en bediening

Het beheer en onderhoud van de scheepvaartkanalen is in handen van het rijk en de provincie:

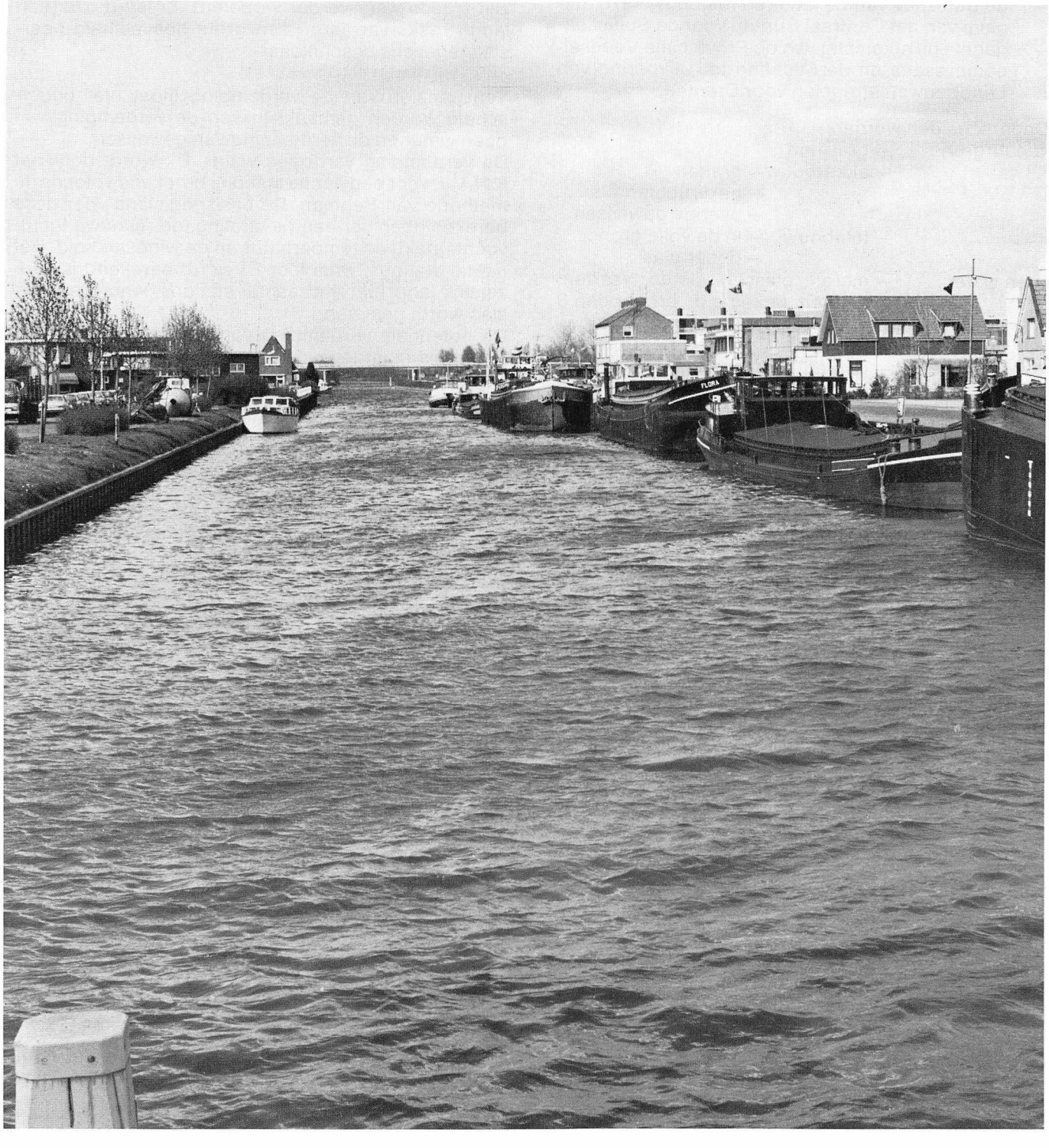
rijk	— Meppelerdiep, Drentsche Hoofdvaart, Noord-Willemskanaal
provincie	— Hoogeveensche Vaart, Verlengde Hoogeveensche Vaart, Stieltjeskanaal, Coevorden-Vechtkanaal, Bladderswijk, kanaal Coevorden-Zwinderen, Wittewijk.

In het kader van de watervoorziening vormen verder de Beilervaart, het Linthorst-Homankanaal en het Oranjekanaal een belangrijke schakel in het primaire aanvoercircuit. Deze kanalen zijn voor de scheepvaart gesloten.

Het pompbedrijf op de Drentsche Hoofdvaart wordt verzorgd door rijkswaterstaat, terwijl de provinciale waterstaat de andere bemalingsinstallaties beheert, een en ander in nauw overleg.

Het beheer en onderhoud van het sekundaire en van

Drentsche Hoofdvaart bij Meppel



het tertiaire aanvoersysteem is hoofdzakelijk in handen van de waterschappen. Het gebruik van de inlaatwerken waarmee water kan worden onttrokken aan het primaire systeem valt echter onder supervisie van de betreffende kanaalbeheerder (rijk of provincie). De inlaatwerken, welke eigendom zijn van de waterschappen, worden in principe door deze waterschappen bediend.
De verdeling van het water in droge tijden geschiedt in nauw overleg tussen rijk, provincie en waterschappen.

III.3. Grondgebruik

Om inzicht te verkrijgen in het gebruik van de bodem, voorzover dat van belang is voor deze studie, zijn geraadpleegd:
- de Statistiek van de land- en tuinbouw 1975, uitgave van het Centraal Bureau voor de Statistiek
- gegevens afkomstig van de Provinciale Voedselcommissaris en de Stichting tot Uitvoering van Landbouwmaatregelen voor Drenthe.

Onderscheiden worden:

kultuurgrond	— grasland
	— akkerbouw — granen
	— hakvruchten
	— overige gewassen
	— tuinbouw — in de volle grond
	— onder glas
open water	— meren, plassen, sloten, vaarten, rivieren, beken e.d., breder dan 6 m en gelegen buiten de bebouwde kom
rekreatieterrein	— parken, plantsoenen, sportterreinen, overige rekreatieterreinen
natuurterrein	— bos, heide, veen, dras land, riet en biezen, zandverstuivingen
overige	— industrieterrein, bouwterrein, begraafplaatsen, verharde wegen, spoor- en tramwegen, woongebieden, vliegvelden, opslagplaatsen e.d.

Deze gegevens zijn beschikbaar per gemeente. Bij gemeenten, die ten dele in het veenkoloniale gebied en ten dele in het zandgebied zijn gelegen, is ten aanzien van de kultuurgrond nog weer een scheiding aangebracht in genoemde zin.
De oppervlakten zijn vermeld in kadastrale maat.

De aldus verkregen gegevens worden hier voor de provincie Drenthe in zijn geheel vermeld:

kultuurgrond			ha
grasland			112.267
akkerbouw -	granen	25.797	
	hakvruchten	61.465	
	overige	+ 3.039	
			90.301
tuinbouw -	volle grond	681	
	onder glas	+ 88	
		+	769
totaal			203.337
open water			3.664
rekreatieterrein			967
natuurterrein			43.468
overige		+	17.016
totaal			268.452

III.4. Neerslag en verdamping

III.4.1. Algemeen

Zoals in het begin van hoofdstuk II is uiteengezet zijn neerslag en verdamping belangrijke elementen in deze studie. De hoeveelheid water die per tijdseenheid (etmaal, dekade, maand) verdampt, wordt — zij het in het zomerseizoen niet volledig — aangevuld door de neerslag.

Door het K.N.M.I. wordt de neerslag, N, dagelijks gemeten. Reeds in de vorige eeuw is hiermede een begin gemaakt op enkele waarnemingsstations. In de loop der jaren, ook nog recentelijk, is het aantal uitgegroeid tot meer dan 300, verspreid over het gehele land, waarvan 15 in Drenthe. Ook de meetmethoden zijn steeds weer verder verbeterd. Er is nu over een lange reeks van jaren een grote hoeveelheid neerslaggegevens beschikbaar.

Ten aanzien van de verdamping moet hier onderscheid worden gemaakt tussen de verdamping van open water en de verdamping van gewassen.
De verdamping van open water, E_o, wordt door het K.N.M.I. voor een aantal stations berekend volgens de methode van Penman. De basisgegevens voor deze berekeningen vormen de straling, de relatieve luchtvochtigheid, de temperatuur en de windsnelheid. Het aantal stations, waarvoor E_o wordt berekend is aanzienlijk lager dan het aantal stations, waar de neerslag wordt gemeten.
De potentiële verdamping van het gewas wordt gebruikt als maatgevende faktor bij de vochtbehoefteberekeningen. Dit is namelijk de verdamping, die plaats vindt wanneer het gewas optimaal van water wordt voorzien. De potentiële verdamping van het gewas wordt veelal bepaald met de formule

$$E_{pot} = f.E_o.$$

Hierin is
- E_{pot}: de potentiële verdamping van het gewas
- E_o: de verdamping van open water berekend met de formule van Penman
- f: de reduktie- of gewasfaktor.

De reduktiefaktor is een koëfficient die afhankelijk is van gewasfaktoren (ontwikkelingsstadium, lengte, bedekkingsgraad) en klimatologische eigenschappen. Ter bepaling van de juiste waarde van f voor verschillende gewassen gedurende verschillende jaargetijden is reeds vele jaren onderzoek verricht. Bij dit onderzoek is o.a. gebruik gemaakt van lysimeters en verdampingsbakken, terwijl verder op vele plaatsen waterbalansmetingen zijn uitgevoerd aan stroomgebieden en polders. Uit deze onderzoekingen is gebleken dat voor een kort, gesloten grasgewas, dat goed van water wordt voorzien, de reduktiefaktor gelijk is aan 0,8.
Voor een lang gewas kan de waarde oplopen tot 1,1 á 1,2. Vooral bij harde wind vindt men hoge waarden. Voor een gewas in een vroeg ontwikkelingsstadium gelden waarden van 0,5 à 0,6. Op advies van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (I.C.W.) is voor alle gewassen, als gemiddelde over het gehele groeiseizoen, een waarde van 0,8 aangehouden.
De verdamping in natuurgebieden (bos, heide, veen, etc.) en van rekreatieterreinen kan op dezelfde wijze worden benaderd als die van het gewas.

Meteoveld bij Noord-Sleen

III.4.2. Het verdampingsoverschot

Aangezien zowel de neerslag als de verdamping, zowel die van open water als die van het gewas, per tijdseenheid kunnen worden gemeten dan wel berekend is het mogelijk deze beide in één hanteerbaar begrip te kombineren namelijk het verdampingsoverschot, d.w.z. de verdamping minus de neerslag. Men spreekt ook wel van een neerslagtekort.
Voor open water is het verdampingsoverschot te stellen op E_o - N en voor het gewas op 0,8 E_o - N.
De lengte van de periode, waarin de aanvoer van aanvullend water van belang is, wordt bepaald door de duur van het groeiseizoen. Als aanvangsdatum van bedoelde periode wordt aangehouden 1 april omdat omstreeks die datum de verdamping de neerslag gaat overtreffen. Het groeiseizoen is niet voor alle gewassen even lang. Voor grassen en hakvruchten loopt het tot ongeveer 1 oktober, voor granen tot 1 augustus. In het laatste geval moet echter na 1 augustus weer rekening worden gehouden met verdamping door de kale grond. Deze laatste mag (lit. 4) worden gesteld op 0,3E_o. Uitgaande van een gemiddeld bouwplan in Drenthe van 30% granen en 70% hakvruchten kan het verdampingsoverschot van een akkerbouwgebied na 1 augustus worden gesteld op $7/10(0{,}8E_o - N) + 3/10(0{,}3E_o - N) = 0{,}65E_o - N$.
Voor de uit te voeren berekeningen is verder van belang de keuze van de lengte van de tijdvakken, waarin het groeiseizoen moet worden opgesplitst. Het gaat in deze studie bij de berekening van de behoefte aan aanvullend water namelijk om 2 aspekten en wel
- de totale behoefte per groeiseizoen;
- de maximaal per tijdvak nodige hoeveelheid ("piekbehoefte").

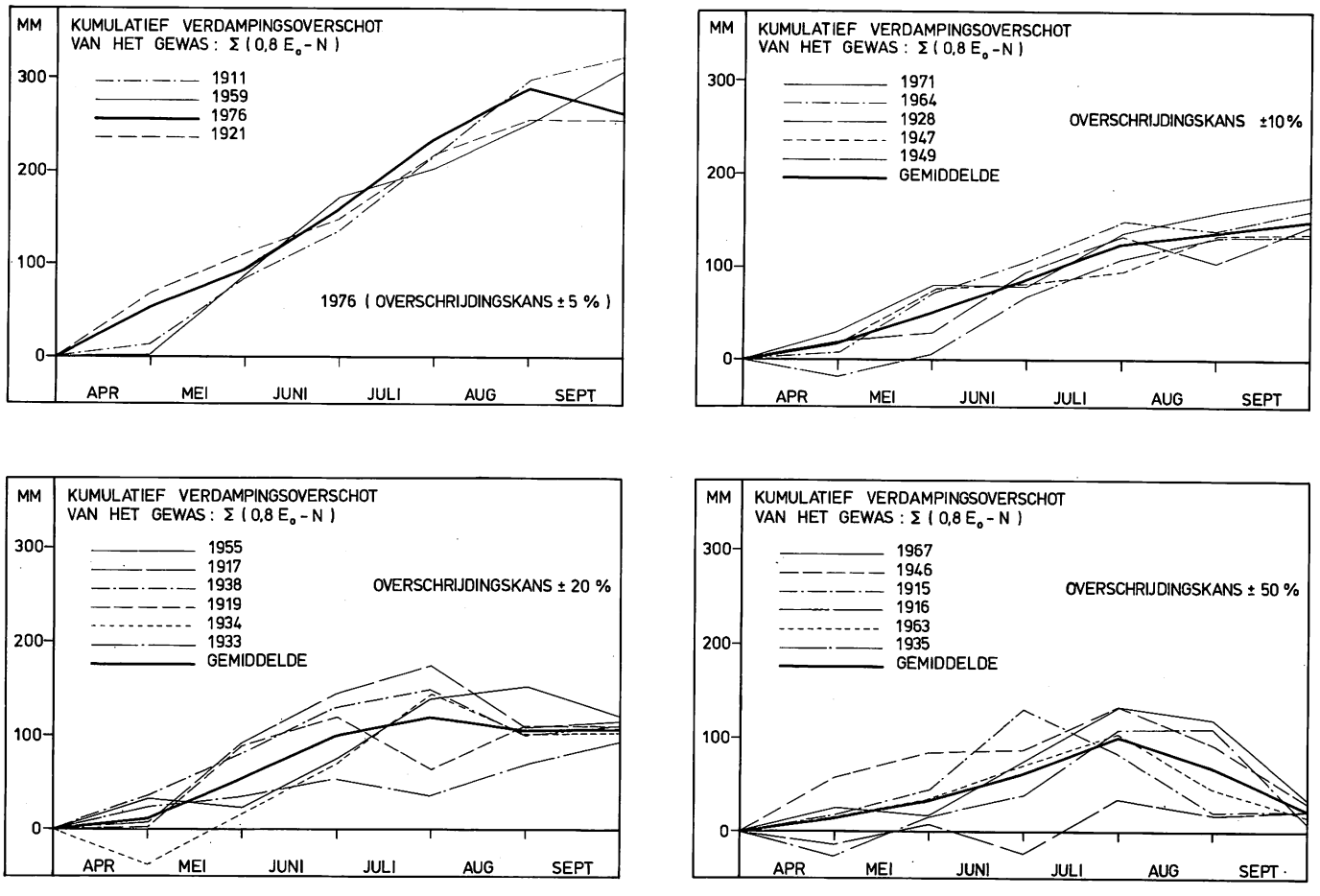
Voor het eerste aspekt is de lengte van het tijdvak van weinig belang. Voor het tweede aspekt is een tijdvaklengte van 1 dekade à 1 maand aan te bevelen; naarmate de buffervoorraad in de bodem groter is, is het geoorloofd de lengte van het tijdvak groter te kiezen. Als lengte van de tijdvakken is uiteindelijk een maand aangehouden, aangezien hiermede een goede aansluiting op de beschikbare K.N.M.I.-gegevens mogelijk werd. In het kader van deze studie is deze keuze verantwoord.
Door het K.N.M.I. wordt, zoals reeds is vermeld, op een aantal stations in Drenthe de neerslag gemeten. Voor geen van deze stations zijn echter verdampingscijfers over een lange reeks van jaren beschikbaar. Dit leidde tot de keuze van het waarnemingsstation Dedemsvaart, dat in 1960 in gebruik is genomen. Voor wat het neerslag-aspekt betreft is dit station gekombineerd met de oudere stations Avereest, Den Hulst, Witteveen en Wijster. In het navolgende wordt deze kombinatie aangeduid als het station Dedemsvaart c.a. Voor dit station heeft het K.N.M.I. de verdamping berekend. Met het aldus verkregen materiaal zijn de verdampingsoverschotten per maand berekend voor de periode 1911 t/m 1976, zowel voor open water als voor het gewas.

III.4.3. De droogteklassejaren

Het verdampingsoverschot varieert van jaar tot jaar, voornamelijk tengevolge van de sterke variatie in de neerslagcijfers. De verdamping blijkt in aanzienlijk mindere mate te variëren. Voor deze studie is het enerzijds van belang te weten hoe groot het watertekort is bij verschillende maten van droogte, terwijl men anderzijds moet weten hoeveel het jaarlijkse vochttekort gemiddeld over een lange reeks van jaren bedraagt. Om aan de bovengestelde eisen te kunnen voldoen zijn vier jaren gekozen, die ieder kenmerkend zijn voor een bepaalde frequentie van voorkomen in een lange reeks van jaren. Deze vier jaren worden droogteklassejaren genoemd. Het zijn:
- Het jaar 1976, zijnde een voorbeeld van een extreem droog jaar, dat bovendien nog recent is. Het komt voor Drenthe overeen met een 5%-droog jaar, d.w.z. een jaar met een verdampingsoverschot over het gehele groeiseizoen (1 april t/m 30 september) dat in 5 van de 100 jaar wordt bereikt of overschreden. Zou men als groeiseizoen hebben gekozen de periode 1 maart t/m 15 augustus, dan zou 1976 kunnen worden aangemerkt als een 2%-droog jaar.
- Een 10%-droog jaar, d.w.z. een jaar met een verdampingsoverschot over het gehele groeiseizoen, dat in 10 van de 100 jaar wordt bereikt of overschreden.
- Een 20%-droog jaar, d.w.z. een jaar met een verdampingsoverschot over het gehele groeiseizoen, dat in 20 van de 100 jaar wordt bereikt of overschreden.
- Een 50%-droog jaar, d.w.z. een jaar met een verdampingsoverschot over het gehele groeiseizoen, dat in 50 van de 100 jaar wordt bereikt of overschreden.

De keuze van de jaren wordt gebaseerd op de volgende overwegingen.
Naast een extreem droog jaar is het 10%-droog jaar gekozen omdat dit in het algemeen door de landinrichtingsdienst wordt gehanteerd als uitgangspunt bij de berekening van werken, waarvoor subsidie wordt verleend. Voorts ligt de keuze van een 50%-droog jaar als "gemiddeld" jaar voor de hand. Het werd verantwoord geacht tussen deze beide laatste jaren in het 20%-droog jaar te kiezen.
De bepaling van de als droogteklassejaren aan te merken jaren is als volgt tot stand gekomen. De jaren 1911 t/m 1976 zijn gerangschikt in volgorde van grootte van het verdampingsoverschot over de periode april t/m september. Vervolgens zijn met behulp van de methode van Gumbel (lit. 1) de jaren bepaald, die kunnen worden aangemerkt als resp. een 10%-, een 20%- en een 50%-droog jaar. In fig. 1 zijn de verdampingsoverschotten van deze jaren kumulatief uitgezet tegen de tijd. Omdat de lijnen, die zo ontstaan, ook wel duurlijnen genoemd, een onregelmatig beeld vertonen zijn behalve de op deze wijze bepaalde jaren enkele "aan weerszijden aangrenzende" jaren mede in de bepaling betrokken. Als gemiddelden van de aldus verkregen lijnen zijn de duurlijnen van resp. een 10%-, een 20%- en een 50%-droog jaar getrokken. Bij het jaar 1976 zijn ook enkele vergelijkbare jaren, 1911, 1921 en 1959 ingetekend.
Op dezelfde wijze als voor de gewassen is ook voor open water een serie duurlijnen gekonstrueerd.

De grafieken van fig. 1 hebben betrekking op stations nabij de zuidgrens van Drenthe. Gezien het feit dat zuid Drenthe qua klimaat "natter" is dan noord Drenthe is bij de nog volgende berekeningen een korrektiefaktor van 15 mm toegepast op de verdampingsoverschotten.
Deze korrektie is berekend aan de hand van gegevens van Ten Kate van het K.N.M.I. (lit. 11). De gekorrigeerde maximale verdampingsoverschotten zijn



Figuur 1.

voor een 50%-, een 20%- een 10%-droog jaar en voor 1976 bepaald op resp. 90, 135, 170 en 300 mm. Opvallend is dat voor 1976 het verdampingsoverschot aanzienlijk hoger ligt dan in een 10%-droog jaar.

Uit de gegevens van Ten Kate blijkt ook dat Drenthe ten opzichte van het Nederlandse gemiddelde een "natte" provincie is. De neerslag in het groeiseizoen is in Drenthe ± 25 mm meer dan het landelijk gemiddelde en de verdamping ($0,8E_o$) is ± 25 mm minder dan het landelijk gemiddelde in een normaal jaar. Dit betekent dat het Drentse verdampingsoverschot ± 50 mm lager is dan het Nederlandse gemiddelde. Ten opzichte van westelijk Nederland zijn de verschillen nog groter.

Uit fig. 1 blijkt verder dat bij afnemende overschrijdingskans het maximum van de kurven in het algemeen naar rechts verschuift. Dit betekent dat naarmate het jaar droger is de periode, waarin het maximale verdampingsoverschot wordt opgebouwd langer is. In een gemiddeld jaar zal omstreeks half juli de neerslag de verdamping gaan overtreffen. In een 10%-droog jaar en in een extreem droog jaar zal dat omstreeks eind juli resp. eind september het geval zijn.

Voor wat betreft 1976 kan worden gesteld dat dit jaar tot eind augustus extreem droog is geweest terwijl de septembermaand van dat jaar nagenoeg overeenkomt met de septembermaand in een gemiddeld jaar.

III.5. Water in de bodem

III.5.1. Algemeen

In de hieronder volgende beschouwing is aangegeven op welke wijze de voor het gewas beschikbare hoeveelheid vocht in de bodem kan worden berekend. Er is onderscheid gemaakt tussen "vocht uit de wortelzône" en "vocht uit de ondergrond". Samengevoegd zijn deze hoeveelheden vocht aangeduid als bodemvochtvoorraad of als bodemvochtleverantie. De opzet van de berekeningswijze en de theorie die hieraan ten grondslag ligt worden behandeld in de paragrafen III.5.2. en III.5.3.
In par. III.5.4. wordt de verdeling van Drenthe in hydrologische bodemgroepen beschreven. Deze indeling heeft tot doel gebieden te onderscheiden welke bij de berekeningen als eenheid kunnen worden gehanteerd. In par. III.5.5. worden tenslotte de resultaten van de berekeningen vermeld, waarbij verder nog een toelichting wordt gegeven op de faktoren die bij de berekeningen van belang zijn en op de aannamen die zijn gehanteerd.

De grote verscheidenheid van faktoren, die een rol spelen bij de opname van vocht uit de bodem en de ingewikkelde relaties hiertussen maken de berekening van het in de bodem beschikbare water tot een komplex geheel. Zo zijn naast de eigenschappen van de bodem, van het water in de bodem en van het gewas ook de weersomstandigheden van invloed op

de bodemvochtleverantie. De drijvende kracht bij de opname van vocht uit de bodem is namelijk de verdamping van het gewas. Des te hoger het verdampingsoverschot (hoge verdamping, weinig neerslag) des te groter de aanspraak van het gewas op het water in de bodem. De vochtleverantie van de bodem aan het gewas is dan ook geen konstante, maar een van jaar tot jaar variërende grootheid. Rijtema en De Laat hebben modellen opgesteld, waarin bodemkundige, hydrologische en meteorologische gegevens worden gekombineerd om te komen tot een bepaling van de bodemvochtleverantie. Toepassing van de modellen op een groot gebied als Drenthe is echter een omvangrijk en tijdrovend werk. Ter verkrijging van betrouwbare uitkomsten is het namelijk vereist dat gegevens van neerslag, verdamping, grondwaterstanden en hydrologische eigenschappen van de diverse bodemtypen gedetailleerd worden vastgesteld en verwerkt. In het kader van deze studie is gekozen voor een vereenvoudigde berekeningswijze waarbij de klimaatsinvloed buiten de beschouwing is gelaten. Met deze methode is het maximaal in het profiel beschikbare vocht bepaald. Deze hoeveelheid zal in natte jaren waarschijnlijk niet geheel worden benut. Voor de berekening van de aanvoerbehoeften in droge jaren, welke gewoonlijk als maatgevend gelden, wordt de methode voldoende nauwkeurig geacht.

III.5.2. Schematisering van het vochtonttrekkingspatroon

Voor de cijfermatige benadering van de bodemvochtleverantie heeft Rijtema (lit. 27) het patroon van de vochtonttrekking door het gewas geschematiseerd. In eerste instantie is het begrip effektieve wortelzône ingevoerd. Dit is de laag van het bodemprofiel waarin zich 80 à 90% van de wortelmassa bevindt. Van deze laag wordt aangenomen dat hierin geen vertikale gradiënten in de zuigspanning aanwezig zijn, zodat de wateropname in deze laag alleen via radiale stroming naar de wortels plaatsvindt. Door vochtopname uit de wortelzône zal in deze zône het vochtgehalte dalen en dus de zuigspanning toenemen. Dit heeft tot gevolg dat vocht uit de ondergrond wordt aangezogen.
Van het water, dat beschikbaar is door opstijging uit de ondergrond, wordt verondersteld dat dit aan de onderzijde van de effektieve wortelzône door het gewas wordt opgenomen.
De hoeveelheid vocht, die in de effektieve wortelzône voor het gewas beschikbaar is, wordt bepaald door enerzijds de dikte en anderzijds de vochthoudendheid van deze laag.
Gegevens omtrent de dikte van de effektieve wortelzône zijn aangegeven in tabel 4 (blz. 34).
De vochthoudendheid van de wortelzône wordt in het algemeen weergegeven met behulp van pF-kurven, ook wel vochtkarakteristieken of vochtspanningsprofielen genaamd (zie fig. 2). In deze pF-kurven is het verband tussen het vochtgehalte in de bodem en de vochtspanning, meestal zuigspanning genaamd, vastgelegd.
Het maximaal voor de plant beschikbare vocht is de hoeveelheid welke wordt begrensd door de zuigspanning in het voorjaar en de zuigspanning bij het "verwelkingspunt". De zuigspanning in het voorjaar is, bij een diep grondwaterniveau, ca. pF 2 en wordt meestal aangeduid als veldkapaciteit. De zuigspanning bij het verwelkingspunt is ca. pF 4,2. Het verwelkingspunt is bereikt wanneer de grond zodanig is uitgedroogd dat de plant hieraan geen vocht meer kan onttrekken.
Uit resultaten van verschillende onderzoekingen is evenwel gebleken dat reeds bij lagere pF-waarden dan pF 4,2 een reduktie in de verdamping van het gewas optreedt. Reduktie van de verdamping houdt tevens in een afname van de gewasopbrengsten. Om te komen tot een optimale produktie is het gewenst tot waterverstrekking over te gaan ruim voordat het verwelkingspunt is bereikt.
Uit een kombinatie van literatuurgegevens van Rijtema, Baars, Hellings en Jonkers (lit. 10) wordt het gemakkelijk opneembare vocht gesteld op 60-80% van de hoeveelheid welke wordt begrensd door pF 2 en pF 4,2. Dit komt overeen met een uitdroging van de wortelzône tot ca. pF 3. Deze waarde is in de berekeningen aangehouden.
In gevallen waarbij het grondwater op geringe afstand beneden de effektieve wortelzône voorkomt zal het beschikbare vocht in de wortelzône worden vergroot. In deze situatie is de aanvangszuigspanning in het voorjaar niet pF 2 maar lager. Het vochtgehalte is hierdoor hoger (zie ook pF-kurven in fig. 2).
De hoeveelheid vocht, die door opstijging uit de ondergrond voor de plant beschikbaar is, is afhankelijk van de pF-kurve en het kapillair geleidingsvermogen van de ondergrond en verder van de afstand tussen de onderzijde van de effektieve wortelzône en het grondwaterniveau. Ter bepaling van de vochtleverantie uit de ondergrond heeft Rijtema een reeks van 20 standaardondergronden opgesteld met verschillende korrelgrootteverdeling en organische stofgehalten.

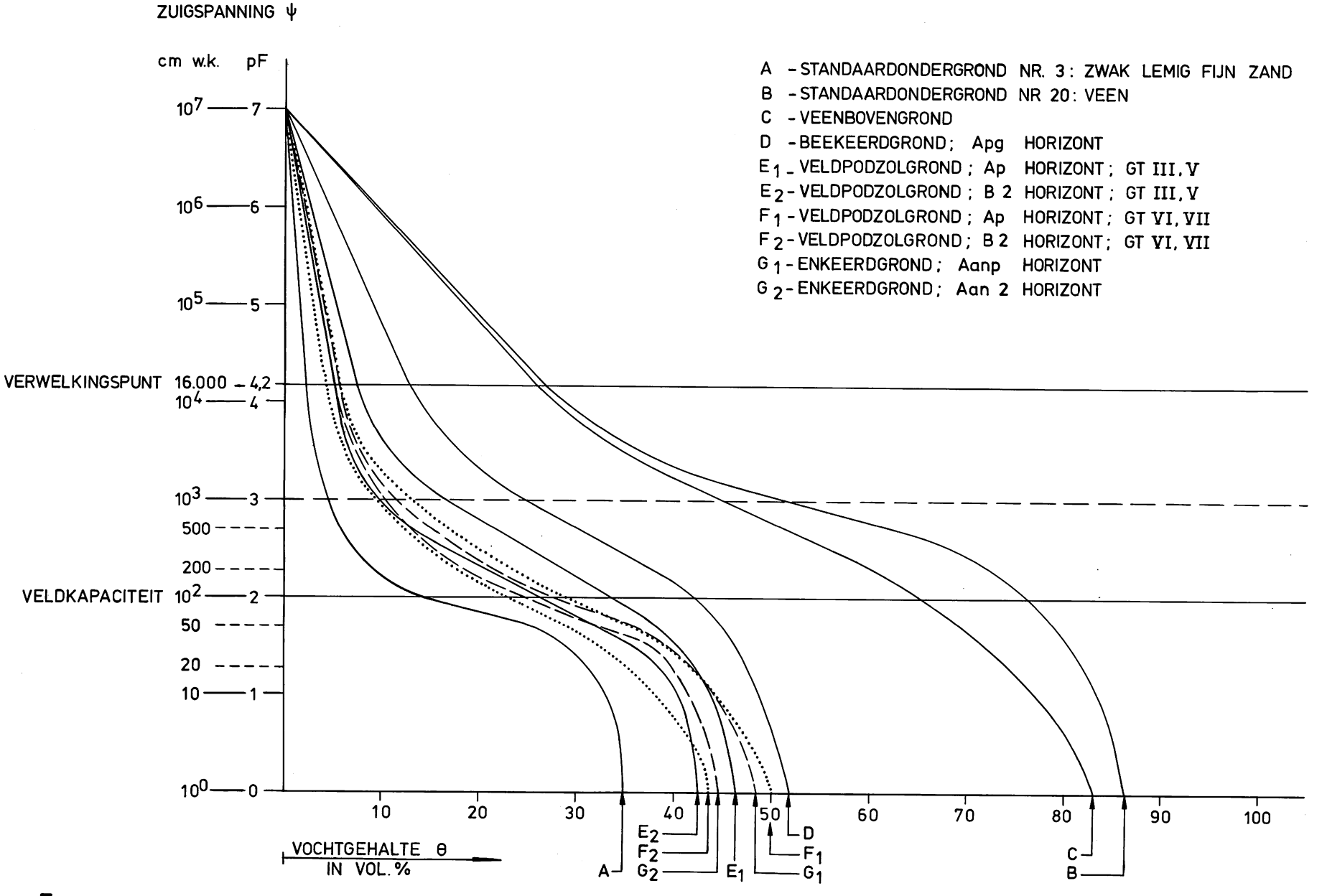
Van deze standaardgronden is het verband bepaald tussen de kapillaire stijgsnelheid (V_c), de zuigspanning (ψ) aan de onderzijde van de effektieve wortelzône, het vochtgehalte (θ) en de afstand (z) tussen de onderzijde van de effektieve wortelzône en de grondwaterspiegel (lit. 30).
De berekeningen van de vochtleverantie uit de ondergrond zijn in deze studie uitgevoerd met twee standaardondergronden voor geheel Drenthe. Deze standaardondergronden, de nos. 3 (zwak lemig fijn zand) en 20 (veen) uit de reeks van Rijtema, zijn als representatief te beschouwen voor de ondergronden welke in Drenthe voorkomen.

III.5.3. Berekening van de bodemvochtleverantie met behulp van de theorie van Rijtema

Voor toepassing van de bovenstaande beschouwing op de berekening van de bodemvochtleverantie zijn drie typen gronden onderscheiden:

a. lage gronden — gronden welke zodanig t.o.v. het grondwater zijn gelegen dat hieraan gedurende het gehele groeiseizoen vocht, via kapillaire opstijging, kan worden onttrokken.

b. middelhoge gronden — gronden welke in het voorjaar van het grondwater profiteren doch waarbij in de zomer het grondwater daalt tot buiten het bereik van de plantenwortels.



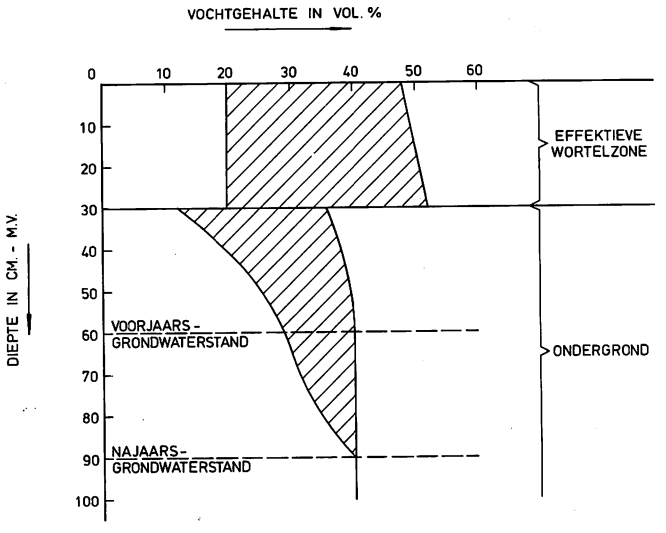
pF - curven

Figuur 2.

c. hoge gronden — gronden welke zodanig hoog zijn gelegen t.o.v. het grondwaterniveau dat de wortelzône hiervan gedurende het groeiseizoen geen invloed ondervindt.

De berekening verloopt nu als volgt:

a. Lage gronden
In figuur 3 is de opbouw van de bodem en de vochtgehalteverdeling in voor- en najaar schematisch weergegeven.



Figuur 3.

Op de horizontale as is het vochtgehalte in de bodem in volumeprocenten uitgezet, op de vertikale as de diepte in cm beneden maaiveld.
Het gearceerde oppervlak geeft het eenmalig beschikbare bodemvocht weer. Aan de rechterzijde wordt dit oppervlak begrensd door het vochtgehalteprofiel in het voorjaar; aan de linkerzijde door het vochtgehalteprofiel aan het einde van het groeiseizoen.
Deze begrenzingen worden bepaald door de volgende faktoren:
— de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (G.V.G.)
— het grondwaterniveau aan het einde van het groeiseizoen
— de dikte van de effektieve wortelzône
— de vochtkarakteristiek (pF-kurve) van de effektieve wortelzône
— het kapillair geleidingsvermogen en de vochtkarakteristiek van de ondergrond.

De konstruktie van de vochtgehalteprofielen geschiedt als volgt:
— Vochtgehalteprofiel in het voorjaar.
Voor de situatie bij de aanvang van het groeiseizoen (± 1 april) wordt uitgegaan van een gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (G.V.G.). Verder wordt aangenomen dat de kapillaire stijgsnelheid (V_c) op dit moment nul is (statische evenwichtstoestand). Het vochtgehalteprofiel is nu te bepalen aan de hand van de bekende vochtkarakteristieken van de bodem (zie fig. 2) en de zuigspanning op verschillende hoogten in het profiel. Deze zuigspanning is op elke diepte gelijk aan de afstand z tot de grondwaterspiegel, uitgedrukt in cm waterkolom.
— Vochtgehalteprofiel aan het einde van het groeiseizoen. Voor de bepaling van het vochtgehalte in de bodem tegen het einde van het groeiseizoen wordt uitgegaan van een uitdroging van de wortelzône tot pF 3, zoals in de voorafgaande beschouwing reeds is gemotiveerd. Het vochtgehalte in de effektieve wortelzône is hiermee bekend (zie ook fig. 2). Verder wordt een grenswaarde aangenomen voor de kapillaire stijgsnelheid (V_c) van grondwater naar de wortelzône van ± 1,5 mm/dag.
Het vochtgehalteprofiel van de ondergrond en de diepte waarnaar het grondwater wegzakt in de zomer zijn nu te bepalen aan de hand van de cijfers van Rijtema (tabellen 1 en 2).
De in werkelijkheid gemeten grondwaterstanden in het najaar kunnen dienst doen als kontrole op de bovenstaande berekeningswijze.
De gearceerde oppervlakte tussen de vochtgehaltekurves van het voorjaar en van het najaar komt overeen met de eenmalig beschikbare hoeveelheid vocht.

Er wordt bij de lage gronden naar gestreefd door middel van peilbeheersing in de leidingen het grondwater op een zodanig niveau te handhaven dat het gewas hieruit via kapillaire opstijging van vocht kan worden voorzien. Dit systeem van watervoorziening (infiltratie) blijkt in de praktijk zel-

Standaardondergrond no. 3. Zwak lemig fijn zand.

V_c (cm/dag)		0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.1	0.06	0.02
ψ cm	θ vol.%	z cm							
20	31.6	19.8	19.8	19.9	19.9	19.9	19.9	20.0	20.0
50	26.0	47.1	47.6	48.2	48.7	49.0	49.4	49.6	49.9
100	15.5	65.0	67.5	70.7	75.1	78.1	82.0	86.5	93.7
250	7.7	66.1	68.9	72.6	77.9	81.7	87.3	94.9	114.4
500	6.1	66.5	69.4	73.2	78.9	83.0	89.3	89.1	123.9
1000	5.0	66.8	69.8	73.7	79.6	84.0	90.5	100.6	131.3
2500	4.3	67.1	70.1	74.2	80.2	84.8	91.8	102.7	137.7
5000	3.2	67.2	70,3	74.4	80.6	85.3	92.5	104.0	141.4
10000	2.5	67.3	70.4	74.6	80.9	85.7	93.1	105.0	144.4
16000	2.3	67.4	70.5	74.7	81.1	86.0	93.5	105.5	145.9

Het verband tussen de zuigspanning ψ, het vochtgehalte θ, de hoogte boven de grondwaterspiegel z en de kapillaire stijgsnelheid V_c.
Tabel 1.

Standaardondergrond no. 20. Veen

V_c (cm/dag)		0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.1	0.06	0.02
ψ cm	θ vol. %	z cm							
20	82.4	15.4	16.1	16.9	17.8	18.3	18.8	19.3	19.7
50	79.6	22.9	24.8	27.1	30.4	32.7	35.8	39.3	45.0
100	76.3	24.4	26.6	29.6	34.0	37.4	42.5	49.5	66.5
250	70.5	25.9	28.5	32.0	37.6	42.2	49.5	60.8	95.6
500	64.9	26.7	29.5	33.4	39.7	44.9	53.5	67.4	114.4
1000	50.5	27.3	30.3	34.4	41.2	46.9	56.6	72.5	129.5
2500	35.6	27.9	30.9	35.3	42.5	48.7	59.2	76.9	142.5
5000	32.3	28.2	31.3	35.8	43.3	49.7	60.8	79.5	150.1
10000	28.9	28.4	31.6	36.2	43.9	50.5	62.0	81.5	156.3
16000	26.5	28.5	31.8	36.3	44.3	51.0	62.7	82.6	159.6

Het verband tussen de zuigspanning ψ, het vochtgehalte θ, de hoogte boven de grondwaterspiegel z en de kapillaire stijgsnelheid V_c.
Tabel 2.

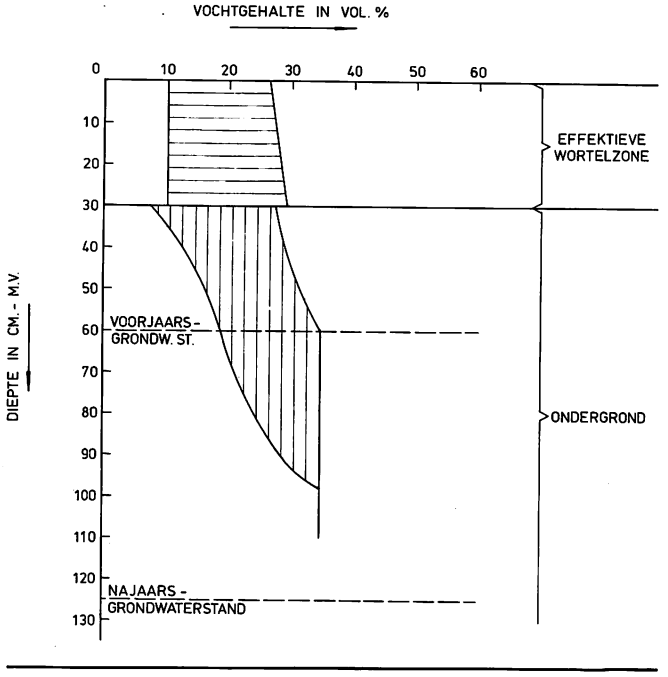
den optimaal te funktioneren. Door een te hoge intreeweerstand in de slootwand en/of slechte kapillaire geleiding van de ondergrond wordt de vochtaanvoer langs deze weg naar de plant beperkt.
De infiltratiesnelheid is nagenoeg evenredig met het niveauverschil tussen grondwaterpeil en slootpeil. De kapillaire stijgsnelheid daalt echter bij een dalende grondwaterspiegel. Bij diepere grondwaterstanden zal dus meer water vanuit de sloot infiltreren, doch zal het kapillair transport kleiner zijn. Er zal zich een evenwichtssituatie instellen afhankelijk van de grootte van de verdamping, de slootweerstand, de perceelsbreedte, het slootwaterpeil en de verzadigde en onverzadigde doorlatendheid van het profiel.
Bij de berekeningen is voor de laaggelegen gronden een kapillaire aanvoer van ± 1,5 mm/dag als grenswaarde aangehouden. Dit wordt nader gemotiveerd onder III.5.5. sub g.

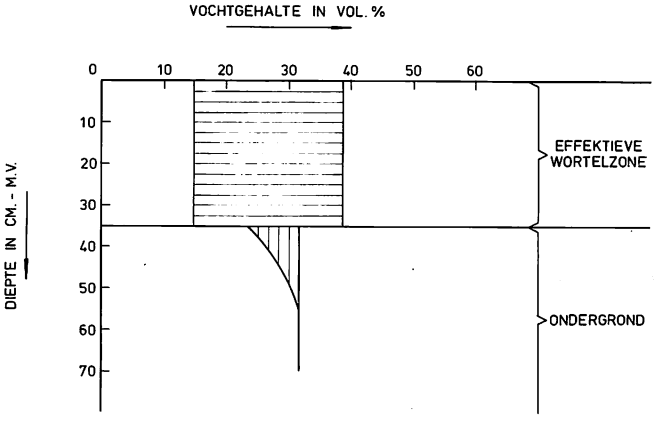
b. Middelhoge gronden

Bij de berekening van de bodemvoorraad van de middelhoge gronden wordt op dezelfde wijze tewerk gegaan als bij de lage gronden.

Het verschil met de lage gronden is echter dat het grondwaterniveau niet alleen daalt onder invloed van kapillaire opstijging, maar tevens door ondergrondse afvoer naar lager gelegen gebieden. De ondergrondse afvoer, meestal basisafvoer genoemd, vindt plaats onder invloed van het aanwezige potentiaalverschil tussen het grondwater van de middelhoge en van de lage gronden. Het is praktisch niet te realiseren het grondwater op peil te houden door middel van slootpeilbeheersing, tenzij men de slootafstand erg klein kiest en zeer grote vochtverliezen naar de ondergrond aksepteert.
Het gevolg van de basisafvoer is dat het grondwater in de zomer daalt tot buiten het bereik van de plantenwortels.
Een gedeelte van het in fig. 4 vertikaal gearceerde oppervlak is dus niet beschikbaar voor de plant maar zal als basisafvoer uit het profiel verdwijnen.
Het voor de plant beschikbare gedeelte is te berekenen door een schatting te maken van de gemiddelde kapillaire opstijging (V_c in mm/dag) en van de gemiddelde basisafvoer (V_a in mm/dag) tijdens de beginperiode van het groeiseizoen. Bij de berekeningen zijn deze waarden gesteld op 0,75 mm/dag, zowel voor de opstijging als voor de afvoer. Dit houdt in dat het vertikaal gearceerde oppervlak voor de helft mag worden meegeteld als beschikbaar vocht voor het gewas. Op de schatting van V_c en V_a wordt teruggekomen in par. III.5.5. sub g en i.
De vochtgehalteprofielen welke het gearceerde oppervlak begrenzen zijn op dezelfde wijze te bepalen als voor de lage gronden is beschreven. De linkerbegrenzing wordt in dit geval gevonden op het moment dat het grondwater gedaald is tot een diepte waarbij de kapillaire opstijging nog net 1 mm/dag is bij een uitdroging van de wortelzône van pF 3 (zie ook de tabellen 1 en 2).

Figuur 4.





Figuur 5.

c. Hoge gronden

Deze gronden, waarin het grondwater zich gedurende het gehele groeiseizoen buiten het bereik van de plantenwortels bevindt, zijn aangewezen op het hangwater in de wortelzône en een geringe nalevering uit de ondergrond (zie fig. 5).
De vochtgehalteprofielen zijn weer op dezelfde wijze te bepalen als bij de lage en middelhoge gronden. Uitgangspunten hierbij zijn:

— De zuigspanning in de voorjaarssituatie is, zowel in de boven- als in de ondergrond, pF 2 (dus geen grondwaterinvloed)
— De uitdrogingsgrens in de wortelzône is pF 3
— De grenswaarde voor de kapillaire opstijging is gesteld op V_c = 1 mm/dag.

III.5.4. Indeling van de kultuurgrond in hydrologische bodemgroepen

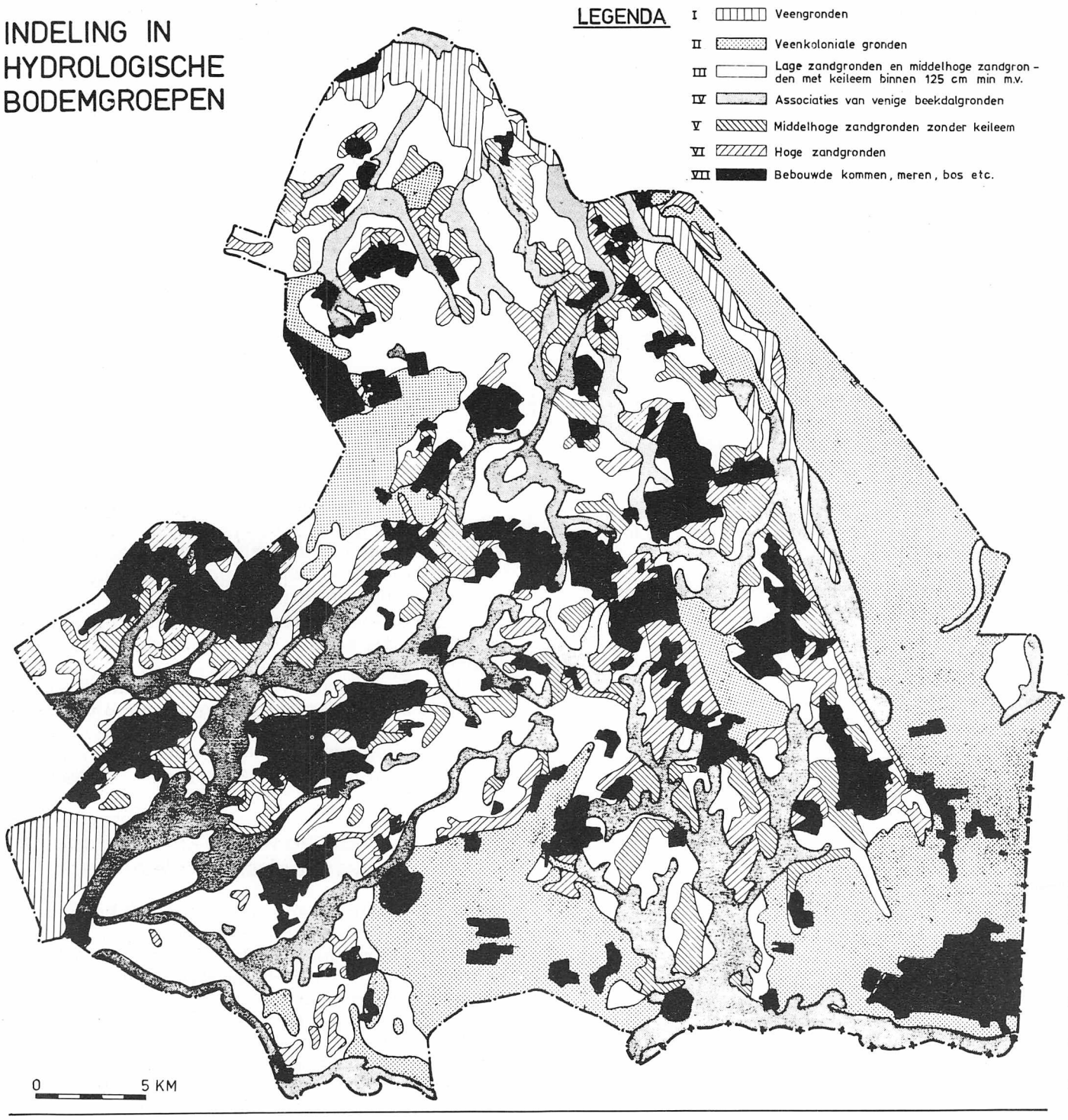
Naast de indeling in lage, middelhoge en hoge gronden, waarop de verschillende berekeningswijzen zijn gebaseerd, is een indeling gemaakt in hydrologische bodemgroepen (lit. 10). Hierbij is Drenthe verdeeld in gebieden, waarbinnen de bodemtypen qua vochthoudendheid en kapillaire opstijging ongeveer dezelfde eigenschappen bezitten.
Als basis voor deze indeling is de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200.000 gebruikt (lit. 9).
De volgende zes groepen zijn onderscheiden.

I. Veengronden
Deze groep bestaat uit de laagveengronden en de ontgonnen laagveengronden met een restveenlaag van meer dan 40 cm.
Tot deze groep behoren de kaarteenheden no's 80, 82 en 84 van de Bodemkaart van Nederland.
De totale oppervlakte van de betreffende gronden is ca. 8.600 ha.

II. Veenkoloniale gronden en hoogveen
Hiertoe behoren de niet of ten dele afgeveende hoogveengronden en de oude en jonge dalgronden.
Tot de groep worden gerekend de kaarteenheden no's 88 t/m 90 en 94 t/m 99 van de bodemkaart.
De totale oppervlakte van deze gronden is ca 55.200 ha.

III. Lage zandgronden en zandgronden met een keileemlaag binnen 125 cm beneden het maaiveld
De lage zandgronden worden gekenmerkt door een ondiep in het profiel voorkomende grondwaterspiegel, waardoor gedurende de zomer het gewas vocht aan de ondergrond kan onttrekken. Bij de middelhoge zandgronden, waar binnen 125 cm een keileemlaag in het profiel voorkomt kunnen zich schijnspiegels vormen zodat ook op deze gronden het gewas zijn waterbehoefte gedeeltelijk kan dekken met water uit de ondergrond.
Tot de groep behoren de kaarteenheden no's 101, 103, 106, 109 (ten dele) en 111.
De totale oppervlakte van deze gronden is ca 60.000 ha.

Kaart 2.



Bodemvochtleverantie

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling	*Grond-gebruik*	*Oppervlak in ha*	*Ligging t.o.v. grondwaterpeil*	*Grondwaterpeil in cm - m.v.*		*Bodemvochtleverantie in mm*		
				GVG	*GLG*	*Wortel-zône*	*Onder-grond*	*Totaal*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. Veengronden								
— met kwel	grasland	4.300	laag	50	70	50	75	125
— zonder kwel	grasland	4.300	laag	50	70	50	25	75
II. Veenkoloniale gronden								
— zand	bouwland	9.700	middelhoog	90	140	65	65	130
— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	laag	70	120	115	55	160
— > 30 cm veen	bouwland	17.400	laag	50	100	175	40	215
	grasland	16.400	laag	50	70	50	25	75
III. Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.								
— laag zand	grasland	10.500	laag	50	100	55	65	120
— keileem op 50-75 cm-m.v.	grasland	6.800	middelhoog	50	—	55	55	110
— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	8.100	middelhoog	50	—	55	70	125
— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	12.200	middelhoog	50	—	55	85	140
— keileem op 50-75 cm-m.v.	bouwland	5.600	middelhoog	60	—	105	50	155
— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	6.700	middelhoog	60	—	105	65	170
— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	10.100	middelhoog	60	—	105	80	185
IV. Venige beekdalgronden								
— veengrond, met kwel	grasland	22.700	laag	50	70	50	75	125
— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	laag	50	70	50	25	75
— moerige gronden	grasland	6.400	laag	50	100	60	65	125
— moerige gronden	bouwland	5.000	laag	60	100	80	65	145
V. Middelhoge zandgronden								
— podzolgronden	grasland	5.800	middelhoog	60	>120	55	35	90
— podzolgronden	bouwland	3.400	middelhoog	80	>150	90	35	125
— enkeerdgronden	bouwland	8.000	middelhoog	120	>150	100	20	120
VI. Hoge zandgronden	grasland	4.000	hoog	>120	—	40	10	50
	bouwland	12.700	hoog	>150	—	65	10	75
Totaal		203.200						

Tabel 3

IV. Venige beekdalgronden
Deze groep bestaat uit associaties van laaggelegen zand-, leem- en veengronden. Tot de groep behoren de kaarteenheden no's 132 en 133 van de bodemkaart met een totale oppervlakte van ca 45.500 ha.

V. Middelhoge zandgronden zonder keileem
Deze groep bestaat uit arme, zwak en soms niet leemhoudende zanden, ten dele met podzol.
Tot de groep behoren de kaarteenheden no's 109 (ten dele) en 114 van de bodemkaart.
De totale oppervlakte van deze gronden is ca 17.200 ha.

VI. Hoge zandgronden
Deze groep bestaat uit hooggelegen, podzolige arme zanden en humusarme zanden, niet of zwak lemig, soms grofzandig, meestal fijnzandig.
Hiertoe behoren de kaarteenheden no's 117, 118 en 124 van de bodemkaart. Zij hebben een totale oppervlakte van ca 16.700 ha.

De totale oppervlakte kultuurgrond in Drenthe bedraagt dus 203.200 ha.

Kaart 2 geeft een beeld van de verspreiding van de verschillende groepen over de provincie.

III.5.5. Berekende hoeveelheden beschikbaar vocht in de bodem

Door kombinatie van de gegevens, behandeld in de paragrafen III.5.3. en III.5.4. is de bodemvoorraad van de Drentse gronden berekend. Voor elke hydrologische bodemgroep is gehandeld zoals onder III.5.3. is beschreven.
De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.
In de 4e kolom van deze tabel is de hoogteligging van de gronden ten opzichte van het grondwaterpeil vermeld. Hiermee wordt tevens aangegeven welke van de berekeningsmethoden is gebruikt (laag, middelhoog of hoog).
Hieronder volgt nog een toelichting op de faktoren die bij de berekeningen van belang zijn en op de aannamen en uitgangspunten die hierbij zijn gehanteerd.

a. Onderverdeling van de hydrologische bodemgroepen
Zoals is weergegeven in tabel 3 zijn de hydrologische bodemgroepen onderverdeeld in kleinere eenheden. Dit onderscheid is gemaakt wanneer verschillen in profieleigenschappen en/of in grondwaterstanden binnen de hydrologische bodemgroep, een niet te verwaarlozen invloed hebben op de beschikbare hoeveelheden bodemvocht. Ook kwelinvloeden zijn om deze reden onderscheiden.

- De veengronden en de venige beekdalgronden zijn opgesplitst in gronden met en zonder kwel (zie ook par. III.5.5. sub h).
- De veenkoloniale gronden zijn verdeeld in klassen waarbij de dikte van het veenpakket, dat in de bodem aanwezig is, als kriterium is gehanteerd.
  Deze veenlaag is namelijk in sterke mate bepalend voor het vochtleverend vermogen van de bodem. Bij de oppervlakteverdeling van de klassen is rekening gehouden met het feit dat in de toekomst een gedeelte van het veen ten gevolge van oxydatie verloren zal gaan. Zo is de oppervlakte "zand" gesteld op 25% van de veenkoloniale bouwlandgronden, terwijl het momenteel ± 10% bedraagt. Op soortgelijke wijze zijn de overige klassen aangepast aan het toekomstbeeld.
- De zandgronden met keileem binnen 125 cm beneden maaiveld zijn verdeeld in drie klassen, afhankelijk van de diepte waarop de keileemlaag zich bevindt (zie ook par. III.5.5. sub j, keileemgronden).
- De venige beekdalgronden zijn in een verhouding 3 : 1 opgesplitst in resp. veengronden en moerige gronden. De veengronden zijn in de onmiddellijke nabijheid van beken gelegen, terwijl de moerige gronden de iets hoger gelegen overgang vormen naar de podzol- en/of eerdgronden.
- De middelhoge zandgronden zonder keileem zijn onderverdeeld in podzolgronden en eerdgronden

b. Grondgebruik
Bij de indeling naar grondgebruik is onderscheid gemaakt tussen grasland en bouwland.
Dit onderscheid is noodzakelijk door het verschil in bewortelingsdiepte tussen gras en akkerbouwgewassen (zie ook par. III.5.5. sub c). Des te dieper de beworteling des te groter is namelijk de hoeveelheid bodemvocht die wordt ontsloten.
De oppervlakteverdeling van grasland en bouwland over de verschillende bodemgroepen is verkregen door kombinatie van de bodemkaart, de gegevens betreffende het grondgebruik vermeld in par. III.3 en gegevens uit het rapport van Jonkers (lit. 10).

c. Bewortelingsdiepte
De bewortelingsdiepte, welke bij de berekeningen is aangehouden, wordt aangeduid als dikte van de effektieve wortelzône. De effektieve wortelzône is dat gedeelte van de bodem, dat 80-90% van de wortels bevat.
De dikte van deze zône is steeds beperkt, hetzij door het bodemprofiel, hetzij door de eigenschappen van het gewas.
Als uitgangspunt voor de bewortelingsdiepte zijn de gegevens van tabel 4 (lit. 16) gehanteerd.

Bewortelingsdiepte van enkele gewassen

Bewortelingstype	*Dikte effektieve wortelzône*	*Voorbeeld*
ondiep	ca. 25 cm	grasland
matig ondiep	ca. 40 cm	aardappels
matig diep	ca. 60 cm	granen
diep	ca. 80 cm	lucerne

Tabel 4

In vele gevallen wordt de bewortelde zône in dikte beperkt door profieleigenschappen. De dikte van de effektieve wortelzône hangt in zandgronden hoofdzakelijk samen met de mechanische weerstand. Het niveau waarop de indringingsweerstand bij veldkapaciteit waarden van meer dan 3 à 5 MPa bereikt, kan als onderzijde van de effektieve wortelzône worden beschouwd.
Bij vlakvaag-, gooreerd- en de meeste beekeerdgronden blijft de effektieve wortelzône beperkt tot de Ap-horizont. Van humuspodzolen kan de B2-horizont ook tot de effektieve wortelzône worden gerekend, indien deze althans niet verkit is.
Verkitte B2's zijn vooral bij de hoger gelegen humuspodzolgronden in leemarm en zwak-lemig zand te verwachten. In moderpodzolgronden reikt de effektieve wortelzône tot in de bovenkant van de C-horizont. Bij enkeerdgronden is de beworteling meestal beperkt tot de humeuze bovengrond, bij onverbeterde veenkoloniale gronden en veengronden tot de zandige of de veraarde bovengrond.
Door grondverbetering zijn de beperkingen in de bewortelingsdiepte te verminderen en vaak zelfs geheel weg te nemen. Door het breken van storende lagen in het profiel en/of door het mengen van verschillende horizonten worden de bewortelingsmogelijkheden van het gewas vergroot (diepploegen, mengwoelen, etc).
Bij de berekeningen van de vochtvoorraden is ervan uitgegaan dat de grondverbeteringsmogelijkheden voor een groot gedeelte worden benut. Hierbij wordt voornamelijk gedoeld op de veenkoloniale gronden en op de slechte ontginningsgronden. Bij de keuze van de bewortelingsdiepte is hiermede rekening gehouden.

d. pF-kurven
pF-kurven geven het verband weer tussen het vochtgehalte en de zuigspanning (= vochtspanning) in de bodem. De vorm van een pF-kurve is afhankelijk van de textuur, de struktuur en het organische stofgehalte van de bodem.
In figuur 2 zijn de pF-kurven weergegeven welke van toepassing zijn op de verschillende Drentse bodemtypen. Een toelichting hierop, wordt gegeven in het volgende overzicht.

A Standaardondergrond nr. 3 uit de reeks van Rijtema: zwak lemig fijn zand (lit 30).
B Standaardondergrond nr. 20 uit de reeks van Rijtema: veen (lit. 30).
C Veenbovengrond (lit. 4).
D Beekeerdgrond; sterk lemig fijn zand; kode pZg23; Gt II, III en V;
  Apg horizont 0-20 cm; grondgebruik grasland (lit. 12).
E_1 Veldpodzolgrond; zwak lemig fijn zand; kode Hn21; Gt III en V; Ap horizont 0-25 cm; grondgebruik grasland (lit.12).
E_2 idem; B2 horizont 25-40 cm.
F_1 Veldpodzolgrond; lemig fijn zand; kode Hn21; Gt VI en VII; Ap horizont 0-30 cm; grondgebruik bouwland (lit. 12).
F_2 idem; B2 horizont 30-45 cm.
G_1 Enkeerdgrond; zwak lemig zeer humeus esdek; kode zEZ21; Aanp horizont 0-30 cm; grondgebruik bouwland (lit. 12).
G_2 idem; Aan2 horizont 30-60 cm.

De kurven van de podzolgronden en van de eerdgronden zijn ontleend aan een publikatie van de Sti-

boka (lit. 12). De kurve van de veenbovengrond is overgenomen uit het Cultuurtechnisch Vademecum. De kurven van de veen- en zandondergrond zijn ontleend aan gegevens van Rijtema (lit. 30).
Zoals onder par. III.5.3. reeds is uiteengezet wordt het gemakkelijk opneembare vochtpercentage begrensd door de zuigspanning in het voorjaar aan de ene zijde en de zuigspanning pF 3 aan de andere zijde.
In gevallen waarbij de beworteling is verdeeld over een A en een B horizont is met 2 pF-kurven gewerkt.

e. Ondergrond
Met ondergrond wordt hier bedoeld de bodemlaag onder de effektieve wortelzône voorzover deze een rol speelt bij de vochthuishouding van het gewas. Uit deze laag wordt vocht omhoog gezogen wanneer het vochtgehalte in de wortelzône daalt.
De omvang van deze kapillaire nalevering wordt bepaald door het kapillair geleidingsvermogen van de ondergrond, de diepte van de grondwaterspiegel en de gemiddelde zuigspanning aan de onderzijde van de wortelzône.

Zoals reeds is vermeld heeft Rijtema een reeks van 20 standaardondergronden samengesteld, waaruit de nummers 3 en 20 van toepassing worden geacht op de Drentse omstandigheden. Standaardondergrond no. 3, zwaklemig fijn zand, is aangehouden voor alle zandgronden. Deze ondergrond is gekozen als kompromis tussen de standaardondergronden no. 2 en no. 4 welke resp. geschikt worden geacht voor jong dekzand en oud dekzand.
Standaardondergrond no. 20, veen, is aangehouden voor alle gronden met een dik veenpakket in de ondergrond.
De karakteristieken van deze ondergronden zijn vermeld in de tabellen 1 en 2. De keuze van deze standaardondergronden wordt gesteund door studies van Taks (lit. 32) en van Van Heesen en V.d. Sluijs (lit. 8).

f. Grondwaterniveau
De hoogte van het grondwaterniveau speelt in twee opzichten een belangrijke rol bij de vochtvoorziening van het gewas:
- een hoog grondwaterniveau maakt een gunstige kapillaire opstijging mogelijk,
- een hoog grondwaterniveau verhoogt het aanvangsvochtgehalte in de wortelzône en in de ondergrond.

Een te hoog grondwaterpeil is echter nadelig voor de gewasproduktie omdat dan de luchthuishouding in de wortelzône in het gedrang komt. Andere nadelen kunnen zijn: stikstofgebrek, slechte begaanbaarheid, te late zaai van de zomergewassen, late start van de grasgroei.
De keuze van het juiste grondwaterniveau is dus steeds een kompromis. Aan de ene zijde wenst men een hoog grondwaterpeil ter vermindering van de vochttekorten in de zomer, aan de andere zijde een laag grondwaterpeil ter verkoming van de genoemde problemen welke gepaard gaan met een hoog peil. Bij de berekeningen is uitgegaan van recent gemeten grondwaterstanden zoals die zijn weergegeven op de grondwatertrappenkaart van de Stiboka. Hierbij is verder rekening gehouden met geplande waterbeheersingswerken die van invloed zullen zijn op het grondwaterniveau in de toekomst.

	Grondwatertrappen: indeling in cm-m.v.				
Gt-klasse	II	III	V	VI	VII
GHG	—	<40	<40	40-80	>80
GLG	50-80	80-120	>120	>120	>120

GHG = gemiddeld hoogste grondwaterstand
GLG = gemiddeld laagste grondwaterstand

Uit de GHG en de GLG is met de volgende formule de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (= GVG) te berekenen:

GVG = 0,2(GLG — GHG) + (GHG + 12) (lit. 8).

De GVG wordt beschouwd als de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen. Als grondwaterstand aan het einde van het groeiseizoen is de GLG genomen.
In tabel 3 zijn de GVG en de GLG vermeld in cm - m.v.

g. Kapillaire stijgsnelheid (V_c)
Zoals reeds onder par. III.5.3. is vermeld zijn bij de berekeningen de volgende grenswaarden voor de kapillaire opstijging aangehouden:
Lage gronden: V_c = 1,5 mm/dag
Middelhoge en hoge gronden: V_c = 1,0 mm/dag

Motivatie:
Lage gronden (V_c = 1,5 mm/dag)
De waarde van 1,5 mm/dag voor de kapillaire stijgsnelheid is enerzijds ontleend aan een publikatie van Rijtema (lit. 28) en anderzijds aan waterbalansmetingen in stroomgebiedjes, verricht door van Bohemen (I.C.W. 1976).
Rijtema vermeldt in een nota over de waterbehoefte van graslandgebieden d.m.v. peilbeheersing maximale infiltratiesnelheden afhankelijk van slootpeil en perceelsbreedte. Bij een perceelsbreedte van 80-100 m en een slootpeil van ca. 20 cm-m.v. vindt hij een infiltratiesnelheid van 1,4 - 1,7 mm/dag.
Van Bohemen heeft in de zomer van '76 waterbalansmetingen verricht in stroomgebiedjes in o.a. Drenthe en Overijssel. Hierbij is gebleken dat op de lage gronden een kapillaire opstijging ten gevolge van de infiltratie van ± 1,5 mm/dag mogelijk is indien het slootpeil tot voldoende hoogte wordt opgezet.
In de beekdalen werden voor infiltratie lagere waarden gemeten, waarschijnlijk als gevolg van kwelstroming vanuit de hogere gronden welke een gedeelte van de kapillaire opstijging voor zijn rekening neemt.

Middelhoge en hoge gronden (V_c = 1 mm/dag)
Bij de middelhoge en hoge gronden is de grenswaarde van de kapillaire stijgsnelheid onafhankelijk van het grondwaterniveau vastgesteld. De waarde van 1 mm/dag is tot stand gekomen door de aanname dat wanneer de wortelzône is uitgedroogd tot pF 3 en de kapillaire nalevering is gedaald tot 1 mm/dag, kunstmatige watervoorziening noodzakelijk wordt om opbrengstdepressies te voorkomen.

Naast deze grenswaarden, welke van invloed zijn op het linker vochtgehalteprofiel in de figuren 3, 4 en 5 is voor de middelhoge gronden de kapillaire stijgsnelheid tijdens de beginperiode van het groeiseizoen van belang (zie ook par. III.5.3.). Deze waarde is gesteld op ca. 0,75 mm/dag. Het is een schatting welke is verkregen door kombinatie van gegevens van ener-

zijds de potentiële vochtbehoefte in de maanden april en mei (zie par. III.4.3.) en anderzijds de kapillaire opstijgingsmogelijkheden vanuit de bodem.

h. Kwel

Voor een groot gedeelte van de lage gronden in Drenthe zal aanvulling van het grondwater plaatsvinden door kwelstroming vanuit de hogere gronden.
In het kader van het geohydrologisch onderzoek in Drenthe (lit. 35) is een studie verricht naar de plaats en de omvang van de kwelstroming. Uit de resultaten van het onderzoek blijkt de kwelstroming voornamelijk op te treden op de laaggelegen delen van de venige beekdalgronden en van de veengronden. De gemiddelde waarde van de kwel bedraagt ± 0,5 mm/dag, op sommige plaatsen kan deze waarde oplopen tot 1,5 mm/dag.
Bij de berekeningen zijn de volgende waarden aangehouden:

— gemiddelde kwel: 0,5 mm/dag
— oppervlakte: 50% van de venige beekdalgronden en van de veengronden.

Gerekend over een droge periode van ca. 100 dagen is er dus 100 × 0,5 = 50 mm extra vocht beschikbaar op deze gronden.

i. Basisafvoer

Onder basisafvoer wordt verstaan de vrijwel konstante ondergrondse afstroming welke plaatsvindt van de hoge naar de lage gronden. Het water komt in de lage gebieden ten dele naar boven als kwelwater, de rest wordt afgevoerd via beken en sloten. De stroming ontstaat doordat de hoge gronden neerslag bergen in het profiel, waardoor een hoger grondwaterniveau wordt opgebouwd dan in de lagere gebieden waar deze neerslag grotendeels via het slotenstelsel wordt afgevoerd. Het niveauverschil tussen het grondwater van de hoge en dat van de lage gronden vormt de stuwende kracht bij de stroming.
Als gemiddelde waarde voor de basisafvoer gedurende de beginperiode van het groeiseizoen is 0,75 mm/dag aangehouden. Deze waarde is van belang bij de "vochtvoorraad"-berekeningen van de middelhoge gronden, zoals onder par. III.5.3. is beschreven.
De volgende onderzoeken liggen aan deze aanname ten grondslag:

— Afvoerstudies van de Koninklijke Nederlandse Heidemaatschappij in Drenthe (lit. 13 en 14):

	Basisafvoer
de Vledder- en Wapserveense Aa	0,6 - 1,2 mm/dag
Borger	0,9 - 2,4 mm/dag

— Geohydrologisch onderzoek (lit. 35):
basisafvoer op de hoge en middelhoge gronden 0,4 - 2,5 mm/dag.

Verder is uit enkele grafieken, waarin de daling van de grondwaterspiegel tegen de tijd is uitgezet, voor de hoge gronden een daling van het grondwaterniveau van 0,3 - 0,8 cm/dag afgeleid. Het volumepercentage vocht tussen verzadiging en veldkapaciteit bedraagt ± 15 % (zie figuur 2).
Daling van het grondwaterniveau van 0,3 - 0,8 cm/dag komt dus overeen met een afvoer van ca. 0,5- 1,2 mm/dag.

j. Keileemgronden

De gronden waarbij het keileem op beperkte diepte beneden het maaiveld voorkomt nemen uit een oogpunt van vochthuishouding een aparte plaats in. Tengevolge van de min of meer ondoorlatende keileemlaag ontstaat, in de hoge en middelhoge gronden, 's winters een schijngrondwaterspiegel. Het werkelijke grondwaterniveau bevindt zich onder de keileemlaag. Het keileem, dat in natte perioden ongunstig kan werken op de waterafvoer, heeft in droge tijden een gunstige invloed op de vochtvoorziening. Daling van de grondwaterspiegel tengevolge van ondergrondse afvoer is namelijk niet van invloed op het water dat zich boven de keileemlaag bevindt. De hoeveelheid vocht welke boven de keileemlaag beschikbaar is voor de plant wordt o.a. bepaald door de diepte waarop het keileem zich bevindt.
Bij de berekeningen is dan ook onderscheid gemaakt in verschillende keileemdiepteklassen (zie tabel 3).
Het principe van de berekeningen is verder gelijk aan dat van de middelhoge gronden (zie par. III.5.3.), waarbij als GVG de eventuele schijngrondwaterspiegel wordt aangehouden en het keileem als ondergrens van het profiel is beschouwd. Op de berekende vochtleverantie uit de ondergrond is vervolgens nog een korrektie aangebracht van — 25%. De aanname dat het keileem zich als een ondoorlatende, horizontale, aaneengesloten laag in het profiel bevindt is namelijk niet geheel juist. Een gedeelte van het boven het keileem verzamelde vocht zal door of over het keileem tot afstroming komen. Het getal 25% is een grove schatting. De berekende vochtleverantie van de overige bodemtypen en de gegevens van het onderzoek naar de droogteschade in 1976 hebben hierbij als referentiekader gediend.

IV. Aanvullende waterbehoefte

IV.1. Algemeen

Vele levensuitingen van mens, dier en plant behoeven water. Een aanzienlijk deel van dit water wordt verbruikt d.w.z. dat het niet meer rechtstreeks in vloeibare vorm kan worden hergebruikt ten behoeve van één van de bedoelde levensuitingen. Een kleiner deel komt na gebruik weer beschikbaar, zij het vaak als water van een mindere kwaliteit. Dit laatste kan betekenen dat uit kwaliteitsoogpunt de waarde afneemt maar niet in die mate, dat het ter vervanging uit een oogpunt van kwantiteit in de berekeningen moet worden meegenomen.

Water is nodig voor de landbouw, de tuinbouw en dan in het bijzonder de tuinbouw onder glas, het drenken van vee, de bestrijding van ziekten en onkruiden in de land- en tuinbouw, drink- en industriewatervoorziening, de scheepvaart, de bestrijding van de verontreiniging van het water door allerlei oorzaken (doorspoeling), de natuurgebieden, de rekreatie, het stoominjektieprojekt van de N.A.M., en voor de land- en tuinbouw in gebieden buiten de provincie, ten behoeve waarvan water wordt geleverd. Deze zijn in de paragrafen IV.2. t/m IV.12. besproken.

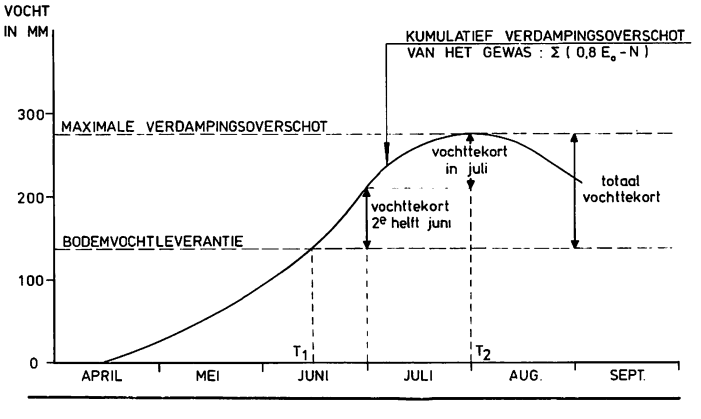
Voorts zijn er vormen van watergebruik, die niet rechtstreeks als behoeften aangemerkt kunnen worden, maar die indirekt voortvloeien uit bepaalde vormen van watervoorziening. Als zodanig kunnen worden genoemd de verhoging van het waterpeil in de leidingen in het voorjaar, de waterverliezen bij infiltratie en beregening, de wegzijgingsverliezen uit kanalen en leidingen en de verdampingsverliezen van open water. Zij zijn behandeld in de paragrafen IV.13. t/m IV.16.

Van al de genoemde faktoren is nagegaan of daarvoor in het kader van deze studie met aanvoer van water moet worden gerekend en om welke hoeveelheden het daarbij gaat in de vier droogteklassejaren, die in beschouwing zijn genomen. De benodigde hoeveelheden zijn gesommeerd in par. IV.17.

Tenslotte zijn in par. IV.18 de aldus verkregen resultaten in een globale waterbalans getoetst aan gemeten en berekende hydrologische verschijnselen en grootheden.

De resultaten van dit hoofdstuk zijn in het vervolg van de studie gebruikt om de onder verschillende omstandigheden aan te voeren hoeveelheden water te berekenen.

Figuur 6.



IV.2. Landbouw

IV.2.1. De berekening van de vochtbehoefte

In de paragrafen III.4 en III.5 zijn achtereenvolgens het verdampingsoverschot (= potentiële gewasverdamping — neerslag) en het vochtleverend vermogen van de bodem behandeld. Het vochttekort van het gewas is nu te schrijven als "verdampingsoverschot" minus "bodemvochtleverantie".

Grafisch is dit vochttekort te bepalen zoals in figuur 6 schematisch is weergegeven.

De basisgegevens voor figuur 6 zijn vermeld in:

- par. III.4; figuur 1, weergevende het kumulatieve verdampingsoverschot;
- par. III.5; tabel 3, kolom 9, weergevende de bodemvochtleverantie.

Ter toelichting op figuur 6 moge nog het volgende dienen:

- Op het tijdstip T_1 is de bodemvochtvoorraad uitgeput.
- Op het tijdstip T_2 gaat de neerslag de verdamping van het gewas overtreffen en is dus het maximale verdampingsoverschot bereikt.
- Het totale vochttekort wordt dus opgebouwd in de periode tussen T_1 en T_2. De grootte van het vochttekort is gelijk aan maximum verdampingsoverschot minus bodemvochtleverantie.
- Afhankelijk van het droogteklassejaar en de bodemvochtleverantie wijzigen T_1, T_2 en de grootte van het vochttekort.

De uitwerking van de bovenstaande beschouwing is in de tabellen 5a t/m d weergegeven voor de verschillende hydrologische bodemgroepen en dan voor grasland en bouwland afzonderlijk. Tevens is de verdeling van het vochttekort over de verschillende zomermaanden vermeld. De vochttekorten zijn bere-

1976
Maximaal verdampingsoverschot van het gewas in het groeizeizoen: — grasland 300 mm; — bouwland 280 mm

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Beschikbaar bodemvocht in mm*	*Totaal vochttekort*		*Verdeling v/h vochttekort over het groeiseizoen*							
							mei		*juni*		*juli*		*aug.*	
					mm	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*
I	Veengronden													
	— met kwel	grasland	4.300	125	175	7,5			35	1,5	75	3,2	65	2,8
	— zonder kwel	grasland	4.300	75	225	9,6	15	0,6	70	3,0	75	3,2	65	2,8
II	Veenkoloniale gronden													
	— zand	bouwland	9.700	130	150	14,6			30	2,9	75	7,3	45	4,4
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	160	120	14,0					75	8,8	45	5,2
	— > 30 cm veen	bouwland	17.400	215	65	11,4					20	3,6	45	7,8
	— > 30 cm veen	grasland	16.400	75	225	36,9	15	2,5	70	11,5	75	12,3	65	10,6
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
	— laag zand	grasland	10.500	120	180	18,9			40	4,2	75	7,9	65	6,8
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	110	190	12,9			50	3,4	75	5,1	65	4,4
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	125	175	14,2			35	2,8	75	6,1	65	5,3
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	140	160	19,5			20	2,4	75	9,2	65	7,9
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	155	125	7,0			5	0,3	75	4,2	45	2,5
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	170	110	7,4					65	4,4	45	3,0
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	185	95	9,6					50	5,1	45	4,5
IV	Venige beekdalgronden													
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	125	175	39,7			35	7,9	75	17,0	65	14,8
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	75	225	25,7	15	1,7	70	8,0	75	8,6	65	7,4
	— moerige gronden	grasland	6.400	125	175	11,2			35	2,2	75	4,8	65	4,2
	— moerige gronden	bouwland	5.000	145	135	6,8			15	0,8	75	3,7	45	2,3
V	Middelhoge zandgronden													
	— podzolgronden	grasland	5.800	90	210	12,2			70	4,1	75	4,3	65	3,8
	— podzolgronden	bouwland	3.400	125	155	5,3			35	1,2	75	2,6	45	1,5
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	120	160	12,8			40	3,2	75	6,0	45	3,6
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	50	250	10,0	40	1,6	70	2,8	75	3,0	65	2,6
		bouwland	12.700	75	205	26,0	15	1,9	70	8,9	75	9,5	45	5,7
	Totaal		203.200			333,2		8,3		71,1		139,9		113,9

Tabel 5a

10%-droog jaar
Maximaal verdampingsoverschot van het gewas in het groeiseizoen: 170 mm

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Beschikbaar bodemvocht in mm*	*Totaal vochttekort*		*Verdeling v/h vochttekort over het groeiseizoen*							
							mei		*juni*		*juli*		*aug.*	
					mm	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*
I	Veengronden													
	— met kwel	grasland	4.300	125	45	1,9					45	1,9		
	— zonder kwel	grasland	4.300	75	95	4,1			50	2,2	45	1,9		
II	Veenkoloniale gronden													
	— zand	bouwland	9.700	130	40	3,9					40	3,9		
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	160	10	1,2					10	1,2		
	— > 30 cm veen	bouwland	17.400	215										
	— > 30 cm veen	grasland	16.400	75	95	15,6			50	8,2	45	7,4		
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
	— laag zand	grasland	10.500	120	50	5,2			5	0,5	45	4,7		
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	110	60	4,1			15	1,0	45	3,1		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	125	45	3,6					45	3,6		
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	140	30	3,7					30	3,7		
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	155	15	0,8					15	0,8		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	170										
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	185										
IV	Venige beekdalgronden													
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	125	45	10,2					45	10,2		
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	75	95	10,8			50	5,7	45	5,1		
	— moerige gronden	grasland	6.400	125	45	2,9					45	2,9		
	— moerige gronden	bouwland	5.000	145	25	1,3					25	1,3		
V	Middelhoge zandgronden													
	— podzolgronden	grasland	5.800	90	80	4,6			35	2,0	45	2,6		
	— podzolgronden	bouwland	3.400	125	45	1,5					45	1,5		
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	120	50	4,0			5	0,4	45	3,6		
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	50	120	4,8	25	1,0	50	2,0	45	1,8		
		bouwland	12.700	75	95	12,1			50	6,4	45	5,7		
	Totaal		203.200			96,3		1,0		28,4		66,9		

Tabel 5b

20%-droog jaar
Maximaal verdampingsoverschot van het gewas in het groeiseizoen: 135 mm

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Beschikbaar bodemvocht in mm*	*Totaal vochttekort*		*Verdeling v/h vochttekort over het groeiseizoen*							
							mei		*juni*		*juli*		*aug.*	
					mm	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*
I	Veengronden													
	— met kwel	grasland	4.300	125	10	0,4					10	0,4		
	— zonder kwel	grasland	4.300	75	60	2,6			50	2,2	10	0,4		
II	Veenkoloniale gronden													
	— zand	bouwland	9.700	130	5	0,5					5	0,5		
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	160										
	— > 30 cm veen	bouwland	17.400	215										
	— > 30 cm veen	grasland	16.400	75	60	9,8			50	8,2	10	1,6		
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
	— laag zand	grasland	10.500	120	15	1,6			5	0,5	10	1,1		
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	110	25	1,7			15	1,0	10	0,7		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	125	10	0,8					10	0,8		
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	140										
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	155										
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	170										
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	185										
IV	Venige beekdalgronden													
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	125	10	2,3					10	2,3		
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	75	60	6,8			50	5,7	10	1,1		
	— moerige gronden	grasland	6.400	125	10	0,6					10	0,6		
	— moerige gronden	bouwland	5.000	145										
V	Middelhoge zandgronden													
	— podzolgronden	grasland	5.800	90	45	2,6			35	2,0	10	0,6		
	— podzolgronden	bouwland	3.400	125	10	0,3					10	0,3		
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	120	15	1,2			5	0,4	10	0,8		
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	50	85	3,4	25	1,0	50	2,0	10	0,4		
		bouwland	12.700	75	60	7,6			50	6,3	10	1,3		
	Totaal		203.200			42,2		1,0		28,3		12,9		

Tabel 5c

50%-droog jaar
Maximaal verdampingsoverschot van het gewas in het groeiseizoen: 90 mm

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling	*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Beschikbaar bodemvocht in mm*	*Totaal vochttekort*		*Verdeling v/h vochttekort over het groeiseizoen*							
						mei		*juni*		*juli*		*aug.*	
				mm	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*
I Veengronden													
— met kwel	grasland	4.300	125										
— zonder kwel	grasland	4.300	75	15	0,6					15	0,6		
II Veenkoloniale gronden													
— zand	bouwland	9.700	130										
— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	160										
— > 30 cm veen	bouwland	17.400	215										
— > 30 cm veen	grasland	16.400	75	15	2,5					15	2,5		
III Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
— laag zand	grasland	10.500	120										
— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	110										
— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	125										
— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	140										
— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	155										
— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	170										
— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	185										
IV Venige beekdalgronden													
— veengrond, met kwel	grasland	22.700	125										
— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	75	15	1,7					15	1,7		
— moerige gronden	grasland	6.400	125										
— moerige gronden	bouwland	5.000	145										
V Middelhoge zandgronden													
— podzolgronden	grasland	5.800	90										
— podzolgronden	bouwland	3.400	125										
— enkeerdgronden	bouwland	8.000	120										
VI Hoge zandgronden	grasland	4.000	50	40	1,6			25	1,0	15	0,6		
	bouwland	12.700	75	15	1,9					15	1,9		
Totaal		203.200			8,3				1,0		7,3		

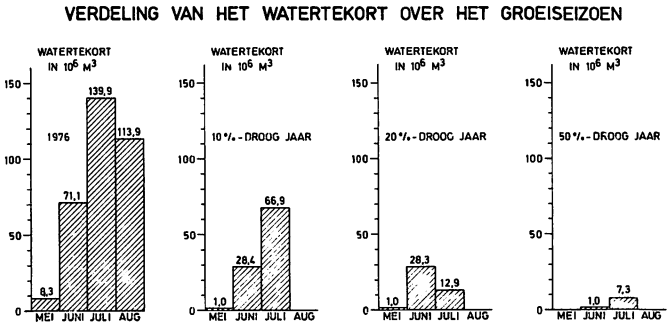
Tabel 5d

kend in mm en in m^3. Het vochttekort, uitgedrukt in m^3, wordt gevonden als produkt van de oppervlakte in ha en het vochttekort in mm (1 mm op 1 ha komt overeen met 10 m^3).
Enkele belangrijke waarden uit de tabellen 5a t/m 5d zijn in tabel 6 nogmaals vermeld.

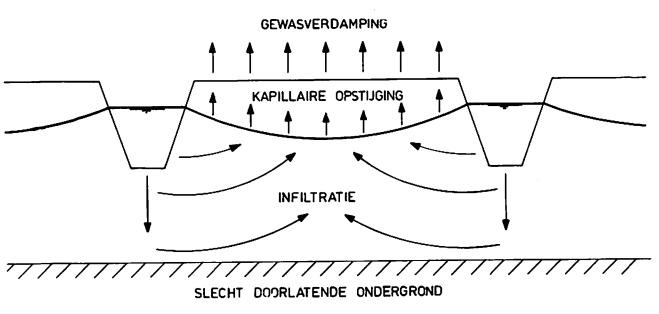
	1976	*10%-droog jaar*	*20%-droog jaar*	*50%-droog jaar*
Totaal watertekort in 10^6 m^3 in het groeiseizoen	333	96	42	8
Maand waarin de piek van het watertekort optreedt	juli	juli	juni	juli
Watertekort in de „piekmaand" in 10^6 m^3	140	67	28	7
Gemiddeld watertekort in de piekmaand per dag in 10^6 m^3/dag	4,7	2,2	0,9	0,2
Idem in m^3/min.	3238	1549	655	169
Idem in m^3/s.	54	26	11	3

Tabel 6

Ter verkrijging van een beter overzicht zijn de totale watertekorten (in m^3) tevens in figuur 7 in enkele staafdiagrammen weergegeven. Hierin zijn de watertekorten van het gehele bouw- en graslandareaal vermeld met de verdeling over het groeiseizoen.



Figuur 7.



Figuur 8.

IV.2.2. De wijze van toediening

Het is niet voldoende kennis te hebben van de hoeveelheden water, die aan de gewassen aanvullend moeten worden toegediend. Ook de wijze, waarop de toediening plaats heeft, is van betekenis o.m. in verband met de verliezen die bij de toediening optreden.
Wij kennen 3 mogelijkheden van toediening namelijk infiltratie, bevloeiing en beregening.
Onder infiltratie wordt verstaan de watervoorziening door middel van peilbeheer in de waterlopen. Daarbij wordt getracht het grondwaterniveau, dat daalt onder invloed van de verdamping van het gewas, op peil te houden door aanvulling uit de waterlopen (zie fig. 8).
Een variant daarop is de toepassing van een infiltratie met behulp van buizen, waardoor bij gelijkblijvende onderlinge afstand van de waterlopen de transportafstand door de grondmassa wordt verkleind en de toevoer per tijdseenheid wordt vergroot.
Onder bevloeiing wordt verstaan de watervoorziening waarbij op bepaalde punten per verstrekking een relatief grote hoeveelheid water op het land wordt gebracht, die zich door stroming over het maaiveld verspreidt en dan wegzijgt in de grond. Deze methode wordt in Drenthe nagenoeg niet toegepast.
Onder beregening wordt verstaan de watervoorziening waarbij met behulp van beregeningsinstallaties (haspelautomaat, buizen met sproeiers, etc.) oppervlaktewater of grondwater door sproeien wordt verstrekt.
In deze studie is nu de volgende keuze voor de toepassing van infiltratie of beregening gemaakt:

— lage gronden — infiltratie aangevuld met beregening
— middelhoge gronden — beregening
— hoge gronden — beregening

De begrippen lage, middelhoge en hoge gronden zijn omschreven in par. III.5.3. (zie ook fig. 9).

Figuur 9.

De bovenstaande keuze wordt als volgt gemotiveerd:

— Op de lage gronden is infiltratie in eerste instantie de aangewezen wijze van watervoorziening. De gronden zijn nagenoeg horizontaal gelegen en er is een intensief slotenstelsel aanwezig. Uit onderzoekingen is gebleken dat op deze wijze ca. 1,5 mm water per dag aan het gewas kan worden verstrekt (zie ook par. III.5.5. sub g). In droge jaren, wanneer de vochttekorten meer dan 60 mm per maand kunnen bedragen, is deze aanvoer onvoldoende.
  Aanvullende beregening is dan noodzakelijk indien een optimale watervoorziening wordt nagestreefd.
— Op de middelhoge en de hoge gronden moet het vochttekort door middel van beregening worden gedekt. Infiltratie wordt op deze gronden niet wenselijk geacht. De volgende overwegingen liggen hieraan ten grondslag.
  — infiltratie verlangt een nagenoeg horizontale maaiveldsligging. Door het onregelmatige reliëf van de hogere gronden zijn dus omvangrijke egalisatiewerken nodig (hoge kosten, verstoring natuurlijk landschap etc.)
  — voor de instelling en instandhouding van het gewenste grondwaterniveau moet de afstand tussen de leidingen klein zijn. Kan bij beregening met een afstand tussen de leidingen van ± 600 m worden volstaan, bij infiltratie bedraagt de gewenste afstand minder dan 100 m.
    Dit betekent dat een groot aantal leidingen moet worden gegraven (oppervlakteverlies,

perceelsverkleining, aantasting landschap, hoge kosten).
- infiltratie op de hogere gronden gaat gepaard met grote wegzijgingsverliezen.

IV.3. Tuinbouw

Voor de berekening van de waterbehoefte van de tuinbouw in Drenthe is onderscheid gemaakt tussen vollegronds-tuinbouw en tuinbouw onder glas.

IV.3.1. Tuinbouw in de volle grond

Onder tuinbouw in de volle grond wordt hier verstaan het totale areaal aan extensieve en intensieve groenteteelt plus de boomteelt en het kleine fruit met een gezamenlijke oppervlakte van ca 700 ha.
Ter vereenvoudiging van de waterbehoefteberekeningen is voor deze tuinbouwgronden aangenomen dat de potentiële vochtbehoefte nagenoeg gelijk is aan de vochtbehoefte van grasland. Opgemerkt dient te worden dat de aktuele (= werkelijke) behoefte van de tuinbouwgronden groter is dan die van de graslandgronden omdat het percentage beregening op de tuinbouwgronden veel groter is dan op grasland. Hiermede wordt bij de berekening van de totale aktuele vochtbehoefte rekening gehouden.

IV.3.2. Tuinbouw onder glas

In 1975 bedroeg de oppervlakte tuinbouw onder glas 88 ha. Dit areaal wordt waarschijnlijk binnen enkele jaren uitgebreid met ca 95 ha (Klazienaveen II: 65 ha; Weiteveen: 30 ha). Dit brengt het totale kassenareaal op ca 180 ha. Het overgrote deel hiervan is gelegen in het gebied ten zuiden van Emmen en wel ± 100 ha in het waterschap De Veenmarken nabij Klazienaveen en ± 80 ha in het waterschap Bargerbeek bij Erica en Weiteveen.
De tuinbouw onder glas neemt uit een oogpunt van watervoorziening een aparte plaats in. In eerste instantie is een grote hoeveelheid water nodig ter kompensatie van de verdamping van het gewas en in de tweede plaats is water nodig voor de doorspoeling van de bodem om ophoping van zouten tegen te gaan. Beide faktoren worden hieronder kort behandeld.

- *Verdamping*
  De verdamping in de kassen loopt, afhankelijk van de lichtintensiteit, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid, uiteen van 4 mm/dag tot 7 mm/dag. Vooral de lichtintensiteit is van invloed op de hoogte van de verdamping. De straling bereikt zijn grootste intensiteit in de maanden mei, juni en juli. Op basis van de waargenomen lichtintensiteiten (ontleend aan maandelijkse overzichten van het K.N.M.I.) zijn de volgende gemiddelde waarden voor de verdamping aangenomen:
  — 6 mm/dag in de maanden mei, juni en juli
  — 5 mm/dag in de maanden april, augustus en september.
  De overige maanden worden hier buiten beschouwing gelaten. In deze maanden levert de watervoorziening namelijk zelden problemen op.
- *Doorspoeling*
  Als gevolg van de intensieve bemesting en het ontbreken van de natuurlijke neerslag onder glas moet extra water worden verstrekt om de overtollige zouten in de grond uit te spoelen. De doorspoeling komt doorgaans tot stand doordat, tussen de teelt van 2 gewassen, in één keer een grote hoeveelheid water wordt verstrekt. Exakte gegevens over de totale oppervlakte die jaarlijks wordt doorgespoeld en de hiervoor benodigde hoeveelheid water zijn niet bekend. Onderzoekingen hebben aangetoond dat ca 10 % van het areaal tegelijkertijd per week wordt doorgespoeld met 250 mm of 2500 m^3/ha. Dit betekent dat voor de doorspoeling van het gehele areaal maximaal 25 mm/week (= 10 % van 250 mm) oftewel ± 3,5 mm/dag moet worden aangevoerd (lit. 33).

Kombinatie van de behoeften voor beide doeleinden betekent dat de maximale aanvoerkapaciteit voor de glastuinbouw 6 + 3,5 = 9,5 mm/dag bedraagt. Deze waarde is van belang voor de wateraanvoervoorzieningen in en naar het kassengebied. In verband met de aanvoerbehoefte van geheel zuid-oost Drenthe, waarvan het kassenareaal slechts een klein gedeelte uitmaakt, dient te worden opgemerkt dat het doorspoelingswater slechts wordt gebruikt en niet wordt verbruikt. Na doorspoeling van de grond komt dit water namelijk, via drainageleidingen op het oppervlaktewater van de afvoerleidingen. Ondanks het feit dat het zoutgehalte van dit water iets is toegenomen blijft het voor de watervoorziening in de landbouw goed bruikbaar. Door menging met het overige oppervlaktewater zal het zoutgehalte nog afnemen. Om nu dubbeltellingen in de totale aanvoerbehoefte te voorkomen wordt bij de verdere berekeningen de waterbehoefte voor doorspoeling niet meegeteld.

Bovenstaande beschouwing resulteert in de volgende aanvoernormen voor de tuinbouw onder glas in de periode april t/m september:
Aanvoerkapaciteit:
6 mm/dag in de maanden mei, juni en juli
5 mm/dag in de maanden april, augustus en september.
Totale aanvoerbehoefte: 6 × 90 + 5 × 90 = 990 mm.

Omrekening van deze normen naar m^3 kan plaatsvinden door vermenigvuldiging met de totale oppervlakte aan kassen. Tabel 7 geeft hiervan een overzicht in $10^6 m^3$.

Tabel 7

	Bargerbeek 80 ha	**De Veenmarken 100 ha**	**Totaal 180 ha**
vochtbehoefte in mei, juni, juli 6 mm/dag	0,144 per maand	0,180 per maand	0,324 per maand
vochtbehoefte in april, aug., sept. 5 mm/dag	0,120 per maand	0,150 per maand	0,270 per maand
totale behoefte april t/m september	0,792	0,990	1,782

Waterbehoefte voor veedrenking

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Waterbehoefte in m^3*		
				per dag	*per maand*	*in de periode apr. t/m sept.*
I	Veengronden					
	— met kwel	grasland	4.300	430	12.900	77.400
	— zonder kwel	grasland	4.300	430	12.900	77.400
II	Veenkoloniale gronden					
	— zand	bouwland	9.700			
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700			
	— >30 cm veen	bouwland	17.400			
	— >30 cm veen	grasland	16.400	1.640	49.200	295.200
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.					
	— laag zand	grasland	10.500	1.050	31.500	189.000
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	680	20.400	122.400
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	810	24.300	145.800
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	1.220	36.600	219.600
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600			
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700			
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100			
IV	Venige beekdalgronden					
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	2.270	68.100	408.600
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	1.140	34.200	205.200
	— moerige gronden	grasland	6.400	640	19.200	115.200
	— moerige gronden	bouwland	5.000			
V	Middelhoge zandgronden					
	— podzolgronden	grasland	5.800	580	17.400	104.400
	— podzolgronden	bouwland	3.400			
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000			
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	400	12.000	72.000
		bouwland	12.700			
	Totaal		203.200	11.290	338.700	2.032.200

Tabel 8

IV.4. Veedrenking

Gedurende droge perioden levert de drinkwatervoorziening voor het vee in veel gebieden in Drenthe problemen op. Dit geldt vooral voor de gebieden, waar onder normale omstandigheden gedurende het gehele seizoen water in de sloten aanwezig is, doch waar in droge zomers deze sloten droogvallen.
De hoeveelheid oppervlaktewater die nodig is om de gehele veestapel van water te voorzien wordt hieronder globaal benaderd. Een gedetailleerde aanpak wordt in het kader van deze studie niet nodig geacht. Ten opzichte van de totale waterbehoefte is die van het vee namelijk een geringe hoeveelheid.
De volgende uitgangspunten liggen aan de berekening ten grondslag:

— Het gemiddelde veebestand bedraagt ca. 2 grootvee-eenheden (g.v.e.) per ha grasland.
— De vochtopname per g.v.e. per dag is 70 tot 100 l. Hiervan wordt een gedeelte met het gras e.d. opgenomen en een gedeelte wordt betrokken van waterleidingbedrijven.
Verder komt een gedeelte van het genuttigde vocht direkt of indirekt weer beschikbaar.

Als norm bij de berekeningen is een verbruik van 50 l per g.v.e. per dag aangehouden.

Konklusie:
— waterbehoefte per ha per dag:
$2 \times 50 = 100$ l.
— waterbehoefte per ha per maand:
$30 \times 100 = 3.000$ l.
— waterbehoefte per ha per groeiseizoen:
$6 \times 3.000 = 18.000$ l.

De resultaten, uitgesplitst per hydrologische bodemgroep, zijn weergegeven in tabel 8. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende droogteklassejaren.

IV.5. Ziekte- en onkruidbestrijding

Ten behoeve van de bestrijding van ziekten bij landbouwgewassen, voor de verdelging van onkruiden alsmede voor het doodspuiten van het te oogsten aardappelgewas wordt water gebruikt in relatief beperkte hoeveelheden. De totale behoefte per groeiseizoen bedraagt 126.560 m^3 (= $0{,}127 \times 10^6 m^3$).

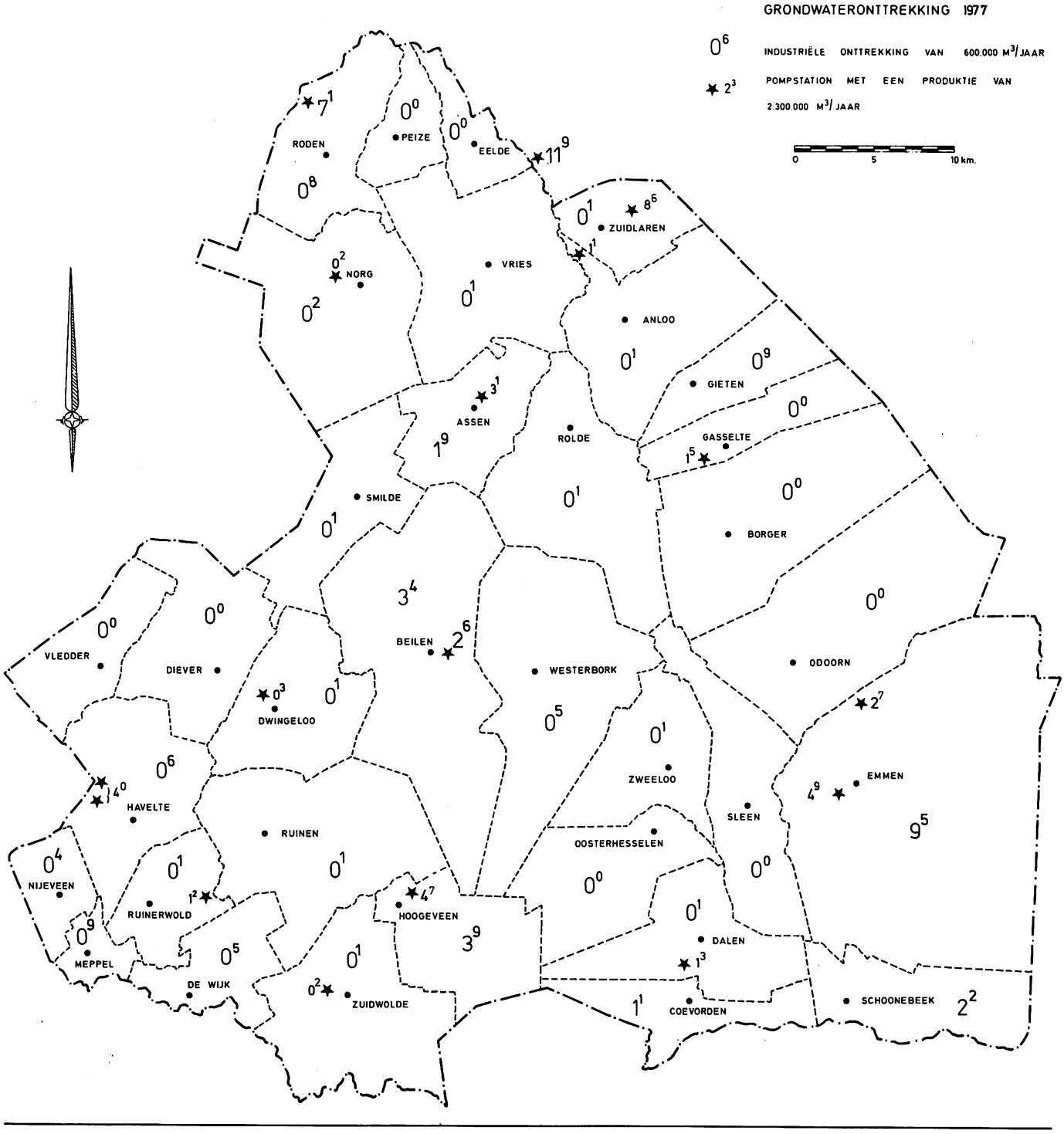
IV.6. Drink- en industriewatervoorziening

Het water, benodigd voor drink- en industriewatervoorziening wordt nagenoeg geheel onttrokken aan het grondwater.
Grondwateronttrekkingen ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening vallen onder de grondwaterwet waterleidingbedrijven. De minister van volksgezondheid en milieuhygiëne geeft voor deze

onttrekkingen vergunningen af. Alle overige grondwateronttrekkingen van enige importantie (kapaciteit groter dan 20 m^3/uur) vallen onder de provinciale grondwaterverordening. Hiervoor geeft het provinciaal bestuur vergunningen af.
Na het van kracht worden van de nieuwe grondwaterwet wordt het grondwaterbeheer in eerste instantie geheel bij het provinciaal bestuur gelegd. De wet verplicht de provincie ten behoeve van dit beheer binnen 3 jaar na het van kracht worden van de wet, een grondwaterplan op te stellen. In dit plan zullen indikaties gegeven worden waar en hoeveel water op de verschillende plaatsen in de provincie nog gewonnen kan worden.
Daarnaast is men bezig, zoals aangekondigd in het struktuurschema drink- en industriewatervoorziening 1972, met het maken van een 10-jarenplan voor de openbare drinkwatervoorziening. Dit plan zal de programmering omvatten van studie, besluitvorming, procedures en uitvoering van projekten tot winning, opslag en transport van water voor de openbare drinkwatervoorziening van Nederland.
Aan het thans in voorbereiding zijnde plan voor de regio Noord (Groningen, Friesland en Drenthe) zijn de gegevens van tabel 9 ontleend.
Het verloop van de eigen grondwaterwinning van de industrie in Drenthe is als volgt:

1969	35,8x10^{6}m^3		
1970	34,6x10^{6}m^3	1974	24,6x10^{6}m^3
1971	33,4x10^{6}m^3	1975	21,1x10^{6}m^3
1972	30,1x10^{6}m^3	1976	20,3x10^{6}m^3
1973	27,7x10^{6}m^3	1977	16,7x10^{6}m^3

Kaart 3.



naam pompstation	waterleiding-bedrijf	kapaciteit in 10^6 m^3 huidig	1990	afgeleverd in 1977 in 10^6 m^3	levert af in
Nietap	WAPROG	8,5	15	7,9	Gron. Dr. (in '74 1,8; in '90 3)
De Groeve	WAPROG	10	12	8,6	Gron.
De Punt gr. water	GWG	13	13	7,4	Gron.
opp. water		8	8	4,7	
Zuidlaren	WMD	1,2	1,6	1,1	Dr.
Norg	WMD	0,4	0	0,2	Dr.
Zeijerveld	WMD	0	2,5	—	Dr.
Assen	WMD	4,7	4,7	3,1	Dr.
Gasselte	WMD	2,2	2,6	1,5	Dr.
Beilen	WMD	2,7	5	3,0	Dr.
Leggeloo	WMD	0,5	1	0,4	Dr.
Ruinerwold	WMD	1,8	2,8	1,3	Dr.
Zuidwolde	WMD	0,4	1	0,2	Dr.
Valtherbos	WMD	4,5	8,4	4,0	Dr.
Noordbargeres	WMD	5	5	4,2	Dr.
Zweeloo	WMD	0	1,2	—	Dr.
De Loo	Coevorden	1,9	2,5	1,6	Dr.
Hoogeveen	Hoogeveen	5	8	4,6	Dr.
Havelterberg	WMO	5	6,2	2,7	Ov.
Havelte				1,8	Dr.
Totaal		74,8	100,5	56,3	

Tabel 9

Het blijkt dat de door de industrie gewonnen hoeveelheid grondwater gestaag terugloopt. Een verklaring hiervoor is het aanpassen van het waterverbruik in de industrie aan de zuiveringsheffing en de provinciale grondwaterverordening. Deze aanpassing vergt vaak vele jaren en is waarschijnlijk ook nu nog niet geheel gerealiseerd. Bij het afnemen van het verbruik gedurende de laatste jaren, speelt waarschijnlijk ook de teruglopende konjunktuur een rol.
De grondwateronttrekking in Drenthe in 1977 per gemeente is aangegeven op kaart 3.
Het gewonnen grondwater moet, wil de voorraad op peil blijven, worden aangevuld. Deze aanvulling heeft grotendeels op natuurlijke wijze plaats door voeding met van de neerslag afkomstig water. In het lage gebied nabij de Groeve, waar waterwinning plaats heeft, tracht men door infiltratie de grondwaterstand op peil te houden.
Door grondwateronttrekking vindt verlaging van het grondwaterpeil plaats, waardoor minder water ter beschikking staat van de gewassen. De zogenaamde bodemvochtleverantie wordt kleiner. Daar staat tegenover dat een groot deel van het gewonnen water, voorzover dat niet buiten de provincie Drenthe wordt gebruikt, weer op het oppervlaktewater terecht komt via de lozingspunten. Vooralsnog is er vanuit gegaan dat deze twee posten elkaar in evenwicht houden, zodat geen aanvullende watertoevoer voor dit doel nodig is.

IV.7. Scheepvaart

IV.7.1. Algemeen

De scheepvaart in Drenthe maakt gebruikt van de onderstaande kanalen:
- Meppelerdiep
- Drentsche Hoofdvaart
- Witte Wijk
- Noord Willemskanaal
- Hoogeveensche Vaart en Verlengde Hoogeveensche Vaart
- Stieltjeskanaal
- kanaal Coevorden-Zwinderen (tijdelijk gestremd)
- Bladderswijk en Enkalonkanaal
- Coevorden-Vechtkanaal
- Dommerskanaal.

Op kaart 1 zijn deze kanalen, alsmede de kanalen die inmiddels voor de scheepvaart zijn gesloten aangegeven.
Alle sluizen zijn vermeld, alsmede de peilen t.o.v. N.A.P. van de verschillende kanaalpanden. Bovendien zijn in figuur 10 de kanaalpanden schematisch weergegeven en is de kolkinhoud van de sluizen bijgeschreven. In staatvorm is het aantal schuttingen op de Drentsche Hoofdvaart over gehele jaren en op de Hoogeveensche Vaart over gedeelten van jaren aangegeven, alsmede een gedetailleerd uittreksel voor de Dieversluis over het jaar 1975.
De waterverliezen uit de kanalen, welke dienen te worden aangevuld om het gewenste kanaalpeil te handhaven, zijn te splitsen in vier groepen:
1. schutverliezen
2. verdampingsverliezen
3. wegzijgingsverliezen
4. lekverliezen

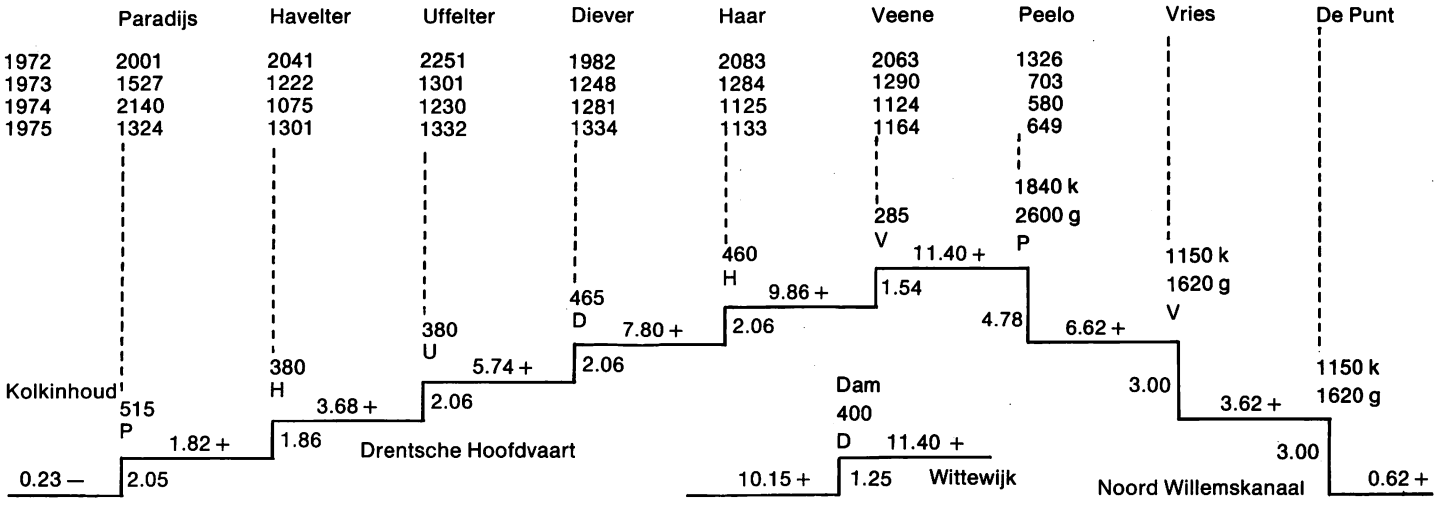
Achtereenvolgens worden de verliesgevende faktoren hieronder nader bekeken.

IV.7.2. Schutverliezen

Indien de provincie Drenthe in zijn geheel in beschouwing wordt genomen kan het totale schutverlies worden berekend als de som van de schutverliezen van alle uitgaande sluizen. Met uitgaande sluizen worden hier bedoeld de sluizen waarvan het schutwater de provincie verlaat.
Het zijn de volgende zes sluizen:
- Paradijssluis, Damsluis, Sluis De Punt, Stieltjeskanaalsluis, sluis I in het kanaal Coevorden-Zwinderen en de Rogatsluis.

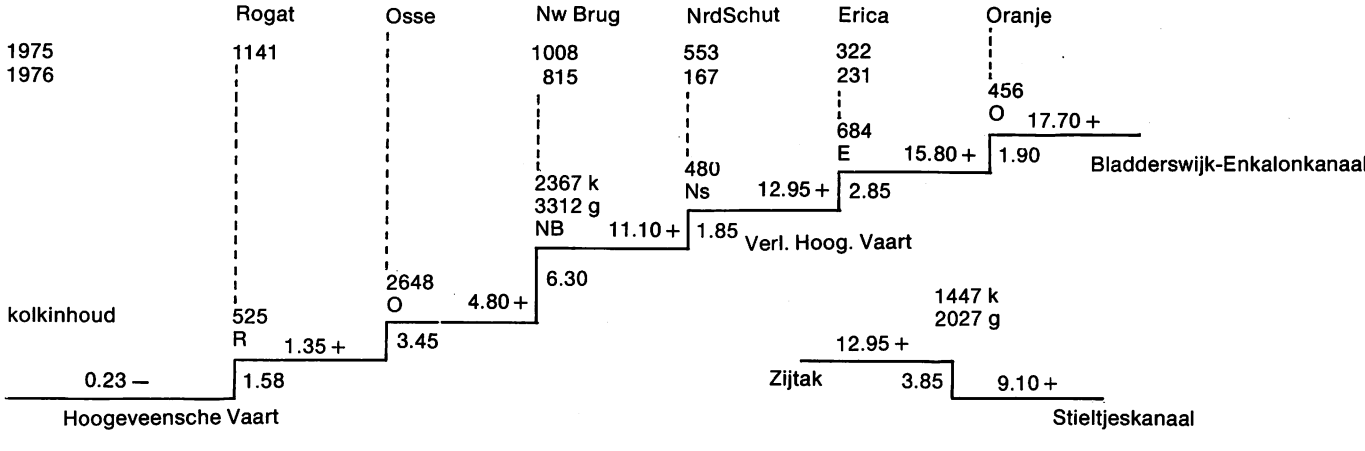
De faktoren die verder het schutverlies bepalen zijn de kolkinhoud van de sluizen en het aantal schuttingen. De totale kolkinhoud van de bovengenoemde sluizen bedraagt 515 + 400 + 1150 + 1447 + 450 + 1500 = ca 5500 m^3. Het aantal schuttingen is geschat aan de hand van tellingen in de afgelopen jaren bij de Dieversluis. Uit de tellingen blijkt dat, ten

Drentsche Hoofdvaart: totaal aantal schuttingen



Hoogeveensche Vaart: totaal aantal schuttingen **april t/m september**

k = kleine kolk
g = grote kolk



Dieversluis 1975

	1	2	3	4	5	6
jan.	34	—	34	29	29	—
febr.	33	1	34	27	26	1
mrt.	44	7	51	38	33	5
apr.	34	9	43	33	26	7
mei	37	37	74	54	27	27
juni	41	183	224	173	32	141
juli	44	1074	1118	595	23	572
aug.	68	246	314	189	41	148
sept.	66	49	115	79	45	34
okt.	67	17	84	59	47	12
nov.	43	9	52	37	31	6
dec.	28	—	28	21	21	—
totaal	539	1632	2171	1334	381	953

1. vrachtschepen
2. pleziervaartuigen
3. totaal aantal vaartuigen
4. totaal aantal schuttingen
5. aantal schuttingen t.b.v. vrachtvaart
6. aantal schuttingen t.b.v. pleziervaart

Figuur 10.

opzichte van 1975, het jaar 1977 een toename van het aantal schuttingen te zien geeft van ca 25 %. Geschat wordt dat dit aantal in de toekomst nogmaals met ca 25% zal toenemen.

	aantal schuttingen Dieversluis		
	1975	*1977*	*toekomst-prognose*
april	33	41	50
mei	54	69	85
juni	173	286	360
juli	595	729	910
augustus	189	—	390
september	79	—	150

Tabel 10

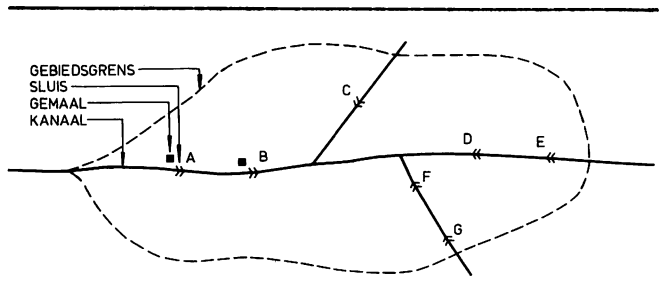
Deze aanname levert het aantal schuttingen zoals vermeld in de laatste kolom van tabel 10. Opgemerkt moet worden dat het aantal schuttingen, dat in de zomermaanden grotendeels bepaald wordt door de rekreatievaart, bij de Dieversluis doorgaans hoger is dan bij de sluizen in de Witte Wijk, het Noord Willemskanaal, het Stieltjeskanaal, het kanaal Coevorden-Zwinderen en de Hoogeveensche Vaart. Dit betekent dat, uitgaande van de Dieversluistellingen, de schutverliezen ruim worden berekend.
Omdat in perioden van waterschaarste de opgaande en de afgaande schepen beurtelings worden geschut, gaat er per twee schuttingen één schutkolk water verloren. Dit betekent dat het aantal schuttingen in de bovenstaande tabel moet worden gehalveerd om te komen tot het aantal kolken water dat verloren gaat. Met de vermelde gegevens is nu het schutverlies per maand te berekenen. Als voorbeeld wordt het schutverlies voor de maand april berekend:
gegeven - totale kolkinhoud: 5.500m^3
prognose van het aantal schuttingen: 50
totaal schutverlies: ½ × 50 × 5.500 = 137.500 m^3

	Gesommeerde schutverliezen van de zes uitgaande sluizen in 10^6m^3
april	0,138
mei	0,234
juni	0,990
juli	2,503
augustus	1,073
september	+0,413
totaal	5,351

Tabel 11

In tabel 11 zijn de maandelijks te verwachten schutverliezen vermeld. De verliezen uit tabel 11 zijn de hoeveelheden die van buiten de provincie moeten worden aangevoerd. Voor de bepaling van de hoeveelheden, welke door de afzonderlijke gemalen moeten worden opgepompt, is van belang langs welk circuit het aan te voeren water door de provincie zal worden gepompt. Per gemaal moet worden bekeken ten behoeve van welk gedeelte van het circuit zal worden gepompt. Het zijn nu de schutverliezen van de eindsluizen waarmede bij de bepaling van de kapaciteit van de gemalen rekening moet worden gehouden.

Ter verduidelijking geeft figuur 11 een schematisch voorbeeld.
In deze figuur is een gebied aangegeven dat door middel van een kanalenstelsel en de gemalen bij de sluizen A en B van water wordt voorzien. De schut-



Figuur 11.

verliezen die de gemalen A en B respektievelijk moeten kompenseren zijn:
— Gemaal A: schutverliezen van (sluis A + sluis C + sluis E + sluis G)
— Gemaal B: schutverliezen van (sluis B + sluis C en sluis E + sluis G)

IV.7.3. Verdampingsverliezen

De verdampingsverliezen van het oppervlaktewater worden behandeld in par. IV.16. In deze paragraaf is voor verschillende droogteklassejaren het waterverlies per ha open water bepaald. De scheepvaartkanalen vormen een onderdeel van de totale oppervlakte open water en beslaan een areaal van ca 500 ha (250 km lang; 20 m breed). De verdampingsverliezen in de kanalen zijn vastgesteld met behulp van de cijfers uit par. IV.16 en weergegeven in tabel 12.

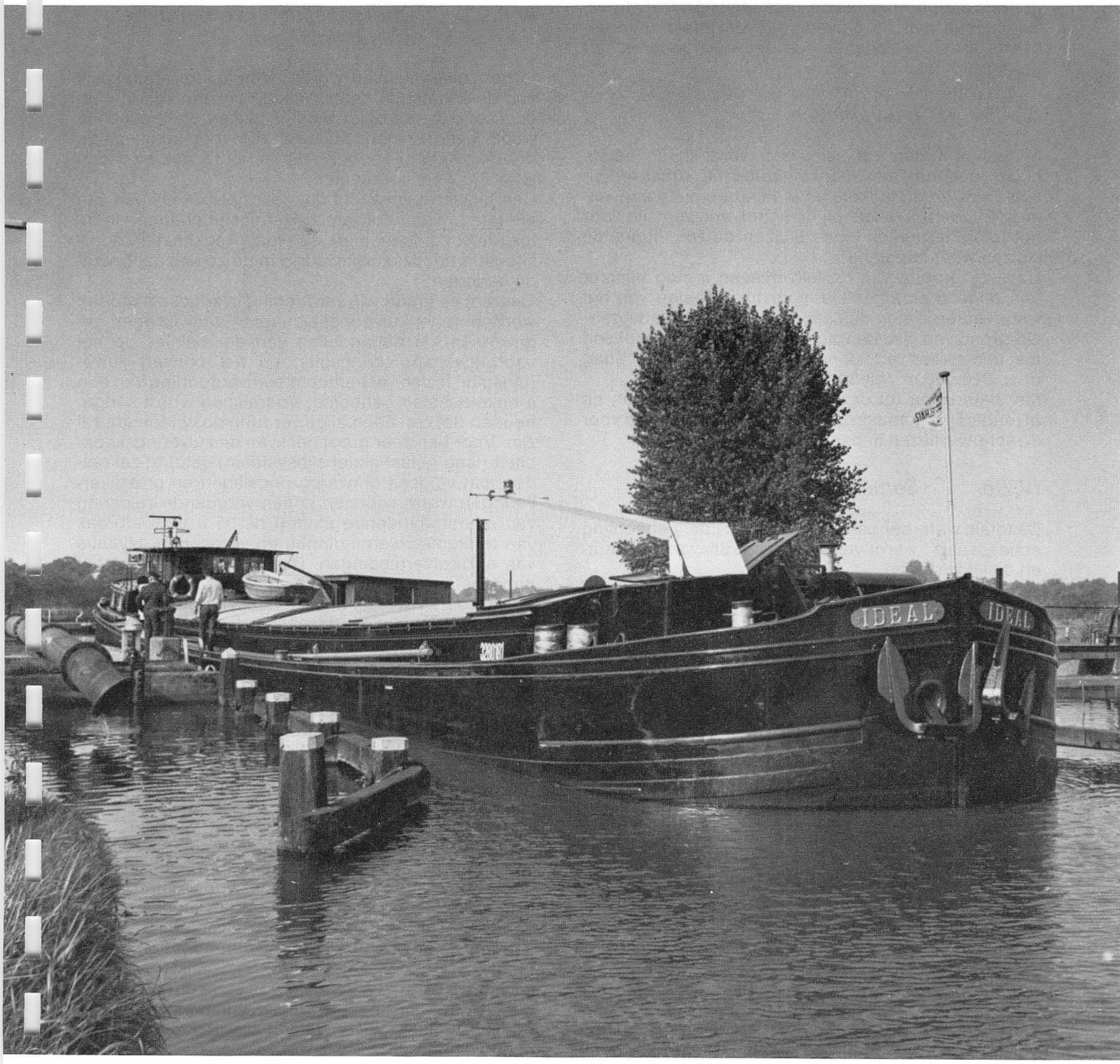
Om te voorkomen dat de verliezen bij de eindoptelling tweemaal worden meegerekend zijn in deze paragraaf de verdampingsverliezen verder niet meegerekend. Tabel 12 is hier slechts volledigheidshalve toegevoegd.

	1976	*10%-droog jaar*	*20%-droog jaar*	*50%-droog jaar*
Totaal verdampingsoverschot in mm	413	275	228	165
Idem in 10^6 m^3	2,07	1,38	1,14	0,83
Verdampingsoverschot in de droogste maand in mm	106	77	73	79
idem in 10^6 m^3	0,53	0,38	0,36	0,39
idem in mm/dag	3,5	2,6	2,4	2,6
idem in m^3/min	12,3	8,8	8,3	9,0
idem in m^3/s	0,20	0,15	0,13	0,15

Tabel 12

IV.7.4. Wegzijging

Wanneer het water in een kanaal hoger staat dan het grondwaterniveau in de omgeving, treedt wegzijging op vanuit het kanaal naar de ondergrond. De omvang van deze wegzijging, ook wel negatieve kwel genoemd, is afhankelijk van het hoogteverschil tussen kanaalpeil en grondwaterspiegel (= potentiaalverschil), van de opbouw en de samenstelling van de grond en van de dichtheid van de kanaalwand. Het potentiaalverschil kan zowel positief als negatief zijn. Dit betekent dat naast wegzijging (negatieve kwel) ook toestroming (positieve kwel) kan voorkomen. Hoewel in het verleden wel enkele proeven met kwelmeters zijn gedaan is de grootte van de kwel op de Drentse kanalen nooit bevredigend vastgesteld. Een globale waterbalans, opgesteld voor het 7e pand van


IDEAL
IDEAL

de Hoogeveensche Vaart doet veronderstellen dat de wegzijging vrij groot is. Ook de toestroming kan plaatselijk hoge waarden hebben. Het toestromende water levert enerzijds een verliespost, grondwaterstandsdaling, en anderzijds een winstpost, voeding van het kanaal met water dat weer voor verschillende watervoorzieningsdoeleinden kan worden gebruikt. Het wegzijgende water levert enerzijds een verliespost, peilverlaging op het kanaal, en anderzijds een winstpost, voeding van het grondwater.
Het geheel kan worden opgevat als een circulatiestroming binnen de provincie en is als zodanig niet van invloed op de hoeveelheid water, die van buiten de provincie moet worden aangevoerd. Voor de dimensionering van de gemalen binnen de provincie moeten de kanaalpanden wel afzonderlijk worden bekeken. Het is mogelijk dat in bepaalde gevallen een geringe aanpassing van de kapaciteit noodzakelijk is. Vergeleken met de omvang van de totale waterbehoefte zijn de betreffende hoeveelheden water echter gering.

IV.7.5. Lekverliezen

Bij het optreden van lekkages wordt in de eerste plaats gedacht aan mankementen bij kunstwerken zoals sluizen en duikers en in mindere mate aan lekkende kaden. Evenals bij de schutverliezen zijn voor het totale lekverlies bij de sluizen de zes uitgaande sluizen weer bepalend.
Naar de grootte van de lekverliezen is nog nimmer een onderzoek ingesteld; voor het bepalen van het waterverlies is men dus aangewezen op schattingen.
Op grond van visuele waarnemingen wordt gerekend met een verlies van 0,2 m^3/s d.w.z. ± 17.000 m^3/dag of ± 518.000 m^3/maand.
Met betrekking tot de kapaciteitsberekening van de afzonderlijke gemalen geldt hetzelfde als gesteld voor de schutverliezen in par. IV.7.2.

IV.7.6. Samenvatting

De totale waterbehoefte voor de post „peilbeheersing scheepvaart" wordt verkregen als som van de schuten de lekverliezen.
Het resultaat is vermeld in tabel 13. Uit deze tabel blijkt o.a. dat het grootste waterverlies optreedt in de maand juli:
— totaal 3.020.900 m^3 (= 3,021 × $10^6 m^3$).
— dit is 100.700 m^3/dag, 70 m^3/min of 1,2 m^3/s.

Waterverliezen in scheepvaartkanalen in 10^6 m^3

	april	*mei*	*juni*	*juli*	*aug.*	*sept.*	*totaal*
schutverliezen	0,138	0,234	0,990	2,503	1,073	0,413	5,351
lekverliezen	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518	3,108
totaal	0,656	0,752	1,508	3,021	1,591	0,931	8,459

Tabel 13

IV.8. Doorspoeling

IV.8.1. Algemeen

De doorspoeling van oppervlaktewater met het oogmerk een bepaalde kwaliteit te handhaven of te bereiken, behoort tot het kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater dat in Drenthe is opgedragen aan het zuiveringsschap Drenthe. Dit schap dient haar doelstellingen op het gebied van de waterkwaliteit volgens de geldende voorschriften vast te leggen in een 5-jarenplan. Het eerste 5-jarenplan is door gedeputeerde staten van Drenthe vastgesteld bij besluit d.d. 31 augustus 1976 en als zuiveringsplan Drenthe d.d. januari 1977 door het zuiveringsschap gepubliceerd. In het navolgende zal dit plan als zuiveringsplan worden aangeduid.
Doorspoeling komt in het zuiveringsplan op diverse plaatsen aan de orde met name ten aanzien van effluentlozingen van rioolwaterzuiveringsinstallaties en regenoverstorten uit rioolstelsels. Hiernaast komt in de praktijk ook nog doorspoeling voor wegens een lozing van verzilt afvalwater.
De verschillende soorten doorspoeling worden in het navolgende besproken.

IV.8.2. Doorspoeling in verband met effluentlozingen

In het zuiveringsplan wordt vermeld, dat afhankelijk van de situatie en de praktische omstandigheden in de naaste toekomst zal moeten blijken, wanneer en in welke mate er noodzaak zal zijn voor kunstmatige doorspoeling in perioden die in hoofdzaak bij droog en warm weer voorkomen.
Daarbij wordt verwacht dat naarmate de invloed van effluenten van rioolwaterzuiveringsinrichtingen in de toekomst zal toenemen, een meer regelmatige doorspoeling noodzakelijk zal zijn in de zojuist aangeduide perioden.
Omtrent de graad van verdunning in kritieke perioden worden in het zuiveringsplan geen aanwijzingen gegeven. Bij de behandeling van de reakties op het voorontwerp-zuiveringsplan en het ontwerp-zuiveringsplan is voor het effluent een verdunning van één à enkele malen genoemd. Vooralsnog wordt aangehouden dat een éénmalige verdunning voldoende zal zijn. Voor een zeer groot deel van de zuiveringskapaciteit (laag belast aktief slibsysteem) geldt of zal gelden, dat volgens ontwerpgrondslagen en praktijkervaringen wordt voorzien in een vergaande zuivering van zuurstofbindende stoffen nl. 95 à 98% afbraak van de koolstofverbindingen en vergaande oxydatie van stikstofverbindingen. Daarbij geldt nog dat het gunstigste zuiveringsresultaat wordt verkregen bij warm weer. Voor het andere deel van de zuiveringskapaciteit (oxydatiebedden) zal de restvervuiling in de effluenten bij warm weer de zojuist genoemde zuiveringsrendementen ook vrij dicht kunnen benaderen.
Ook in verband met de mogelijkheid om wellicht door tijdelijke maatregelen in kritieke perioden een tijdelijke verbetering van het zuiveringsrendement te krijgen, lijkt het niet gewenst om hier te rekenen op noodzaak tot een meer dan éénmalige verdunning van het effluent.

Ten aanzien van de waterhoeveelheid voor doorspoeling wordt opgemerkt dat bij grote watervraag in droge perioden de wateraanvoer voor andere doeleinden in veel gevallen voldoende of meer dan voldoende zal zijn voor de verdunning van effluenten. In perioden met werkelijk grote waterbehoeften zal de totale waterhoeveelheid niet of nauwelijks behoeven te vermeerderen ten behoeve van extra doorspoeling. Water, dat voor doorspoeling/verdunning wordt gebruikt, is namelijk weer volledig bruikbaar voor andere doeleinden.

Voorts is een veelvoudig gebruik van doorspoelingswater het geval, omdat de belasting door een bepaalde effluentlozing reeds is verwerkt, voordat hetzelfde water met een nieuwe effluentlozing wordt belast. Geacht mag worden dat er bij een éénmalige verdunning van effluent globaal na 5 dagen geen invloed meer aanwezig is en bij een tienvoudige verdunning na één dag de volgende effluentlozing kan plaatshebben.
Uitgaande van een éénmalige verdunning van het effluent betekent dit, dat per dag ca 75.000 m^3 water wordt gebruikt voor doorspoeling. Dit is $2{,}25 \times 10^6 m^3$ per maand. Het aantal maanden dat hiertoe gedurende de zomer water, van buiten de provincie, moet worden aangevoerd is verschillend al naar gelang de mate van droogte. Globaal kan worden gesteld dat in droge zomers gedurende 4 maanden en in gemiddelde zomers gedurende 2 maanden wateraanvoer noodzakelijk is. In natte zomers is de eigen afvoer toereikend.

IV.8.3. Doorspoeling i.v.m. regenwateroverstorten uit rioolstelsels

In het zuiveringsplan wordt aangesloten op de bestaande situatie waarbij de rioleringen in Drenthe overwegend worden aangelegd volgens het gemengde stelsel, waarbij afvalwater en regenwater via hetzelfde buizenstelsel worden afgevoerd. Bij zeer hevige regenval treden bij dit gemengde stelsel de regenwateroverstorten in werking waarbij verdund rioolwater wordt geloosd op naburige watergangen of vijvers. Voor Drenthe is het nodig de overstortfrekwentie laag te houden en te beperken tot maximaal gemiddeld 6 × per jaar.
Noodzakelijke aanpassing van rioolstelsels in verband met de overstortfrekwentie en de situering van overstorten is ook aangegeven in het zuiveringsplan.
In het zuiveringsplan wordt verder het volgende vermeld ten aanzien van doorspoeling voor regenwateroverstorten uit rioolstelsels:
"Voorts is doorspoeling gewenst voor wateren, waarop overstortingen van gemengde rioolstelsels plaatshebben. Het beleid van de kwantiteits- en de kwaliteitsbeheerder van het oppervlaktewater zal in onderling overleg in toenemende mate moeten worden afgestemd op een doorspoeling als hier bedoeld. Bij de toewijzing van oppervlaktewater in de toekomst aan de diverse belangen zal met dit aspekt rekening moeten worden gehouden".

Een meer konkrete uitwerking is op dit punt thans niet mogelijk. Bij de behandeling van de reakties op het voor-ontwerp zuiveringsplan en het ontwerp-zuiveringsplan is de doorspoeling ten behoeve van regenoverstorten ook aan de orde geweest.
Er moet in dit verband vooral worden gedacht aan de grotere woongebieden, waar in veel gevallen waterstaatkundig nauwelijks doorspoeling valt te realiseren en andere oplossingen gewenst kunnen zijn. Voorts treden de overstorten in werking als er 10 à 15 mm regen is gevallen zodat de behoeften voor andere doeleinden zoals landbouw tijdelijk wat minder zullen kunnen zijn.
Evenals bij de doorspoeling voor effluentlozingen wordt het water bij doorspoeling voor regenoverstorten niet verbruikt; het kan dus elders weer ten nutte worden aangewend.
Zolang er geen konkrete uitwerking mogelijk is, moet worden aangehouden dat de doorspoeling t.b.v. regenwateroverstorten geen aanleiding geeft tot extra behoefte aan water boven de behoefte die voor andere doeleinden in droge perioden bestaat.

IV.8.4. Doorspoeling i.v.m. zoutlozing

Door de lozing van sterk chloride-houdend afvalwater, dat overigens niet of nauwelijks is vervuild, wordt voor een bedrijf bij Klazienaveen doorspoeling toegepast. Daarbij wordt ± 6700 m^3/etm. vanuit de Verlengde Hoogeveensche Vaart via het Scholtenskanaal in noordelijke richting afgelaten.
Ook hier kan gelden dat het doorspoelingswater kan worden gebruikt voor andere doeleinden voorzover die geen schade ondervinden van het matige zoutgehalte. In een periode van grote waterbehoefte zal de zoutlozing geen extra water behoeven boven de vraag naar water voor andere doeleinden zoals b.v. landbouw.

IV.8.5. Konklusie

Het vorenstaande leidt tot de konklusie dat wel water wordt gebruikt, maar niet verbruikt en dat dus in deze studie voor dit doel geen aanvullende behoefte in rekening behoeft te worden gebracht.

IV.9. Natuurgebieden

IV.9.1. Algemeen

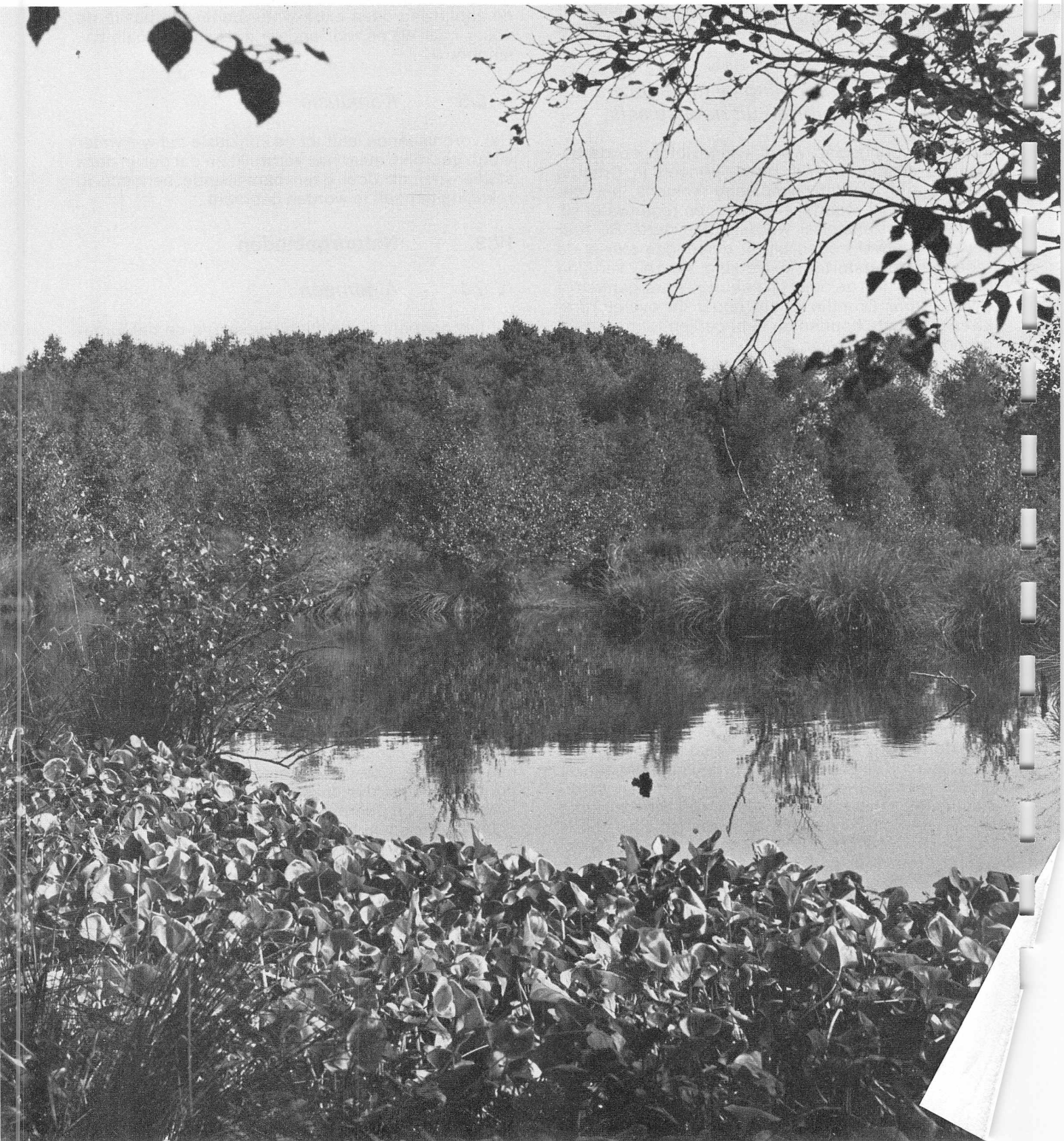
Uit het oogpunt van wateraanvoer zijn de natuurgebieden onder te verdelen in laag- en hooggelegen natuurgebieden. Hierbij wordt onder laag en hoog verstaan, de hoogteligging t.o.v. het grondwaterniveau.

Laaggelegen natuurterreinen:
a. riet en biezen: met riet en/of biezen begroeide gronden (153 ha)
b. drasland: drassige gronden eventueel begroeid met gras of heide (337 ha)

Hooggelegen natuurterreinen:
a. heide: gronden welke begroeid zijn met heide of buntgras; veenderijen worden eveneens tot deze rubriek gerekend (15.540 ha)
b. zandverstuivingen: niet begroeide zandgronden (219 ha)
c. bossen: gronden welke begroeid zijn met naald- en/of loofbomen (27.219 ha)

Globaal gesteld kunnen we zeggen dat de lage, van nature natte gebieden, de meeste aandacht verdienen i.v.m. de watervoorziening. De vochtminnende flora en fauna, die deze gebieden van oorsprong herbergen, zijn doorgaans erg gevoelig voor langdurige wijzigingen in de waterhuishouding.
De hoger gelegen gebieden waar het natuurlijk milieu altijd al aangewezen is geweest op het vocht in de hangwaterzône zullen in dit verband niet zulke hoge eisen stellen. Zoals in par. IV.9.3. nader is uitgewerkt worden slechts de lage gebieden in de berekening van de waterbehoefte opgenomen.

''Nat'' natuurgebied

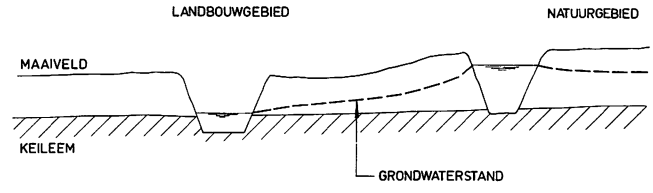


IV.9.2. *Enkele aspekten i.v.m. de waterhuishouding van natuurgebieden*

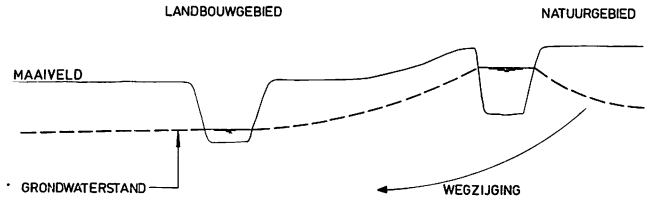
Door de ont- en afwateringswerken die de afgelopen decennia, voornamelijk t.b.v. de landbouw, zijn uitgevoerd, wordt de grondwaterspiegel in het algemeen beter beheerst. Deze beheersing van het grondwaterniveau in landbouwgebieden is vaak ook van invloed op het grondwaterpeil in aangrenzende natuurgebieden. Het inzicht betreffende het grondwaterbeheer in de landbouw is mogelijk door de droge weersomstandigheden in de afgelopen jaren, zodanig gewijzigd dat nu, via het beleid van de waterschappen, wordt getracht met een hoog grondwaterpeil het groeiseizoen te beginnen.
Het konserveren van het grondwater door een nauwgezet peilbeheer in de waterlopen heeft niet alleen een gunstig effekt op het waterpeil in de hoger gelegen natuurgebieden, maar ook de beekdalgronden, welke hun voedingswater voor een groot gedeelte ontvangen via de kwelstroming uit de hogere gebieden, kunnen op deze wijze langduriger profiteren. Ook in de beken zelf is een juist peilbeheer gewenst. Door handhaving van het beekpeil op een hoog niveau wordt een zekere drukhoogte bewaard, waardoor het grondwater in de omringende landerijen langzamer zal dalen.
Naast de waterkonservering zal in sommige gevallen kunstmatige wateraanvoer gewenst zijn. Zoals reeds vermeld is, wordt hierbij voornamelijk gedoeld op de laaggelegen natuurterreinen.
Bij al deze overwegingen zullen steeds de diverse belangen die bij de waterbeheersing een rol spelen tegen elkaar moeten worden afgewogen (o.a. landbouwbelangen, milieubelangen, rekreatiebelangen, enz.). Elke belangengroep stelt vaak zijn eigen, specifieke eisen betreffende wateraan- en afvoer en het grondwaterniveau.
Een tweetal voorbeelden moge het bovenstaande nader illustreren.

Het Reestdal
In verband met het probleem van de watervoorziening nemen de plannen voor het Reestdal een aparte plaats in binnen Drenthe. Voor een goede wateraf-voer uit landbouwkundig oogpunt is het nodig gebleken de Reest plaatselijk iets te verdiepen. Dit heeft echter tot gevolg dat het waterpeil in de Reest in het voorjaar sneller zal dalen hetgeen uit een oogpunt van natuurbeheer ongewenst is. Het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk streeft de instandhouding van de Reest als vrijstromend riviertje na met zodanige waterstanden, dat de laagste Reestoevers nog een drooglegging van 0,20 m hebben. Om dit te verwezenlijken is een wateraanvoerplan opgesteld.
Als uitgangspunt is hierbij aangenomen dat, indien de afvoer van de beek tot ⅛ deel van de maatgevende afvoer is gedaald, zoveel water wordt toegevoegd dat in de eerste plaats de peilsverlaging tengevolge van de uitdieping wordt opgeheven en vervolgens de nagestreefde waterstanden zoveel mogelijk worden benaderd. Berekend werd dat hiertoe een aanvoerkapaciteit nodig is van 1 m^3/s, verdeeld over drie inlaatpunten langs de beek. Dit water zal worden aangevoerd uit de Vecht en in extreem droge perioden via het Twente-Rijnkanaal uit de IJssel. Van belang voor de wateraanvoerberekeningen is dat dit water dus niet via het Meppelerdiep en de Hoogeveensche Vaart behoeft te worden aangevoerd.

Hoogveennatuurgebieden
De hoogveenkomplexen, die als natuurgebied blijven gehandhaafd, hebben veel belang bij een hoog grondwaterpeil. Door de ontwatering van de omliggende landbouwgebieden is dit hoge peil vaak moeilijk te realiseren. Ook het effekt van een infiltratieleiding rond het gebied, waarin een hoog peil wordt gehandhaafd, is vaak gering. Door ondergrondse wegzijging naar de omliggende terreinen en door dichtslibbing van deze leiding zal het grondwater in het veengebied wegzakken. Hierbij zijn de plaatselijke gesteldheid van de ondergrond en het reliëf bepalend voor het stromingspatroon.
Indien zich dicht onder het veen een slecht doorlatende laag bevindt in de vorm van een gliede- of keileemlaag dan is in het veen wel een hoog peil te handhaven (fig. 12).



Figuur 12.



Figuur 13.

Indien zich onder de wortelzône een goed doorlatende afzetting bevindt van enige meters dikte (hoge kD waarde) zal het water wegzijgen (fig. 13).

In dit laatste geval kan het instellen van een brede bufferzône uitkomst bieden. Van geval tot geval moeten de peilkonserveringsmogelijkheden worden bekeken. Kunstmatige wateraanvoer tot in de hoogveenreservaten wordt niet wenselijk geacht. Het feit dat de natuurlijke begroeiing sterk zal wijzigen onder invloed van "rijk" water van elders is het voornaamste bezwaar.

IV.9.3. *Wateraanvoer*

Zoals reeds is vermeld worden alleen de laaggelegen natuurgebieden in de wateraanvoerberekeningen opgenomen. Als aanvoernorm wordt gehanteerd de norm zoals deze berekend is voor de laaggelegen graslanden.
De ligging van de natte natuurterreinen binnen de provincie is zeer verspreid. De grootte van de komplexen varieert van 1-35 ha. In verband met de verdere wateraanvoerberekeningen is de aanvoerbehoefte gelijkmatig verdeeld gedacht over de gehele provincie. Tabel 14 geeft een overzicht van de totale behoeften.

	mei		juni		juli		aug.		totaal
	mm	10^6m^3	mm	10^6m^3	mm	10^6m^3	mm	10^6m^3	10^6m^3
1976	15	0,074	70	0,343	75	0,367	65	0,318	1,102
10%-dr.jaar	—	—	50	0,245	45	0,220	—	—	0,465
20%-dr.jaar	—	—	50	0,245	10	0,049	—	—	0,294
50%-dr.jaar	—	—	—	—	15	0,074	—	—	0,074

Tabel 14

IV.9.4. Slotopmerkingen

Het bovenstaande moet worden gezien als een globale achtergrondbeschouwing om te komen tot een raming van de wateraanvoernormen voor de natuurgebieden. Omdat de totale hoeveelheden water, welke het hier betreft, slechts gering zijn in vergelijking met de behoefte van de landbouw (± 0,2%) kan in het kader van de studie met deze benaderingswijze worden volstaan. In het algemeen geldt bij natuurbeheer dat het toevoeren van oppervlaktewater in natuurgebieden veelal op kwalitatieve bezwaren stuit, tenzij het reeds voedselrijke milieus betreft of beperkte, niet kwetsbare terreingedeelten. Maar ook voor min of meer voedselrijke milieus kan het gewoonlijk hypertrophe of zelfs vuile oppervlaktewater ongunstig zijn, zodat ook dan kwaliteitseisen gelden. De mogelijkheid dat in de toekomst de kwaliteit van het aangevoerde water zal verbeteren moet natuurlijk niet worden uitgesloten. Overigens is met watertoevoer zelden een bevredigend herstel of behoud van de oorspronkelijk waterstanden in natuurgebieden te bereiken. Deze standen vertonen in samenhang met terreinreliëf en bodemopbouw veelal een te gedifferentieerd karakter dan dat een min of meer nivellerende ingreep als toevoer tot een oplossing kan leiden. Des te belangrijker is het dan ook om wateronttrekking aan natuurgebieden te vermijden dan wel te beperken. Daartoe kan watertoevoer naar de omgeving van natuurgebieden min of meer een bijdrage leveren (bufferzônes). Minstens even belangrijk zijn het vermijden van te grote afvoer uit die omgeving in natte perioden, en hydrologisch verantwoorde reservaatsgrenzen.

IV.10. Rekreatie

Ten aanzien van het gebruik van water in de rekreatieve sfeer kunnen de volgende gebruiksvormen worden onderscheiden:

1. Rekreatie op, in en aan het water:
   a. varen
   b. zwemmen en baden
   c. vissen
   d. kijken
2. Rekreatie op de grond met waterbehoefte:
   a. campings
   b. bungalowparken
   c. rekreatie (pret)parken

ad 1.a. *varen*
Deze aktiviteit heeft plaats op wateren, waarvan sprake is in par. IV.16. Verbruik van het bevaren water zal nagenoeg niet plaatsvinden. Voorzover er sprake is van het varen op de kanalen veroorzaakt de rekreatievaart schutverliezen, welke zijn ingekalkuleerd in par. IV.7.
ad 1.b. *zwemmen en baden*
Deze aktiviteiten hebben plaats in open water als bedoeld in par. IV.16, waarbij geen water wordt verbruikt en in zwembaden, waar in het algemeen aanvulling en verversing met leidingwater plaats heeft.
ad 1.c. *vissen*
Deze aktiviteit heeft voornamelijk plaats aan open water als bedoeld in par. IV.16. Het waterverbruik is nihil.
ad 1.d. *kijken*
Ook deze aktiviteit heeft plaats aan open water als bedoeld in par. IV.16.

ad. 2.a t/m c. *rekreatie op de grond*
Het water dat hier verbruikt wordt, zal nagenoeg altijd leidingwater zijn. Mogelijk dat in een enkel geval, te denken valt aan kleine zwembaden, gebruik wordt gemaakt van grondwater. De betekenis ervan valt te verwaarlozen.

Het bovenstaande leidt tot de konklusie dat voor de rekreatie geen afzonderlijke behoeftepost moet worden opgenomen.

IV.11. Stoominjektieprojekt van de Nederlandse Aardolie Maatschappij

Momenteel is bij de N.A.M. het zogenaamde R.W.-2 stoominjektieprojekt in studie. Het projekt heeft tot doel om met behulp van stoominjektie de oliewinning uit ca 130 nieuw te boren olieputten nabij Schoonebeek ter hand te nemen. Voor de stoominjektie is een hoeveelheid water nodig van ± 5.000 m^3/dag. Dit water zal aan het Stieltjeskanaal worden onttrokken met behulp van een pompstation bovenstrooms van de sluis, voorlopig gedurende 6 jaar. Er moet rekening worden gehouden met een verlenging van nog eens 6 jaar. Er is thans nog weinig zicht op, of die onttrekking na die tijd nog zal worden voortgezet.
Om altijd over voldoende water van bruikbare kwaliteit te kunnen beschikken wordt overwogen naast de aanvoer van oppervlaktewater de mogelijkheid voor de winning van grondwater te installeren. Wanneer bijvoorbeeld het oppervlaktewater ernstig is verontreinigd of door strenge vorst niet kan worden aangevoerd, kan men terugvallen op het grondwater.
Het water dat voor de stoominjektie wordt gebruikt moet voor de verdere watervoorziening als verloren worden beschouwd. Het komt na gebruik namelijk niet terug op het grond- of oppervlaktewater. Dit betekent dat in het kader van de watervoorziening van Drenthe de vermelde waterbehoefte van de N.A.M. moet worden opgevoerd.

IV.12. Gebieden buiten de provincie

Een aantal waterschappen in Drenthe heeft verplichtingen jegens een aantal gebieden buiten de provincie voor de leverantie van water in het zomerhalfjaar. Het betreft hier de volgende verplichtingen:

Waterschap Loo- en Drostendiep
Het waterschap dient voor een oppervlakte van 200 ha in de afgesloten ruilverkaveling "De Meene", ten zuidwesten van Coevorden en gelegen in het Overijsselse waterschap De Bovenvecht, te zorgen voor de watervoorziening; het betreft hier hoofdzakelijk veenkoloniale gronden; de hiervoor benodigde hoeveelheid water dient via het Afwateringskanaal (k.p. 9.10 m + N.A.P.) te worden aangevoerd.

Waterschap Riegmeer
Het waterschap draagt zorg voor de watervoorziening van 1.000 ha landbouwgrond in de afgesloten ruilverkaveling "Schuinesloot-Lutterscheiding"; dit gebied is gelegen in het Overijsselse waterschap Ommerkanaal en bestaat hoofdzakelijk uit veenkoloniale gronden; de wateraanvoer voor dit gebied dient plaats te vinden via het zevende pand van de Verlengde Hoogeveensche Vaart (k.p. 12.95 m + N.A.P.) en het kanaal Coevorden-Zwinderen (k.p. 11.32 m + N.A.P.).

Waterschap De Vledder- en Wapserveense Aa
Het waterschap draagt zorg voor de watervoorziening van ongeveer 500 ha landbouwgrond die gelegen is in het Friese waterschap "De Linde"; dit gebied bestaat uit middelhoge en hoge zandgronden; de wateraanvoer voor dit gebied dient te geschieden via het bovenste pand van de Drentsche Hoofdvaart (k.p. 11.40 m + N.A.P.).

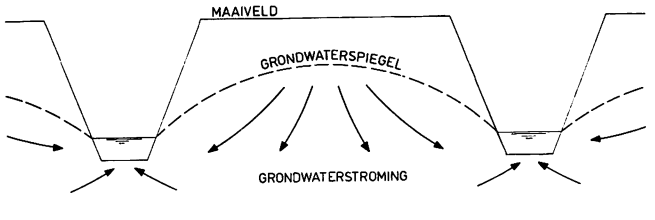
Tabel 15 geeft een overzicht van het totaal van de behoeften in de onderscheidene droogteklassejaren in $10^6 m^3$. De berekening van deze behoeften heeft plaatsgevonden overeenkomstig die, toegepast in par. IV.2.1.

	april	*mei*	*juni*	*juli*	*aug.*	*totaal*
1976	—	0,01	1,31	1,60	1,37	4,29
10%-droog jaar	—	—	0,66	0,95	—	1,61
20%-droog jaar	—	—	0,66	0,21	—	0,87
50%-droog jaar	—	—	—	0,04	—	0,04

Tabel 15

IV.13. Verhoging van het waterpeil in het voorjaar

Het hoofdmotief van peilbeheersing in de waterlopen is het instellen van een voor de landbouw optimaal grondwaterniveau. In het algemeen betekent dit dat 's winters een laag slootpeil wordt nagestreefd. In deze periode is namelijk de neerslag groter dan de verdamping waardoor verhoging van de grondwaterspiegel optreedt. Door instelling van een laag slootpeil, eventueel aangevuld met greppel- of buisdrainage, wordt getracht de verhoging van de grondwaterspiegel binnen de gestelde normen te houden (fig. 14).



Figuur 14.

In het voorjaar zal ten gevolge van de hierboven geschetste afvoer en van de afnemende neerslag en de toenemende verdamping de opbolling van de grondwaterspiegel tussen de waterlopen, sloten of drains, afvlakken. Om te voorkomen dat het grondwaterniveau te ver wegzakt gaan de waterschappen over tot het opzetten van de slootpeilen. Men tracht op deze wijze met een optimaal grondwaterniveau het groeiseizoen te starten. Dit optimale niveau is steeds een kompromiswaarde. De voordelen van een hoog niveau (waterkonservering en dus verminderde kans op droogteschade) en de nadelen ervan (vergrote kans op wateroverlast) moeten bij de keuze van het gewenste niveau tegen elkaar worden afgewogen. Ook het grondgebruik, akkerbouw of weidebouw, speelt bij deze keuze een belangrijke rol.
Uit bovenstaande beschouwing zal het duidelijk zijn dat er een nauwe relatie bestaat tussen het peil in de waterlopen en het grondwaterniveau. Een goed peilbeheer zal dan ook "gestuurd" moeten worden door het grondwaterniveau. Hiertoe kan men gebruik maken van gunstig gekozen grondwaterstandsbuizen welke vooral in de overgangsperiode van de winter naar het voorjaar regelmatig moeten worden opgenomen.
Het tijdstip van het opzetten van het waterpeil valt, onder gemiddelde omstandigheden, in de periode maart/april. Afhankelijk van de onderstaande faktoren kan dit tijdstip worden verschoven naar een vroegere of naar een latere periode:

a. De weersomstandigheden in de voorafgaande periode (nat of droog)
b. De relatieve hoogteligging van het maaiveld (lage, middelhoge en hoge gronden).

Beide faktoren kunnen een belangrijke invloed hebben op het grondwaterniveau tegen het einde van de winter. Een hoog grondwaterniveau heeft tot gevolg dat het opzetten van de peilen wordt verschoven naar de periode april/mei; een laag grondwaterniveau heeft tot gevolg dat het opzetten van de peilen wordt verschoven naar de periode februari/maart.
Opgemerkt zij dat het in droge perioden op de hogere gronden kan voorkomen dat de stuwen de gehele winter hoog blijven.

Het opzetten van de peilen wordt gerealiseerd door het verhogen van de stuwen. Men tracht, door conservering van de natuurlijke afvoer, het gewenste waterpeil in te stellen. Wanneer de afvoer hiertoe onvoldoende is kan op veel plaatsen aanvulling plaatsvinden vanuit de kanalen.
Voor de berekening van de hoeveelheid water welke nodig is voor de peilsverhoging zijn de volgende aannamen gedaan:

— De peilsverhoging vindt plaats op de lage gronden en op een klein gedeelte van de middelhoge gronden (van hydrologische bodemgroep V de podzolgronden). Voor een nadere aanduiding van deze gronden wordt verwezen naar tabel 3 en naar kaart 2 (par. III.5.5.). De totale oppervlakte van dit landbouwareaal is ca 116.000 ha. Op de overige gronden, het grootste gedeelte van de middelhoge gronden en de hoge gronden, is opzetten van het peil door stuwen of inlaten niet mogelijk.
— Het open water dat moet worden opgezet, beslaat ca 2% van de genoemde 116.000 ha landbouwgrond; dit is 2320 ha.
— De peilsverhoging bedraagt gemiddeld ca 65 cm.

De benodigde hoeveelheid water is nu te berekenen:
(oppervlakte in m^2) × (peilsverhoging in m) =
$(2320 \times 10^4) \times (0{,}65) = 15{,}1 \times 10^6 m^3$.

Voor de aanvoerberekeningen is de herkomst van het water van belang. De praktijk heeft uitgewezen dat het water bijna altijd kan worden verkregen door konservering van de afvoer welke binnen Drenthe plaatsvindt. De afvoer van de winterregens, welke middels de beken en de kanalen plaatsvindt, is voor dit doel namelijk voldoende. Dit betekent dat voor het

peilopzetten op deze gronden geen water van buiten de provincie behoeft te worden aangevoerd. Bij de verdere berekeningen wordt dit water dan ook buiten beschouwing gelaten.

Het hierboven omschreven opzetten van het peil heeft betrekking op ca 116.000 ha laag en middelhoog gelegen landbouwgronden. Op het overige deel van de landbouwgronden, ca 87.000 ha middelhoge en hoge gronden, is peilopzetten op deze wijze onmogelijk doordat het water en/of de waterlopen hiertoe ontbreken. Willen we deze gronden van oppervlaktewater voorzien, dan zal dit water door beregening aan de gewassen moeten worden verstrekt (zie par. IV.2.2.). Hiertoe is het nodig dat, op het moment dat de behoefte aan beregeningswater ontstaat, dit in de leidingen aanwezig is.

Voor de berekening van de hoeveelheid water die hiertoe nodig is zijn de volgende aannamen gedaan:
- De aanvoerleidingen hebben gemiddeld een onderlinge afstand van 600 m. Met de huidige beregeningsapparatuur is namelijk een strook van 300 m uit de leiding te voorzien.
- Voor het aanbrengen van een watervoorraad, met een diepte van ca 1 m in de leidingen, is ca 3 m^3 water per m^1 leiding nodig (bodembreedte 1 m; taluds 1 : 2).

De benodigde hoeveelheid water, in m^3/ha, is nu te berekenen:

$$\frac{100\ m^1}{6\ ha} \times 3\ m^3/m^1 = 50\ m^3/ha.$$

Het tijdstip waarop dit water moet worden aangevoerd is bepaald aan de hand van de tabellen 5a t/m 5d. Uit deze tabellen blijkt in welke periode de watertekorten aanvangen. Het is reëel, te veronderstellen dat het vullen van de leidingen ook in deze periode plaats moet vinden.

Als voorbeeld van de berekeningswijze van de vochtbehoefte per hydrologische bodemgroep per droogteklassejaar moge het volgende dienen:

Gegeven:

droogteklassejaar:	10%-droog jaar
hydr. bodemgroep:	VI, hoge zandgronden
grondgebruik:	bouwland
oppervlakte:	12.700 ha
aanvang watertekort:	juni
aanvoernorm:	50 m^3/ha

Te berekenen: de waterbehoefte voor peilopzetten.
Berekening: aanvoernorm x oppervlakte =
50 m^3/ha × 12.700 ha = 0,64 × $10^6 m^3$.

Het resultaat van de berekeningen is weergegeven in de tabellen 16a t/m 16d.

IV.14. Waterverliezen bij infiltratie en beregening

Bij de toepassing van beregening en infiltratie treden waterverliezen op. Deze verliezen, die hierna worden beschreven, maken het noodzakelijk dat boven de aan de gewassen toe te voeren hoeveelheden aanvullend water nog extra water nodig is ter kompensatie van deze verliezen. De extra hoeveelheden worden hieronder berekend.

IV.14.1. Verliezen bij infiltratie

Infiltratie is gedacht op de lage gronden. De verliezen welke zich hierbij voordoen beperken zich tot de verdamping van het open water. Deze faktor wordt in par. IV.16. behandeld.

IV.14.2. Verliezen bij beregening

De verliezen bij beregening zijn te verdelen in verdampingsverliezen en verliezen door wegzijging naar de ondergrond. Onder verdampingsverliezen worden hierbij verstaan de verliezen door direkte verdamping van het sproeiwater. Deze verliezen worden door dezelfde faktoren beïnvloed als die welke de verdamping van het gewas bepalen, nl. de straling, de windsnelheid, de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid. Daarnaast is ook de druppelgrootte van betekenis. De druppelgrootte wordt bepaald door de grootte van het sproeiermondstuk en door de druk in de sproeier. Een klein mondstuk met een hoge druk betekent kleine druppels en veel verdamping.
Frost en Schwalen (lit. 1) hebben de verdampingsverliezen van het sproeiwater in de lucht nagegaan in relatie tot de bovengenoemde faktoren. Uit deze onderzoekingen kon worden afgeleid dat bij beregening in Drenthe verdampingsverliezen van 2-4% in rekening moeten worden gebracht.
Wegzijgingsverliezen ontstaan door een onregelmatige verdeling van het sproeiwater over het perceel en/of doordat de boer een te grote dosis sproeiwater verstrekt. De onregelmatige verdeling wordt veroorzaakt door de volgende faktoren: oneffenheden in het terrein, onvolkomenheden van de beregeningsinstallatie, onjuiste opstelling van de installatie en windinvloeden. Door één of meerdere van deze faktoren ontvangen bepaalde plaatsen te veel water, andere te weinig. Op de plaatsen waar te veel water terecht komt zal wegzijging naar de ondergrond plaatsvinden. Deze wegzijging is op de hoge en middelhoge gronden als verlies aan te merken. Op de lage gronden zal dit water via het grondwater ter beschikking blijven van het gewas en behoeft dan dus niet als verlies te worden meegerekend.
Als wegzijgingsverlies berekent Baars (lit. 1) ca 15%. Het totale verlies bij beregening is dus op de hoge en middelhoge gronden 15-20% (verdamping + wegzijging) en op de lage gronden ca 3% (verdamping).

Voor de kwantificering van de verliezen (in mm en m^3) zijn deze percentages gekoppeld aan de vochttekorten zoals die in de tabellen 5a t/m 5d zijn opgenomen. Voor de verliezen op de lage gronden moet het vochttekort worden onderverdeeld in een gedeelte dat door middel van infiltratie wordt verstrekt en een gedeelte dat door beregening op het land wordt gebracht. De infiltratiehoeveelheid is benaderd door te stellen dat vanaf het moment dat vochttekorten optreden 1,5 mm/dag oftewel 45 mm/maand infiltreert. Hierbij zij nog het volgende opgemerkt:
- Uiteraard zal de infiltratie op een vroeger tijdstip starten, namelijk zodra het slootpeil hoger staat dan het grondwaterniveau, doch in deze fase bedraagt de infiltratie slechts een geringe hoeveelheid per dag, omdat het peilverschil tussen grondwater en oppervlaktewater nog gering is.
- Onder bepaalde omstandigheden zal de infiltratie van 45 mm/maand niet worden gehaald. In een vochtige periode zal immers minder vocht

Waterbehoefte voor het pellopzetten op de hoge en middelhoge gronden ten behoeve van beregening 1976

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Waterbehoefte in 10^6 m^3*			
				mei	*juni*	*juli*	
I	Veengronden						
	— met kwel	grasland	4.300				
	— zonder kwel	grasland	4.300				
II	Veenkoloniale gronden						
	— zand	bouwland	9.700		0,48		
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700				
	— >30 cm veen	bouwland	17.400				
	— >30 cm veen	grasland	16.400				
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.						
	— laag zand	grasland	10.500				
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800		0,34		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100		0,41		
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200		0,61		
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600		0,28		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700			0,33	
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100			0,51	
IV	Venige beekdalgronden						
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700				
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400				
	— moerige gronden	grasland	6.400				
	— moerige gronden	bouwland	5.000				
V	Middelhoge zandgronden						
	— podzolgronden	grasland	5.800				
	— podzolgronden	bouwland	3.400		0,17		
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000		0,40		
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	0,20			
		bouwland	12.700	0,64			Totaal
	Totaal		203.200	0,84	2,69	0,84	4.37

Tabel 16a

Waterbehoefte voor het pellopzetten op de hoge en middelhoge gronden ten behoeve van beregening 10%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha.*	*Waterbehoefte in $10^6 m^3$*			
				mei	*juni*	*juli*	
I	Veengronden						
	— met kwel	grasland	4.300				
	— zonder kwel	grasland	4.300				
II	Veenkoloniale gronden						
	— zand	bouwland	9.700			0,48	
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700				
	— >30 cm veen	bouwland	17.400				
	— >30 cm veen	grasland	16.400				
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.						
	— laag zand	grasland	10.500				
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800		0,34		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100			0,41	
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200			0,61	
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600			0,28	
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700				
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100				
IV	Venige beekdalgronden						
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700				
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400				
	— moerige gronden	grasland	6.400				
	— moerige gronden	bouwland	5.000				
V	Middelhoge zandgronden						
	— podzolgronden	grasland	5.800				
	— podzolgronden	bouwland	3.400			0,17	
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000		0,40		
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	0,20			
		bouwland	12.700		0,64		Totaal
	Totaal		203.200	0,20	1,38	1,95	3,53

Tabel 16b

Waterbehoefte voor het peilopzetten op de hoge en middelhoge gronden ten behoeve van beregening
20%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Waterbehoefte in 10^6 m^3*			
				mei	*juni*	*juli*	
I	Veengronden						
	— met kwel	grasland	4.300				
	— zonder kwel	grasland	4.300				
II	Veenkoloniale gronden						
	— zand	bouwland	9.700			0,48	
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700				
	— >30 cm veen	bouwland	17.400				
	— >30 cm veen	grasland	16.400				
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.						
	— laag zand	grasland	10.500				
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800		0,34		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100			0,41	
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200				
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600				
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700				
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100				
IV	Venige beekdalgronden						
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700				
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400				
	— moerige gronden	grasland	6.400				
	— moerige gronden	bouwland	5.000				
V	Middelhoge zandgronden						
	— podzolgronden	grasland	5.800				
	— podzolgronden	bouwland	3.400			0,17	
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000		0,40		
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	0,20			
		bouwland	12.700		0,64		Totaal
	Totaal		203.200	0,20	1,38	1,06	2,64

Tabel 16c

Waterbehoefte voor het peilopzetten op de hoge en middelhoge gronden ten behoeve van beregening
50%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Waterbehoefte in 10^6 m^3*			
				mei	*juni*	*juli*	
I	Veengronden						
	— met kwel	grasland	4.300				
	— zonder kwel	grasland	4.300				
II	Veenkoloniale gronden						
	— zand	bouwland	9.700				
	ca. 15 cm veen	bouwland	11.700				
	— >30 cm veen	bouwland	17.400				
	— >30 cm veen	grasland	16.400				
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.						
	— laag zand	grasland	10.500				
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800				
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100				
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200				
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600				
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700				
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100				
IV	Venige beekdalgronden						
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700				
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400				
	— moerige gronden	grasland	6.400				
	— moerige gronden	bouwland	5.000				
V	Middelhoge zandgronden						
	— podzolgronden	grasland	5.800				
	— podzolgronden	bouwland	3.400				
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000				
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000		0,20		
		bouwland	12.700			0,64	Totaal
	Totaal		203.200		0,20	0,64	0,84

Tabel 16d

Waterverliezen bij beregening 1976

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Wijze van watervoor-ziening*	*Totaal waterverlies*		*Verdeling v/h waterverlies over het groeiseizoen*							
							mei		*juni*		*juli*		*aug.*	
					mm	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*
I	Veengronden													
	— met kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.	1,5	0,06					0,9	0,04	0,6	0,02
	— zonder kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.	2,3	0,09			0,8	0,03	0,9	0,04	0,6	0,02
II	Veenkoloniale gronden													
	— zand	bouwland	9.700	Bereg.	26,3	2,54			5,3	0,51	13,1	1,27	7,9	0,76
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	Infiltr. + Bereg.	0,9	0,11					0,9	0,11		
	— >30 cm veen	bouwland	17.400	Infiltr. + Bereg.										
	— >30 cm veen	grasland	16.400	Infiltr. + Bereg.	2,3	0,37			0,8	0,12	0,9	0,15	0,6	0,10
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
	— laag zand	grasland	10.500	Infiltr. + Bereg.	1,5	0,16					0,9	0,10	0,6	0,06
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	Bereg.	33,3	2,26			8,8	0,60	13,1	0,89	11,4	0,77
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	Bereg.	30,6	2,48			6,1	0,50	13,1	1,06	11,4	0,92
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	Bereg.	28,0	3,42			3,5	0,43	13,1	1,60	11,4	1,39
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	Bereg.	21,9	1,23			0,9	0,05	13,1	0,74	7,9	0,44
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	Bereg.	19,3	1,29					11,4	0,76	7,9	0,53
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	Bereg.	16,6	1,68					8,7	0,88	7,9	0,80
IV	Venige beekdalgronden													
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	Infiltr. + Bereg.	1,5	0,34					0,9	0,20	0,6	0,14
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	Infiltr. + Bereg.	2,3	0,26			0,8	0,09	0,9	0,10	0,6	0,07
	— moerige gronden	grasland	6.400	Infiltr. + Bereg.	1,5	0,10					0,9	0,06	0,6	0,04
	— moerige gronden	bouwland	5.000	Infiltr. + Bereg.	0,9	0,05					0,9	0,05		
V	Middelhoge zandgronden													
	— podzolgronden	grasland	5.800	Bereg.	36,8	2,13			12,3	0,71	13,1	0,76	11,4	0,66
	— podzolgronden	bouwland	3.400	Bereg.	27,1	0,92			6,1	0,21	13,1	0,44	7,9	0,27
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	Bereg.	28,0	2,24			7,0	0,56	13,1	1,05	7,9	0,63
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	Bereg.	43,8	1,75	7,0	0,28	12,3	0,49	13,1	0,52	11,4	0,46
		bouwland	12.700	Bereg.	35,9	4,56	2,6	0,33	12,3	1,56	13,1	1,67	7,9	1,00
	Totaal		203.200			28,04		0,61		5,86		12,49		9,08

Tabel 17a

aan het grondwater worden onttrokken, het grondwaterniveau zal stijgen en de infiltratie zal afnemen.

Ter vereenvoudiging van de berekeningen is verder aangenomen dat:
- de vochttekorten, zoals deze staan vermeld in de tabellen 5a t/m 5d aanvangen op de eerste van de maand;
- de vochtverstrekking (beregening en/of infiltratie) plaatsvindt in dezelfde periode als waarin de vochttekorten optreden.

Hieronder volgen twee voorbeelden van de berekening van het vochtverlies:
uitgangspunt: tabellen 5a t/m 5d.

a. Veengrond; met kwel; gebruik grasland; oppervlakte 4.300 ha; 1976;

	vocht-tekort	infil-tratie	berege-ning	beregenings-verlies 3%	
				mm	$10^6 m^3$
juni	35 mm	35 mm	—	—	—
juli	75 mm	45 mm	30 mm	0,9	0,04
augustus	65 mm	45 mm	20 mm	0,6	0,03

b. Hoge gronden; gebruik bouwland; oppervlakte 12.700 ha; 10%-droog jaar;

	vocht-tekort	infil-tratie	berege-ning	beregenings-verlies 17,5%	
				mm	$10^6 m^3$
juni	50 mm	—	50 mm	8,7	1,11
juli	45 mm	—	45 mm	7,9	1,00
augustus	—	—	—	—	—

In de tabellen 17a t/m 17d zijn de resultaten weergegeven. Verder zijn in figuur 15 de verliezen nogmaals in enkele staafdiagrammen weergegeven.

IV.15. Wegzijging uit aanvoerleidingen

Over de verliezen, die optreden bij wegzijging van water vanuit leidingen naar de omgeving blijkt, althans cijfermatig, weinig bekend te zijn.
Wesseling (lit. 37) vermeldt inzake de wateraanvoer in Noord-Limburg dat voor de verliezen in het 63 km lange waterlopenstelsel in het Lollebeekgebied wordt gerekend met een verlies van 80 m^3 per strekkende meter over 150 dagen bij een verhoging van de waterstand van 1 m, in totaal 33.600 m^3/dag, en op een verlies van 16.500 m^3 per dag als de gemiddelde verhoging wordt gesteld op 0,5 m. Deze cijfers komen neer op 0,535 m^3 per dag per strekkende meter bij een verhoging van 1 m en op 0,262 m^3 per dag per strekkende meter bij een gemiddelde verhoging van 0,5 m.

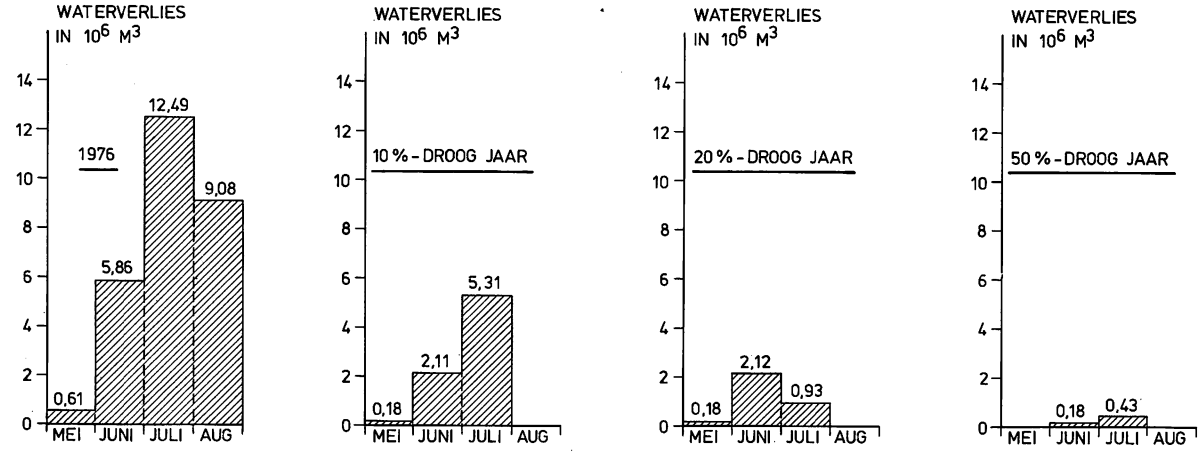
Waterverliezen bij beregening
10%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling	Grond-gebruik	Oppervl. in ha	Wijze van watervoor-ziening	Totaal waterverlies		Verdeling v/h waterverlies over het groeiseizoen							
						mei		juni		juli		aug.	
				mm	$10^6 m^3$	mm	$10^6 m^3$	mm	$10^6 m^3$	mm	$10^6 m^3$	mm	$10^6 m^3$
I Veengronden													
— met kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.										
— zonder kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.	0,2	0,01			0,2	0,01				
II Veenkoloniale gronden													
— zand	bouwland	9.700	Bereg.	7,0	0,68					7,0	0,68		
— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	Infiltr. + Bereg.										
— >30 cm veen	bouwland	17.400	Infiltr. + Bereg.										
— >30 cm veen	grasland	16.400	Infiltr. + Bereg.	0,2	0,02			0,2	0,02				
III Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
— laag zand	grasland	10.500	Infiltr. + Bereg.										
— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	Bereg.	10,5	0,71			2,6	0,18	7,9	0,53		
— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	Bereg.	7,9	0,64					7,9	0,64		
— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	Bereg.	5,3	0,64					5,3	0,64		
— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	Bereg.	2,6	0,15					2,6	0,15		
— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	Bereg.										
— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	Bereg.										
IV Venige beekdalgronden													
— veengrond, met kwel	grasland	22.700	Infiltr. + Bereg.										
— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	Infiltr. + Bereg.	0,2	0,02			0,15	0,02				
— moerige gronden	grasland	6.400	Infiltr. + Bereg.										
— moerige gronden	bouwland	5.000	Infiltr. + Bereg.										
V Middelhoge zandgronden													
— podzolgronden	grasland	5.800	Bereg.	14,0	0,81			6,1	0,35	7,9	0,46		
— podzolgronden	bouwland	3.400	Bereg.	7,9	0,27					7,9	0,27		
— enkeerdgronden	bouwland	8.000	Bereg.	8,8	0,70			0,9	0,07	7,9	0,63		
VI Hoge zandgronden	grasland	4.000	Bereg.	21,0	0,84	4,4	0,18	8,7	0,35	7,9	0,31		
	bouwland	12.700	Bereg.	16,6	2,11			8,7	1,11	7,9	1,00		
Totaal		203.200			7,60		0,18		2,11		5,31		

Tabel 17b

Figuur 15.

WATERVERLIEZEN BIJ BEREGENING

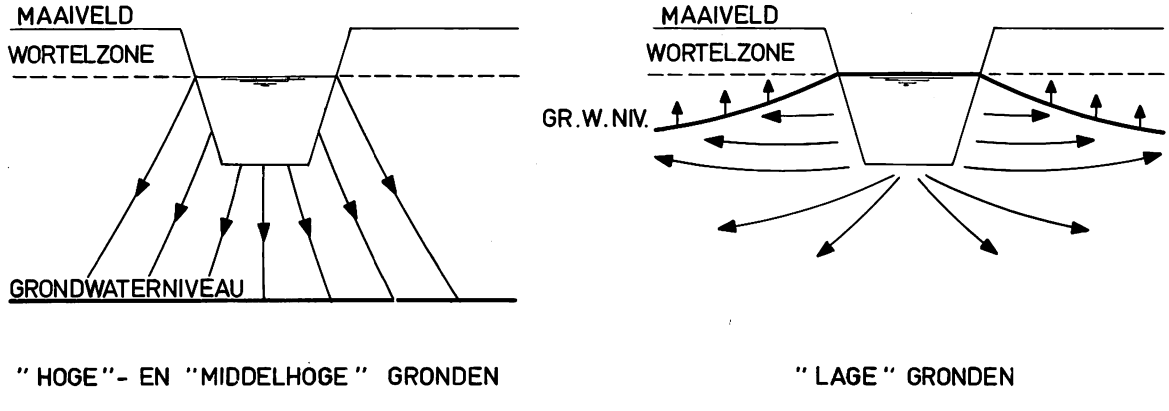


Waterverliezen bij beregening
20%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Wijze van watervoor-ziening*	*Totaal waterverlies*		*Verdeling v/h waterverlies over het groeiseizoen*							
							mei		*juni*		*juli*		*aug.*	
					mm	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6 m^3*
I	Veengronden													
	— met kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.										
	— zonder kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.	0,2	0,01			0,2	0,01				
II	Veenkoloniale gronden													
	— zand	bouwland	9.700	Bereg.	0,9	0,08					0,9	0,08		
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	Infiltr. + Bereg.										
	— >30 cm veen	bouwland	17.400	Infiltr. + Bereg.										
	— >30 cm veen	grasland	16.400	Infiltr. + Bereg.	0,2	0,02			0,2	0,02				
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
	— laag zand	grasland	10.500	Infiltr. + Bereg.										
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	Bereg.	4,4	0,30			2,6	0,18	1,8	0,12		
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	Bereg.	1,8	0,14					1,8	0,14		
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	Bereg.										
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	Bereg.										
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	Bereg.										
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	Bereg.										
IV	Venige beekdalgronden													
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	Infiltr. + Bereg.										
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	Infiltr. + Bereg.	0,2	0,02			0,2	0,02				
	— moerige gronden	grasland	6.400	Infiltr. + Bereg.										
	— moerige gronden	bouwland	5.000	Infiltr. + Bereg.										
V	Middelhoge zandgronden													
	— podzolgronden	grasland	5.800	Bereg.	7,9	0,46			6,1	0,36	1,8	0,10		
	— podzolgronden	bouwland	3.400	Bereg.	1,8	0,06					1,8	0,06		
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	Bereg.	2,6	0,21			0,8	0,07	1,8	0,14		
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	Bereg.	14,9	0,60	4,4	0,18	8,7	0,35	1,8	0,07		
		bouwland	12.700	Bereg.	10,5	1,33			8,7	1,11	1,8	0,22		
	Totaal		203.200			3,23		0,18		2,12		0,93		

Tabel 17c

Figuur 16.



"HOGE"- EN "MIDDELHOGE" GRONDEN

"LAGE" GRONDEN

Waterverliezen bij beregening
50%-droog jaar

	Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling	*Grond-gebruik*	*Oppervl. in ha*	*Wijze van watervoor-ziening*	*Totaal waterverlies*		*Verdeling v/h waterverlies over het groeiseizoen*							
							mei		*juni*		*juli*		*aug.*	
					mm	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6 m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*
I	Veengronden													
	— met kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.										
	— zonder kwel	grasland	4.300	Infiltr. + Bereg.										
II	Veenkoloniale gronden													
	— zand	bouwland	9.700	Bereg.										
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	Infiltr. + Bereg.										
	— >30 cm veen	bouwland	17.400	Infiltr. + Bereg.										
	— >30 cm veen	grasland	16.400	Infiltr. + Bereg.										
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.													
	— laag zand	grasland	10.500	Infiltr. + Bereg.										
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	6.800	Bereg.										
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	8.100	Bereg.										
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	12.200	Bereg.										
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	5.600	Bereg.										
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	6.700	Bereg.										
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	10.100	Bereg.										
IV	Venige beekdalgronden													
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	Infiltr. + Bereg.										
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	Infiltr. + Bereg.										
	— moerige gronden	grasland	6.400	Infiltr. + Bereg.										
	— moerige gronden	bouwland	5.000	Infiltr. + Bereg.										
V	Middelhoge zandgronden													
	— podzolgronden	grasland	5.800	Bereg.										
	— podzolgronden	bouwland	3.400	Bereg.										
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	Bereg.										
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	Bereg.	7,0	0,28			4,4	0,18	2,6	0,10		
		bouwland	12.700	Bereg.	2,6	0,33					2,6	0,33		
	Totaal		203.200			0,61				0,18		0,43		

Tabel 17d

Voor Drenthe is verder een aangrijpingspunt gevonden in de berekeningen, uitgevoerd voor een wegzijgingsput ter grootte van ongeveer 0,8 ha op de Weerdinger Essen. Daar is de wegzijging berekend voor o.m. een bodem, bedekt met 0,30 m teelaarde en voor een "open" bodem. Aangenomen wordt dat de bodem van de leidingen een beeld vertoont, dat tussen de beide in ligt. Op grond daarvan wordt voor de leidingen op de middelhoge en de hoge gronden een wegzijging verondersteld van:

0,15 m^3 per etmaal per m^2 oppervlakte van de waterspiegel bij een waterdiepte van 1,00 m
0,12 m^3 per etmaal per m^2 bij een waterdiepte van 0,75 m
0,09 m^3 per etmaal per m^2 bij een waterdiepte van 0,50 m

Deze hoeveelheden zijn van dezelfde orde van grootte als de door Wesseling bepaalde hoeveelheden.

Als wegzijgingsverlies is bij de verdere berekeningen de waarde 0,12 m^3 per etmaal per m^2 oppervlakte open water als maatgevend aangenomen.
Deze verliezen zullen optreden bij de watervoorziening van de hoge en de middelhoge gronden. Op deze gronden bevindt zich het grondwater namelijk buiten het bereik van de plantenwortels.Bij de vochtvoorziening van de lage gronden komt het infiltrerende slootwater via het grondwater rechtstreeks ter beschikking van het gewas en behoeft dus niet als verlies te worden meegerekend. Ter verduidelijking is in fig. 16 de stroming van het water vanuit de aanvoerleidingen naar het grondwater schematisch weergegeven.

Zoals in par. IV.16. wordt vermeld beslaat het open water in de aanvoerleidingen op de hoge en de middelhoge gronden 700 ha. Evenredige verdeling van deze 700 ha over de hydrologische bodemgroepen geeft een oppervlakte-indeling zoals die in de derde kolom van de tabellen 18a t/m 18d is weergegeven.
De periode waarin de verliezen optreden kan worden afgeleid uit de gegevens van de tabellen 16a t/m 16d (par. IV.13.), die aangeven op welk tijdstip het water in de leidingen beschikbaar moet zijn (aanvang van de behoefte aan beregeningswater) en van de tabellen 5a t/m 5d (par. IV.2.1.), die aangeven tot wanneer het water in de leidingen beschikbaar moet zijn (zolang het vochttekort voortduurt). In de tabellen 18a t/m 18d zijn de bovenstaande uitgangspunten gekombineerd tot een cijfermatige weergave van de wegzijgingsverliezen in de verschillende droogteklassejaren.

Hierna volgt als voorbeeld een berekening van de wegzijgingsverliezen op de hoge gronden in grasland (hydrologische bodemgroep VI)

Wegzijgingsverliezen in aanvoerleidingen op de hoge en middelhoge gronden
1976

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water*	*Wegzijgingsverliezen in 10^6 m^3*				
				mei	*juni*	*juli*	*aug.*	
I	Veengronden							
	— met kwel	grasland						
	— zonder kwel	grasland						
II	Veenkoloniale gronden							
	— zand	bouwland	75 ha	—	2,70	2,70	2,70	
	— ca. 15 cm veen	bouwland						
	— >30 cm veen	bouwland						
	— >30 cm veen	grasland						
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.							
	— laag zand	grasland						
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	50 ha	—	1,80	1,80	1,80	
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	60 ha	—	2,16	2,16	2,16	
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	95 ha	—	3,42	3,42	3,42	
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	40 ha	—	1,44	1,44	1,44	
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	50 ha	—	—	1,80	1,80	
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	75 ha	—	—	2,70	2,70	
IV	Venige beekdalgronden							
	— veengrond, met kwel	grasland						
	— veengrond, zonder kwel	grasland						
	— moerige gronden	grasland						
	— moerige gronden	bouwland						
V	Middelhoge zandgronden							
	— podzolgronden	grasland	45 ha	—	1,62	1,62	1,62	
	— podzolgronden	bouwland	25 ha	—	0,90	0,90	0,90	
	— enkeerdgronden	bouwland	60 ha	—	2,16	2,16	2,16	
VI	Hoge zandgronden	grasland	30 ha	1,08	1,08	1,08	1,08	
		bouwland	95 ha	3,42	3,42	3,42	3,42	Totaal
	Totaal		700 ha	4,50	20,70	25,20	25,20	75,60

Tabel 18a

Wegzijgingsverliezen in aanvoerleidingen op de hoge en middelhoge gronden
10%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water*	*Wegzijgingsverliezen in 10^6 m^3*				
				mei	*juni*	*juli*	*aug.*	
I	Veengronden							
	— met kwel	grasland						
	— zonder kwel	grasland						
II	Veenkoloniale gronden							
	— zand	bouwland	75 ha	—	—	2,70	—	
	— ca. 15 cm veen	bouwland						
	— > 30 cm veen	bouwland						
	— >30 cm veen	grasland						
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm - m.v.							
	— laag zand	grasland						
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	grasland	50 ha	—	1,80	1,80	—	
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	grasland	60 ha	—	—	2,16	—	
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	grasland	95 ha	—	—	3,42	—	
	— keileem op 50- 75 cm - m.v.	bouwland	40 ha	—	—	1,44	—	
	— keileem op 75-100 cm - m.v.	bouwland	50 ha	—	—	—	—	
	— keileem op 100-125 cm - m.v.	bouwland	75 ha	—	—	—	—	
IV	Venige beekdalgronden							
	— veengrond, met kwel	grasland						
	— veengrond, zonder kwel	grasland						
	— moerige gronden	grasland						
	— moerige gronden	bouwland						
V	Middelhoge zandgronden							
	— podzolgronden	grasland	45 ha	—	1,62	1,62	—	
	— podzolgronden	bouwland	25 ha	—	—	0,90	—	
	— enkeerdgronden	bouwland	60 ha	—	2,16	2,16	—	
VI	Hoge zandgronden	grasland	30 ha	1,08	1,08	1,08	—	
		bouwland	95 ha	—	3,42	3,42	—	Totaal
	Totaal		700 ha	1,08	10,08	20,70	—	31,86

Tabel 18b

Wegzijgingsverliezen in aanvoerleidingen op de hoge en middelhoge gronden
20%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling	*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water*	*Wegzijgingsverliezen in $10^6 m^3$*				
			mei	*juni*	*juli*	*aug.*	
I Veengronden							
— met kwel	grasland						
— zonder kwel	grasland						
II Veenkoloniale gronden							
— zand	bouwland	75 ha	—	—	2,70	—	
— ca. 15 cm veen	bouwland						
— >30 cm veen	bouwland						
— >30 cm veen	grasland						
III Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.							
— laag zand	grasland						
— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	50 ha	—	1,80	1,80	—	
— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	60 ha	—	—	2,16	—	
— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	95 ha	—	—	—	—	
— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	40 ha	—	—	—	—	
— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	50 ha	—	—	—	—	
— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	75 ha	—	—	—	—	
IV Venige beekdalgronden							
— veengrond, met kwel	grasland						
— veengrond zonder kwel	grasland						
— moerige gronden	grasland						
— moerige gronden	bouwland						
V Middelhoge zandgronden							
— podzolgronden	grasland	45 ha	—	1,62	1,62	—	
— podzolgronden	bouwland	25 ha	—	—	0,90	—	
— enkeerdgronden	bouwland	60 ha	—	2,16	2,16	—	
VI Hoge zandgronden	grasland	30 ha	1,08	1,08	1,08	—	
	bouwland	95 ha	—	3,42	3,42	—	Totaal
Totaal		700 ha	1,08	10,08	15,84	—	27,00

Tabel 18 c

Wegzijgingsverliezen in aanvoerleidingen op de hoge en middelhoge gronden
50%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling	*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water*	*Wegzijgingsverliezen in $10^6 m^3$*				
			mei	*juni*	*juli*	*aug.*	
I Veengronden							
— met kwel	grasland						
— zonder kwel	grasland						
II Veenkoloniale gronden							
— zand	bouwland	75 ha	—	—	—	—	
— ca. 15 cm veen	bouwland						
— >30 cm veen	bouwland						
— >30 cm veen	grasland						
III Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.							
— laag zand	grasland						
— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	50 ha	—	—	—	—	
— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	60 ha	—	—	—	—	
— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	95 ha	—	—	—	—	
— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	40 ha	—	—	—	—	
— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	50 ha	—	—	—	—	
— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	75 ha	—	—	—	—	
IV Venige beekdalgronden							
— veengrond, met kwel	grasland						
— veengrond, zonder kwel	grasland						
— moerige gronden	grasland						
— moerige gronden	bouwland						
V Middelhoge zandgronden							
— podzolgronden	grasland	45 ha	—	—	—	—	
— podzolgronden	bouwland	25 ha	—	—	—	—	
— enkeerdgronden	bouwland	60 ha	—	—	—	—	
VI Hoge zandgronden	grasland	30 ha	—	1,08	1,08	—	
	bouwland	95 ha	—	—	3,42	—	Totaal
Totaal		700 ha	—	1,08	4,50	—	5,58

Tabel 18 d

gegevens:
- Totale oppervlakte kultuurgrond op de hoge en middelhoge gronden: 93.100 ha
- Oppervlakte hoge zandgronden in grasland: 4.000 ha
- Totale oppervlakte open water op de hoge en middelhoge gronden: 700 ha
- Maatgevend wegzijgingsverlies: 0,12 m^3/etmaal/m^2 open water.

berekening:
- Oppervlakte open water op de hoge zandgronden in grasland:
$$\frac{4.000}{93.100} \times 700 = 30 \text{ ha}$$
- Wegzijgingsverlies per etmaal: 300.000 m^2 × 0,12 m^3/m^2 = 36.000 m^3
- Wegzijgingsverlies per maand: 30 × 36.000 = 1,08 × $10^6 m^3$

Uit de tabellen 18a t/m 18d blijkt dat indien de hogere gronden van oppervlaktewater worden voorzien, rekening moet worden gehouden met aanzienlijke wegzijgingsverliezen vanuit de aanvoerleidingen naar de ondergrond. Alhoewel het wegzijgende water niet van nut is voor de watervoorziening van de hogere gronden moet het toch niet als volledig verloren worden beschouwd. Het water komt namelijk ten goede aan het grondwater en kan als zodanig van belang zijn bij de grondwaterwinning voor drink- en industriewater en voor beregeningsinstallaties. Verder kan de aanvulling van het grondwater op de hogere gronden een positieve invloed hebben op het grondwaterniveau van de lagere gronden. Bij de kwantitatieve berekeningen is met deze invloeden geen rekening gehouden.

Om een indruk te geven van de orde van grootte van de wegzijgingsverliezen zijn in tabel 19 de wegzijgingsverliezen vermeld naast de vochttekorten op de hoge en de middelhoge gronden zoals die in par. IV.2.1. zijn berekend. Uit deze getallen valt af te leiden dat de wegzijgingsverliezen 50% tot 150% van het vochttekort kunnen bedragen, afhankelijk van het droogteklassejaar. Zo moet in een 10%-droog jaar 75% meer water naar de hogere gronden worden opgepompt dan voor dekking van het vochttekort noodzakelijk is.

Het gehele probleem van de wegzijgingsverliezen verdient nog nader onderzoek, vooral gezien de grote hoeveelheden water die er mee gemoeid zijn. Hierbij valt te denken aan de gunstige mogelijkheden tot aanvulling van het diepe grondwater nabij punten waar dit wordt onttroken en aan een toetsing van de gehanteerde norm voor de doorlatendheid door na te gaan in hoeverre deze laatste zich wijzigt tengevolge van dichtslibben van de wanden van de leidingen.

Tabel 19

Wegzijgingsverliezen en vochttekorten op de middelhoge en hoge gronden

	Wegzijgings-verliezen in $10^6 m^3$	*Vochttekort gewassen in $10^6 m^3$*
1976		
mei	4,5	3,5
juni	20,7	32,0
juli	25,2	66,8
aug.	25,2	49,2
Totaal	75,6	151,5
10%-droog jaar		
mei	1,1	1,0
juni	10,1	11,8
juli	20,7	30,3
aug.	—	—
Totaal	31,9	43,1
20%-droog jaar		
mei	1,1	1,0
juni	10,1	11,7
juli	15,8	5,4
aug.	—	—
Totaal	27,0	18,1
50%-droog jaar		
mei	—	—
juni	1,1	1,0
juli	4,5	2,5
aug.	—	—
Totaal	5,6	3,5

IV.16. Verdampingsverliezen van open water

De verdampingsverliezen van het open water worden bepaald door de totale oppervlakte open water en door de klimatologische omstandigheden. Hieronder worden beide faktoren kort behandeld.

De oppervlakte open water met een breedte groter dan 6 m beslaat in Drenthe ca. 3650 ha. Geschat wordt dat hiervan ca 75% kan worden toegerekend aan de lage gronden en ca 25% aan de middelhoge gronden. Deze oppervlakte moet nog worden vermeerderd met de oppervlakte open water in de vorm van beken, wijken en sloten enz., minder dan 6 m breed. Die oppervlakte is niet exakt bekend, maar kan worden benaderd op een wijze zoals is weergegeven in tabel 20.

	lage gronden	*middelhoge en hoge gronden*
a. breedte van de leidingen ter hoogte van de hoogwaterlijn	1,5- 3 m	ca. 5 m
b. afstand tussen de leidingen	100-160 m	ca. 600 m
c. procentuele wateroppervlakte	1,5-2%	0,5-1%
d. oppervlakte kultuurgrond	110.100 ha	93.100 ha
e. oppervlakte open water	ca. 1900 ha	ca. 700 ha

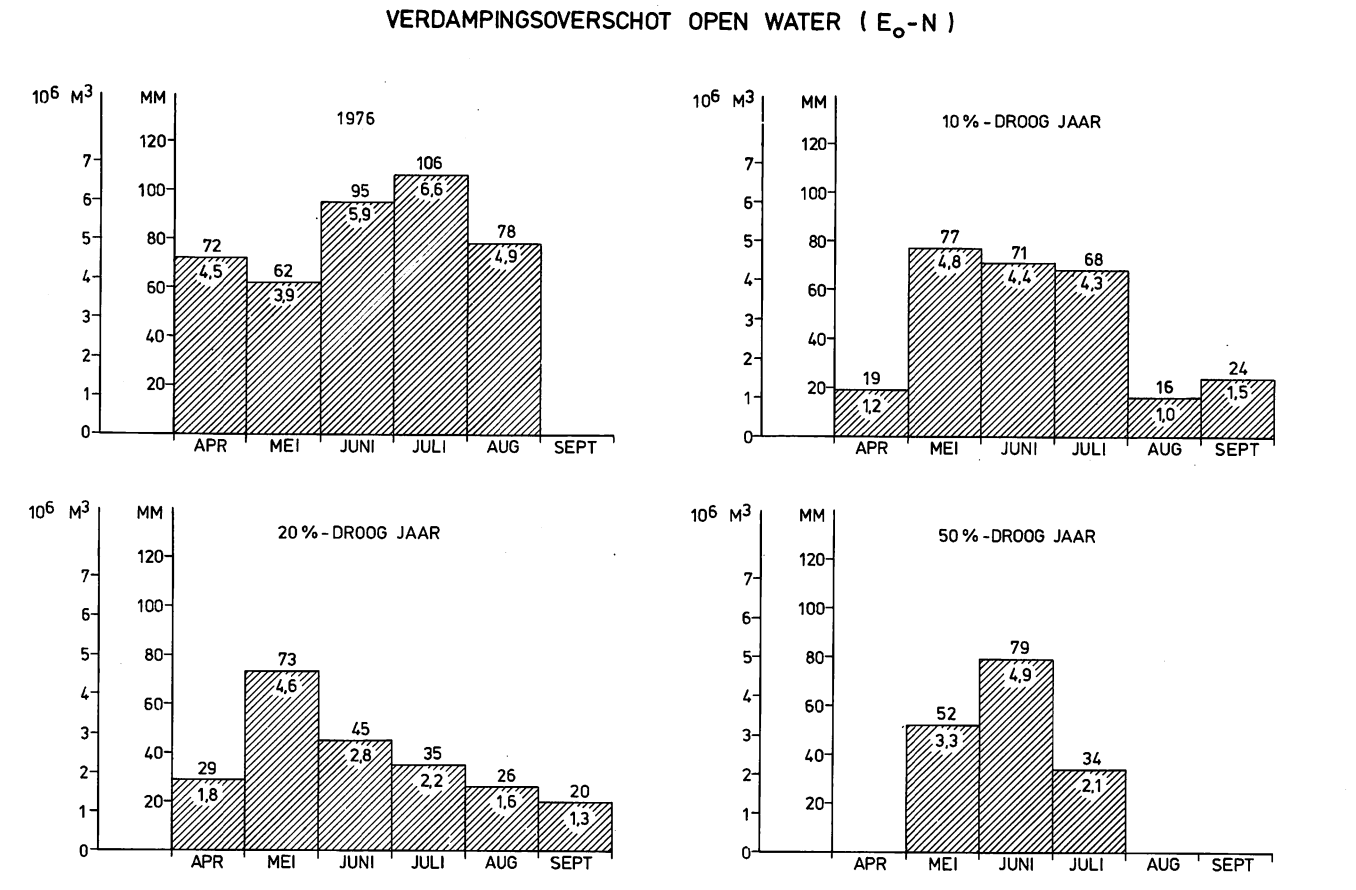
Tabel 20

Ten aanzien van de tabel kan het volgende worden opgemerkt:
- De leidingen op de hogere gronden zijn nodig indien volledige vochtvoorziening wordt nagestreefd. Hierbij is als uitgangspunt genomen dat het water door beregening zal worden verstrekt en dat met de huidige beregeningsapparatuur een strook van ca 300 m aan weerszijden van de leiding kan worden voorzien. Een slootafstand van ca 600 m is dus gewenst.
- De procentuele wateroppervlakte (c) is ontleend aan a. en b.
- De oppervlakte kultuurgrond (d) is ontleend aan tabel 3 van par. III.5.5.

Optelling van bovenstaande oppervlakten geeft de totale oppervlakte open water, met de verdeling over de provincie, zoals die is weergegeven in tabel 21.

	lage gronden	*middelhoge gronden*	*hoge gronden*	*totaal*
open water meer dan 6 m breed	2750 ha	900 ha	—	3650 ha
open water minder dan 6 m breed	1900 ha	575 ha	125 ha	2600 ha
totaal	4650 ha	1475 ha	125 ha	6250 ha

Tabel 21



Figuur 17.

In de tabellen 22a t/m 22d zijn deze oppervlakten verdeeld over de hydrologische bodemgroepen aan de hand van de oppervlakte-verdeling zoals die in tabel 3 is vermeld.

Het waterverlies van het open water, dat in het groeiseizoen moet worden aangevuld, is te berekenen als E_0-N, het verdampingsoverschot van open water (E_0 = openwaterverdamping volgens Penman, N = neerslag). Op overeenkomstige wijze als is aangegeven in par. III.4.3. (fig. 1) zijn voor de verschillende droogteklassejaren grafieken samengesteld, die het kumulatieve verdampingsoverschot weergeven. Aan de hand daarvan is de verdeling van het verdampingsoverschot van open water over het groeiseizoen bepaald en in fig. 17, in de vorm van enkele staafdiagrammen, weergegeven. De reeds eerder (par. III.4.3.) vermelde korrektie van 15 mm is hierin doorberekend. De hoeveelheden zijn weergegeven in mm en in miljoenen m^3. De waarden hebben betrekking op de gehele oppervlakte open water in Drenthe (6250 ha).
In de tabellen 22a t/m 22d zijn, door kombinatie van de aldus verkregen gegevens en van de oppervlaktegegevens, de verdampingsoverschotten per hydrologische bodemgroep over de verschillende droogteklassejaren vermeld. Deze getallen geven aan hoeveel water moet worden aangevoerd om peilsverlaging van het open water ten gevolge van de verdamping te voorkomen.
Ten aanzien van de verkregen resultaten moet worden opgemerkt dat bij de berekeningen het groeiseizoen is verdeeld in maandelijkse perioden. Indien een kortere periodelengte in beschouwing wordt genomen zullen de verdampingsoverschotten in mm/dag op sommige dagen hoger uitvallen. Het verdampingsoverschot op een warme, regenloze, zomerse dag bedraagt namelijk ca 5 mm. Deze dagen komen voor in ieder droogteklassejaar. In de praktijk betekent dit dat indien het water wordt aangevoerd met een kapaciteit, zoals in de tabellen 22a t/m 22d is vermeld, het waterpeil in de leidingen zal schommelen rond het gewenste peil afhankelijk van de dagelijkse weersomstandigheden. De afwijking van het gewenste niveau zal echter ten hoogste enkele centimeters bedragen, hetgeen toelaatbaar wordt geacht.

IV.17. De gesommeerde aanvullende waterbehoefte

De totale aanvullende waterbehoefte is te bepalen als de som van de hoeveelheden welke zijn berekend in de paragrafen IV.2. t/m IV.16.
Er dient rekening te worden gehouden met de omstandigheid dat in sommige gevallen hetzelfde water

Verdampingsoverschot van het open water in het groeiseizoen: 1976

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water, ha*	*Totaal ver-dampings-overschot*		*Verdeling v/h verdampingsoverschot over het groeiseizoen*											
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	180 ha	413	0,74	72	0,13	62	0,11	95	0,17	106	0,19	78	0,14	—	—
	— zonder kwel	grasland	180 ha	413	0,74	72	0,13	62	0,11	95	0,17	106	0,19	78	0,14	—	—
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	190 ha	413	0,78	72	0,14	62	0,12	95	0,18	106	0,20	78	0,15	—	—
	— ca. 15 cm veen	bouwland	495 ha	413	2,04	72	0,36	62	0,31	95	0,47	106	0,52	78	0,39	—	—
	— >30 cm veen	bouwland	735 ha	413	3,04	72	0,53	62	0,46	95	0,70	106	0,78	78	0,57	—	—
	— >30 cm veen	grasland	695 ha	413	2,87	72	0,50	62	0,43	95	0,66	106	0,74	78	0,54	—	—
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	445 ha	413	1,84	72	0,32	62	0,28	95	0,42	106	0,47	78	0,35	—	—
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	130 ha	413	0,54	72	0,09	62	0,08	95	0,12	106	0,14	78	0,10	—	—
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	155 ha	413	0,64	72	0,11	62	0,10	95	0,15	106	0,16	78	0,12	—	—
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	235 ha	413	0,97	72	0,17	62	0,15	95	0,22	106	0,25	78	0,18	—	—
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	110 ha	413	0,45	72	0,08	62	0,07	95	0,10	106	0,12	78	0,09	—	—
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	130 ha	413	0,54	72	0,09	62	0,08	95	0,12	106	0,14	78	0,10	—	—
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	195 ha	413	0,81	72	0,14	62	0,12	95	0,19	106	0,21	78	0,16	—	—
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	960 ha	413	3,96	72	0,69	62	0,60	95	0,91	106	1,02	78	0,75	—	—
	— veengrond, zonder kwel	grasland	480 ha	413	1,98	72	0,35	62	0,30	95	0,46	106	0,51	78	0,37	—	—
	— moerige gronden	grasland	270 ha	413	1,12	72	0,19	62	0,17	95	0,26	106	0,29	78	0,21	—	—
	— moerige gronden	bouwland	210 ha	413	0,87	72	0,15	62	0,13	95	0,20	106	0,22	78	0,16	—	—
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	110 ha	413	0,45	72	0,08	62	0,07	95	0,10	106	0,12	78	0,09	—	—
	— podzolgronden	bouwland	65 ha	413	0,27	72	0,05	62	0,04	95	0,06	106	0,07	78	0,05	—	—
	— enkeerdgronden	bouwland	155 ha	413	0,64	72	0,11	62	0,10	95	0,15	106	0,16	78	0,12	—	—
VI	Hoge zandgronden	grasland	30 ha	413	0,12	72	0,02	62	0,02	95	0,03	106	0,03	78	0,02	—	—
		bouwland	95 ha	413	0,39	72	0,07	62	0,06	95	0,09	106	0,10	78	0,07	—	—
	Totaal		6250 ha	413	25,8	72	4,5	62	3,9	95	5,9	106	6,6	78	4,9	—	—

Tabel 22a

Verdampingsoverschot van het open water in het groeiseizoen: 10%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water, ha*	*Totaal ver-dampings-overschot*		*Verdeling v/h verdampingsoverschot over het groeiseizoen*											
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	$10^6 m^3$	*mm*	$10^6 m^3$	*mm*	$10^6 m^3$	*mm*	$10^6 m^3$	*mm*	$10^6 m^3$	*mm*	$10^6 m^3$	*mm*	$10^6 m^3$
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	180 ha	275	0,50	19	0,03	77	0,14	71	0,13	68	0,12	16	0,03	24	0,04
	— zonder kwel	grasland	180 ha	275	0,50	19	0,03	77	0,14	71	0,13	68	0,12	16	0,03	24	0,04
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	190 ha	275	0,52	19	0,04	77	0,15	71	0,13	68	0,13	16	0,03	24	0,05
	— ca. 15 cm veen	bouwland	495 ha	275	1,36	19	0,09	77	0,38	71	0,35	68	0,34	16	0,08	24	0,12
	— >30 cm veen	bouwland	735 ha	275	2,02	19	0,14	77	0,57	71	0,52	68	0,50	16	0,12	24	0,18
	— >30 cm veen	grasland	695 ha	275	1,91	19	0,13	77	0,54	71	0,49	68	0,47	16	0,11	24	0,17
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	445 ha	275	1,22	19	0,08	77	0,34	71	0,32	68	0,30	16	0,07	24	0,11
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	130 ha	275	0,36	19	0,02	77	0,10	71	0,09	68	0,09	16	0,02	24	0,03
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	155 ha	275	0,43	19	0,03	77	0,12	71	0,11	68	0,11	16	0,02	24	0,04
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	235 ha	275	0,65	19	0,04	77	0,18	71	0,17	68	0,16	16	0,04	24	0,06
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	110 ha	275	0,30	19	0,02	77	0,08	71	0,08	68	0,07	16	0,02	24	0,03
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	130 ha	275	0,36	19	0,02	77	0,10	71	0,09	68	0,09	16	0,02	24	0,03
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	195 ha	275	0,54	19	0,04	77	0,15	71	0,14	68	0,13	16	0,03	24	0,05
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	960 ha	275	2,64	19	0,18	77	0,74	71	0,68	68	0,65	16	0,15	24	0,23
	— veengrond, zonder kwel	grasland	480 ha	275	1,32	19	0,09	77	0,37	71	0,34	68	0,33	16	0,08	24	0,12
	— moerige gronden	grasland	270 ha	275	0,74	19	0,05	77	0,21	71	0,19	68	0,18	16	0,04	24	0,06
	— moerige gronden	bouwland	210 ha	275	0,58	19	0,04	77	0,16	71	0,15	68	0,14	16	0,03	24	0,05
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	110 ha	275	0,30	19	0,02	77	0,08	71	0,08	68	0,07	16	0,02	24	0,03
	— podzolgronden	bouwland	65 ha	275	0,18	19	0,01	77	0,05	71	0,05	68	0,04	16	0,01	24	0,02
	— enkeerdgronden	bouwland	155 ha	275	0,43	19	0,03	77	0,12	71	0,11	68	0,11	16	0,02	24	0,04
VI	Hoge zandgronden	grasland	30 ha	275	0,08	19	0,01	77	0,02	71	0,02	68	0,02	16	0,00	24	0,01
		bouwland	95 ha	275	0,26	19	0,02	77	0,07	71	0,07	68	0,06	16	0,02	24	0,02
	Totaal		6250 ha	275	17,2	19	1,2	77	4,8	71	4,4	68	4,3	16	1,0	24	1,5

Tabel 22b

Verdampingsoverschot van het open water in het groeiseizoen: 20%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water, ha*	*Totaal ver-dampings-overschot*		*verdeling v/h verdampingsoverschot over het groeiseizoen*											
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	180 ha	228	0,41	29	0,05	73	0,13	45	0,08	35	0,06	26	0,05	20	0,04
	— zonder kwel	grasland	180 ha	228	0,41	29	0,05	73	0,13	45	0,08	35	0,06	26	0,05	20	0,04
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	190 ha	228	0,43	29	0,06	73	0,14	45	0,09	35	0,07	26	0,05	20	0,04
	— ca. 15 cm veen	bouwland	495 ha	228	1,13	29	0,14	73	0,36	45	0,22	35	0,17	26	0,13	20	0,10
	— >30 cm veen	bouwland	735 ha	228	1,68	29	0,21	73	0,54	45	0,33	35	0,26	26	0,19	20	0,15
	— >30 cm veen	grasland	695 ha	228	1,58	29	0,20	73	0,51	45	0,31	35	0,24	26	0,18	20	0,14
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	445 ha	228	1,01	29	0,13	73	0,32	45	0,20	35	0,16	26	0,12	20	0,09
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	130 ha	228	0,30	29	0,04	73	0,09	45	0,06	35	0,05	26	0,03	20	0,03
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	155 ha	228	0,35	29	0,04	73	0,11	45	0,07	35	0,05	26	0,04	20	0,03
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	235 ha	228	0,54	29	0,07	73	0,17	45	0,11	35	0,08	26	0,06	20	0,05
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	110 ha	228	0,25	29	0,03	73	0,08	45	0,05	35	0,04	26	0,03	20	0,02
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	130 ha	228	0,30	29	0,04	73	0,09	45	0,06	35	0,05	26	0,03	20	0,03
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	195 ha	228	0,44	29	0,06	73	0,14	45	0,09	35	0,07	26	0,05	20	0,04
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	960 ha	228	2,19	29	0,28	73	0,70	45	0,43	35	0,34	26	0,25	20	0,19
	— veengrond, zonder kwel	grasland	480 ha	228	1,09	29	0,14	73	0,35	45	0,22	35	0,17	26	0,12	20	0,10
	— moerige gronden	grasland	270 ha	228	0,62	29	0,08	73	0,20	45	0,12	35	0,09	26	0,07	20	0,05
	— moerige gronden	bouwland	210 ha	228	0,48	29	0,06	73	0,15	45	0,09	35	0,07	26	0,05	20	0,04
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	110 ha	228	0,25	29	0,03	73	0,08	45	0,05	35	0,04	26	0,03	20	0,02
	— podzolgronden	bouwland	65 ha	228	0,15	29	0,02	73	0,05	45	0,03	35	0,02	26	0,02	20	0,01
	— enkeerdgronden	bouwland	155 ha	228	0,35	29	0,04	73	0,11	45	0,07	35	0,05	26	0,04	20	0,03
VI	Hoge zandgronden	grasland	30 ha	228	0,07	29	0,01	73	0,02	45	0,01	35	0,01	26	0,01	20	0,01
		bouwland	95 ha	228	0,22	29	0,03	73	0,07	45	0,04	35	0,03	26	0,02	20	0,02
	Totaal		6250 ha	228	14,3	29	1,8	73	4,6	45	2,8	35	2,2	26	1,6	20	1,3

Tabel 22c

Verdampingsoverschot van het open water in het groeiseizoen: 50%-droog jaar

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Oppervl. open water, ha*	*Totaal verdampings-overschot*		*Verdeling v/h verdampingsoverschot over het groeiseizoen*											
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*	*mm*	*$10^6 m^3$*
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	180 ha	165	0,30	—	—	52	0,10	79	0,14	34	0,06	—	—	—	—
	— zonder kwel	grasland	180 ha	165	0,30	—	—	52	0,10	79	0,14	34	0,06	—	—	—	—
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	190 ha	165	0,31	—	—	52	0,10	79	0,15	34	0,06	—	—	—	—
	— ca. 15 cm veen	bouwland	495 ha	165	0,82	—	—	52	0,26	79	0,40	34	0,17	—	—	—	—
	— >30 cm veen	bouwland	735 ha	165	1,21	—	—	52	0,38	79	0,58	34	0,25	—	—	—	—
	— >30 cm veen	grasland	695 ha	165	1,15	—	—	52	0,36	79	0,55	34	0,24	—	—	—	—
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	445 ha	165	0,73	—	—	52	0,23	79	0,35	34	0,15	—	—	—	—
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	130 ha	165	0,21	—	—	52	0,07	79	0,10	34	0,04	—	—	—	—
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	155 ha	165	0,26	—	—	52	0,08	79	0,12	34	0,05	—	—	—	—
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	235 ha	165	0,39	—	—	52	0,12	79	0,19	34	0,08	—	—	—	—
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	110 ha	165	0,18	—	—	52	0,06	79	0,09	34	0,04	—	—	—	—
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	130 ha	165	0,21	—	—	52	0,07	79	0,10	34	0,04	—	—	—	—
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	195 ha	165	0,32	—	—	52	0,10	79	0,15	34	0,07	—	—	—	—
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	960 ha	165	1,58	—	—	52	0,50	79	0,76	34	0,33	—	—	—	—
	— veengrond, zonder kwel	grasland	480 ha	165	0,79	—	—	52	0,25	79	0,38	34	0,16	—	—	—	—
	— moerige gronden	grasland	270 ha	165	0,45	—	—	52	0,14	79	0,21	34	0,09	—	—	—	—
	— moerige gronden	bouwland	210 ha	165	0,35	—	—	52	0,11	79	0,17	34	0,07	—	—	—	—
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	110 ha	165	0,18	—	—	52	0,06	79	0,09	34	0,04	—	—	—	—
	— podzolgronden	bouwland	65 ha	165	0,11	—	—	52	0,03	79	0,05	34	0,02	—	—	—	—
	— enkeerdgronden	bouwland	155 ha	165	0,26	—	—	52	0,08	79	0,12	34	0,05	—	—	—	—
VI	Hoge zandgronden	grasland	30 ha	165	0,05	—	—	52	0,02	79	0,02	34	0,01	—	—	—	—
		bouwland	95 ha	165	0,16	—	—	52	0,05	79	0,08	34	0,03	—	—	—	—
	Totaal		6250 ha	165	10,3	—	—	52	3,3	79	4,9	34	2,1	—	—	—	—

Tabel 22d

1976
Gesommeerde aanvullende waterbehoefte van de faktoren uit groep A

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Opper-vlakte in ha*	*Totaal*		*Verdeling over het groeiseizoen*									
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	4.300	194,4	8,36	3,3	0,14	2,8	0,12	39,1	1,68	80,0	3,44	69,1	2,97	0,2	0,01
	— zonder kwel	grasland	4.300	244,0	10,49	3,3	0,14	16,7	0,72	74,7	3,21	80,0	3,44	69,1	2,97	0,2	0,01
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	9.700	273,3	26,51	1,4	0,14	1,2	0,12	69,8	6,77	118,2	11,47	82,6	8,01	—	—
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	138,1	16,16	3,1	0,36	2,6	0,31	4,0	0,47	80,6	9,43	47,8	5,59	—	—
	— >30 cm veen	bouwland	17.400	83,0	14,44	3,0	0,53	2,6	0,46	4,0	0,70	25,2	4,38	48,1	8,37	—	—
	— >30 cm veen	grasland	16.400	246,6	40,44	3,4	0,55	18,2	2,98	75,2	12,33	80,7	13,24	68,8	11,29	0,3	0,05
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	10.500	200,8	21,08	3,3	0,35	3,0	0,31	44,3	4,65	81,0	8,50	69,0	7,24	0,3	0,03
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	6.800	316,9	21,55	1,6	0,11	1,5	0,10	92,4	6,28	116,9	7,95	104,3	7,09	0,3	0,02
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	8.100	300,4	24,33	1,6	0,13	1,5	0,12	74,6	6,04	117,3	9,50	105,2	8,52	0,2	0,02
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	12.200	286,9	35,00	1,7	0,21	1,6	0,19	58,4	7,12	118,9	14,51	106,0	12,93	0,3	0,04
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	5.600	237,3	13,29	1,4	0,08	1,3	0,07	38,8	2,17	116,1	6,50	79,8	4,47	—	—
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	6.700	196,3	13,15	1,3	0,09	1,2	0,08	1,8	0,12	110,9	7,43	81,0	5,43	—	—
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	10.100	178,3	18,01	1,4	0,14	1,2	0,12	1,9	0,19	93,1	9,40	80,8	8,16	—	—
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	195,7	44,43	3,3	0,76	3,0	0,67	39,1	8,88	80,6	18,29	69,4	15,76	0,3	0,07
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	246,8	28,13	3,3	0,38	17,8	2,03	75,3	8,58	81,1	9,24	69,0	7,87	0,3	0,03
	— moerige gronden	grasland	6.400	195,9	12,54	3,3	0,21	3,0	0,19	38,8	2,48	80,8	5,17	69,8	4,47	0,3	0,02
	— moerige gronden	bouwland	5.000	154,2	7,71	3,0	0,15	2,6	0,13	20,0	1,00	79,4	3,97	49,2	2,46	—	—
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	5.800	340,9	19,77	1,7	0,10	1,6	0,09	112,9	6,55	117,6	6,82	106,7	6,19	0,3	0,02
	— podzolgronden	bouwland	3.400	275,3	9,36	1,5	0,05	1,2	0,04	74,7	2,54	117,9	4,01	80,0	2,72	—	—
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	282,0	22,56	1,4	0,11	1,3	0,10	80,9	6,47	117,1	9,37	81,4	6,51	—	—
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	411,3	16,45	0,8	0,03	79,8	3,19	110,3	4,41	116,0	4,64	104,3	4,17	0,3	0,01
		bouwland	12.700	356,5	45,27	0,6	0,07	50,0	6,35	110,0	13,97	115,7	14,69	80,2	10,19	—	—
	Totaal		203.200	230,8	469,03	2,4	4,83	9,1	18,49	52,5	106,61	91,2	185,39	75,5	153,38	0,2	0,33

Tabel 23a

10%-droog jaar
Gesommeerde aanvullende waterbehoefte van de faktoren uit groep A

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Opper-vlakte in ha*	*Totaal*		*Verdeling over het groeiseizoen*											
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	4.300	57,0	2,45	0,9	0,04	3,5	0,15	3,3	0,14	47,2	2,03	0,9	0,04	1,2	0,05
	— zonder kwel	grasland	4.300	108,4	4,66	0,9	0,04	3,5	0,15	54,7	2,35	47,2	2,03	0,9	0,04	1,2	0,05
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	9.700	85,5	8,29	0,4	0,04	1,5	0,15	1,3	0,13	81,3	7,89	0,3	0,03	0,5	0,05
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	21,9	2,56	0,8	0,09	3,2	0,38	3,0	0,35	13,2	1,54	0,7	0,08	1,0	0,12
	— >30 cm veen	bouwland	17.400	11,7	2,03	0,8	0,14	3,3	0,57	3,0	0,52	2,9	0,50	0,7	0,12	1,0	0,18
	— >30 cm veen	grasland	16.400	108,7	17,83	1,1	0,18	3,6	0,59	53,4	8,76	48,3	7,92	1,0	0,16	1,3	0,22
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	10.500	62,9	6,60	1,0	0,11	3,5	0,37	8,1	0,85	47,9	5,03	1,0	0,10	1,3	0,14
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	6.800	135,6	9,22	0,6	0,04	1,8	0,12	50,4	3,43	81,5	5,54	0,6	0,04	0,7	0,05
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	8.100	90,9	7,36	0,6	0,05	1,7	0,14	1,6	0,13	85,7	6,94	0,5	0,04	0,7	0,06
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	12.200	75,9	9,26	0,7	0,08	1,8	0,22	1,7	0,21	70,2	8,57	0,7	0,08	0,8	0,10
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	5.600	53,0	2,97	0,4	0,02	1,4	0,08	1,4	0,08	48,9	2,74	0,4	0,02	0,5	0,03
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	6.700	5,2	0,35	0,3	0,02	1,5	0,10	1,3	0,09	1,3	0,09	0,3	0,02	0,4	0,03
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	10.100	5,3	0,54	0,4	0,04	1,5	0,15	1,4	0,14	1,3	0,13	0,3	0,03	0,5	0,05
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	58,4	13,25	1,1	0,25	3,6	0,81	3,3	0,75	48,1	10,92	1,0	0,22	1,3	0,30
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	108,2	12,33	1,1	0,12	3,6	0,40	53,4	6,09	47,9	5,46	1,0	0,11	1,3	0,15
	— moerige gronden	grasland	6.400	58,6	3,75	1,1	0,07	3,6	0,23	3,3	0,21	48,4	3,10	0,9	0,06	1,3	0,08
	— moerige gronden	bouwland	5.000	37,4	1,87	0,8	0,04	3,2	0,16	3,0	0,15	28,8	1,44	0,6	0,03	1,0	0,05
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	5.800	156,4	9,07	0,7	0,04	1,7	0,10	70,2	4,07	82,2	4,77	0,7	0,04	0,9	0,05
	— podzolgronden	bouwland	3.400	88,8	3,02	0,3	0,01	1,5	0,05	1,5	0,05	84,7	2,88	0,3	0,01	0,6	0,02
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	123,1	9,85	0,4	0,03	1,5	0,12	39,3	3,14	81,3	6,50	0,2	0,02	0,5	0,04
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	230,5	9,22	0,5	0,02	62,3	2,49	86,5	3,46	80,5	3,22	0,3	0,01	0,5	0,02
		bouwland	12.700	172,8	21,95	0,2	0,02	0,5	0,07	91,7	11,64	80,2	10,18	0,2	0,02	0,2	0,02
	Totaal		203.200	78,0	158,43	0,7	1,49	3,7	7,60	23,0	46,74	48,9	99,42	0,7	1,32	0,9	1,86

Tabel 23b

20%-droog jaar
Gesommeerde aanvullende waterbehoefte van de faktoren uit groep A

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Opper-vlakte in ha*	*Totaal*		*Verdeling over het groeiseizoen*									
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3	*mm*	10^6m^3
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	4.300	20,2	0,87	1,4	0,06	3,3	0,14	2,1	0,09	10,9	0,47	1,4	0,06	1,2	0,05
	— zonder kwel	grasland	4.300	71,6	3,08	1,4	0,06	3,3	0,14	53,5	2,30	10,9	0,47	1,4	0,06	1,2	0,05
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	9.700	43,4	4,21	0,6	0,06	1,4	0,14	0,9	0,09	39,5	3,83	0,5	0,05	0,4	0,04
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	9,6	1,12	1,2	0,14	3,1	0,36	1,9	0,22	1,4	0,17	1,1	0,13	0,9	0,10
	— >30 cm veen	bouwland	17.400	9,8	1,70	1,2	0,21	3,1	0,54	2,0	0,35	1,5	0,26	1,1	0,19	0,9	0,15
	— >30 cm veen	grasland	16.400	71,2	11,68	1,5	0,25	3,4	0,56	52,2	8,56	11,5	1,89	1,4	0,23	1,2	0,19
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	10.500	26,7	2,80	1,5	0,16	3,3	0,35	7,0	0,73	12,3	1,29	1,4	0,15	1,1	0,12
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	6.800	93,5	6,36	0,9	0,06	1,6	0,11	50,0	3,40	39,6	2,69	0,7	0,05	0,7	0,05
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	8.100	49,0	3,97	0,7	0,06	1,6	0,13	1,1	0,09	44,2	3,58	0,7	0,06	0,6	0,05
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	12.200	6,4	0,78	0,9	0,11	1,7	0,21	1,2	0,15	1,0	0,12	0,8	0,10	0,7	0,09
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	5.600	4,5	0,25	0,5	0,03	1,4	0,08	0,9	0,05	0,7	0,04	0,5	0,03	0,4	0,02
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	6.700	4,5	0,30	0,6	0,04	1,3	0,09	0,9	0,06	0,7	0,05	0,4	0,03	0,4	0,03
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	10.100	4,5	0,45	0,6	0,06	1,4	0,14	0,9	0,09	0,7	0,07	0,5	0,05	0,4	0,04
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	21,6	4,91	1,5	0,35	3,4	0,77	2,2	0,50	11,9	2,71	1,4	0,32	1,1	0,26
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	71,1	8,10	1,5	0,17	3,3	0,38	52,4	5,97	11,4	1,30	1,3	0,15	1,1	0,13
	— moerige gronden	grasland	6.400	20,8	1,33	1,6	0,10	3,4	0,22	2,2	0,14	11,1	0,71	1,4	0,09	1,1	0,07
	— moerige gronden	bouwland	5.000	9,2	0,46	1,2	0,06	3,0	0,15	1,8	0,09	1,4	0,07	1,0	0,05	0,8	0,04
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	5.800	115,0	6,67	0,9	0,05	1,7	0,10	69,8	4,05	41,0	2,38	0,9	0,05	0,7	0,04
	— podzolgronden	bouwland	3.400	46,5	1,58	0,6	0,02	1,5	0,05	0,9	0,03	42,6	1,45	0,6	0,02	0,3	0,01
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	80,9	6,47	0,5	0,04	1,4	0,11	38,8	3,10	39,4	3,15	0,5	0,04	0,4	0,03
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	189,3	7,57	0,5	0,02	62,3	2,49	86,3	3,45	39,3	1,57	0,5	0,02	0,5	0,02
		bouwland	12.700	130,9	16,62	0,2	0,03	0,6	0,07	90,6	11,51	39,1	4,97	0,2	0,02	0,2	0,02
	Totaal		203.200	44,9	91,28	1,1	2,14	3,6	7,33	22,2	45,02	16,4	33,24	1,0	1,95	0,8	1,60

Tabel 23c

50%-droog jaar
Gesommeerde aanvullende waterbehoefte van de faktoren uit groep A per hydrologische bodemgroep

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling		*Grond-gebruik*	*Opper-vlakte in ha*	*Totaal*		*Verdeling over het groeiseizoen*											
						april		*mei*		*juni*		*juli*		*aug.*		*sept.*	
				mm	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*
I	Veengronden																
	— met kwel	grasland	4.300	8,4	0,36	0,2	0,01	2,6	0,11	3,5	0,15	1,6	0,07	0,2	0,01	0,2	0,01
	— zonder kwel	grasland	4.300	22,3	0,96	0,2	0,01	2,6	0,11	3,5	0,15	15,6	0,67	0,2	0,01	0,2	0,01
II	Veenkoloniale gronden																
	— zand	bouwland	9.700	3,2	0,31	—	—	1,0	0,10	1,5	0,15	0,6	0,06	—	—	—	—
	— ca. 15 cm veen	bouwland	11.700	7,1	0,83	—	—	2,2	0,26	3,4	0,40	1,5	0,17	—	—	—	—
	— >30 cm veen	bouwland	17.400	7,0	1,21	—	—	2,2	0,38	3,3	0,58	1,4	0,25	—	—	—	—
	— >30 cm veen	grasland	16.400	24,1	3,95	0,3	0,05	2,5	0,41	3,7	0,60	17,0	2,79	0,3	0,05	0,3	0,05
III	Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.																
	— laag zand	grasland	10.500	8,7	0,91	0,3	0,03	2,5	0,26	3,6	0,38	1,7	0,18	0,3	0,03	0,3	0,03
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	6.800	4,9	0,33	0,3	0,02	1,3	0,09	1,8	0,12	0,9	0,06	0,3	0,02	0,3	0,02
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	8.100	4,6	0,37	0,2	0,02	1,2	0,10	1,7	0,14	0,9	0,07	0,2	0,02	0,2	0,02
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	12.200	5,2	0,63	0,3	0,04	1,3	0,16	1,9	0,23	1,0	0,12	0,3	0,04	0,3	0,04
	— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	5.600	3,4	0,19	—	—	1,1	0,06	1,6	0,09	0,7	0,04	—	—	—	—
	— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	6.700	3,1	0,21	—	—	1,0	0,07	1,5	0,10	0,6	0,04	—	—	—	—
	— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	10.100	3,2	0,32	—	—	1,0	0,10	1,5	0,15	0,7	0,07	—	—	—	—
IV	Venige beekdalgronden																
	— veengrond, met kwel	grasland	22.700	8,9	2,01	0,3	0,07	2,5	0,57	3,7	0,83	1,8	0,40	0,3	0,07	0,3	0,07
	— veengrond, zonder kwel	grasland	11.400	23,4	2,67	0,3	0,03	2,5	0,28	3,6	0,41	16,6	1,89	0,3	0,03	0,3	0,03
	— moerige gronden	grasland	6.400	8,8	0,56	0,3	0,02	2,5	0,16	3,6	0,23	1,7	0,11	0,3	0,02	0,3	0,02
	— moerige gronden	bouwland	5.000	7,0	0,35	—	—	2,2	0,11	3,4	0,17	1,4	0,07	—	—	—	—
V	Middelhoge zandgronden																
	— podzolgronden	grasland	5.800	5,3	0,31	0,3	0,02	1,4	0,08	1,9	0,11	1,0	0,06	0,3	0,02	0,3	0,02
	— podzolgronden	bouwland	3.400	2,9	0,10	—	—	0,9	0,03	1,5	0,05	0,6	0,02	—	—	—	—
	— enkeerdgronden	bouwland	8.000	3,1	0,25	—	—	1,0	0,08	1,5	0,12	0,6	0,05	—	—	—	—
VI	Hoge zandgronden	grasland	4.000	108,8	4,35	0,3	0,01	0,8	0,03	62,3	2,49	45,0	1,80	0,3	0,01	0,3	0,01
		bouwland	12.700	50,8	6,45	—	—	0,3	0,05	0,6	0,08	49,8	6,32	—	—	—	—
	Totaal		203.200	13,6	27,63	0,2	0,33	1,8	3,60	3,8	7,73	7,5	15,31	0,2	0,33	0,2	0,33

Tabel 23d

De totale aanvullende waterbehoefte in $10^6 m^3$

			april	*mei*	*juni*	*juli*	*aug.*	*sept.*	*Totaal*
1976	Groep A		4,83	18,49	106,61	185,39	153,38	0,33	469,03
	Groep B	glastuinbouw	0,27	0,32	0,32	0,32	0,27	0,27	1,77
		natuurgebieden	—	0,07	0,34	0,37	0,32	—	1,10
		scheepvaart	0,66	0,75	1,51	3,02	1,59	0,93	8,46
		stoominjektie	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,90
		buiten provincie	—	0,01	1,31	1,60	1,37	—	4,29
	Totaal		5,91	19,79	110,24	190,85	157,08	1,68	485,55
10%-droog jaar	Groep A		1,49	7,60	46,74	99,42	1,32	1,86	158,43
	Groep B	glastuinbouw	0,27	0,32	0,32	0,32	0,27	0,27	1,77
		natuurgebieden	—	—	0,25	0,22	—	—	0,47
		scheepvaart	0,66	0,75	1,51	3,02	1,59	0,93	8,46
		stoominjektie	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,90
		buiten provincie	—	—	0,66	0,95	—	—	1,61
	Totaal		2,57	8,82	49,63	104,08	3,33	3,21	171,64
20%-droog jaar	Groep A		2,14	7,33	45,02	33,24	1,95	1,60	91,28
	Groep B	glastuinbouw	0,27	0,32	0,32	0,32	0,27	0,27	1,77
		natuurgebieden	—	—	0,25	0,05	—	—	0,30
		scheepvaart	0,66	0,75	1,51	3,02	1,59	0,93	8,46
		stoominjektie	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,90
		buiten provincie	—	—	0,66	0,21	—	—	0,87
	Totaal		3,22	8,55	47,91	36,99	3,96	2,95	103,58
50%-droog jaar	Groep A		0,33	3,60	7,73	15,31	0,33	0,33	27,63
	Groep B	glastuinbouw	0,27	0,32	0,32	0,32	0,27	0,27	1,77
		natuurgebieden	—	—	—	0,07	—	—	0,07
		scheepvaart	0,66	0,75	1,51	3,02	1,59	0,93	8,46
		stoominjektie	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,90
		buiten provincie	—	—	—	0,04	—	—	0,04
	Totaal		1,41	4,82	9,71	18,91	2,34	1,68	38,87

Tabel 24

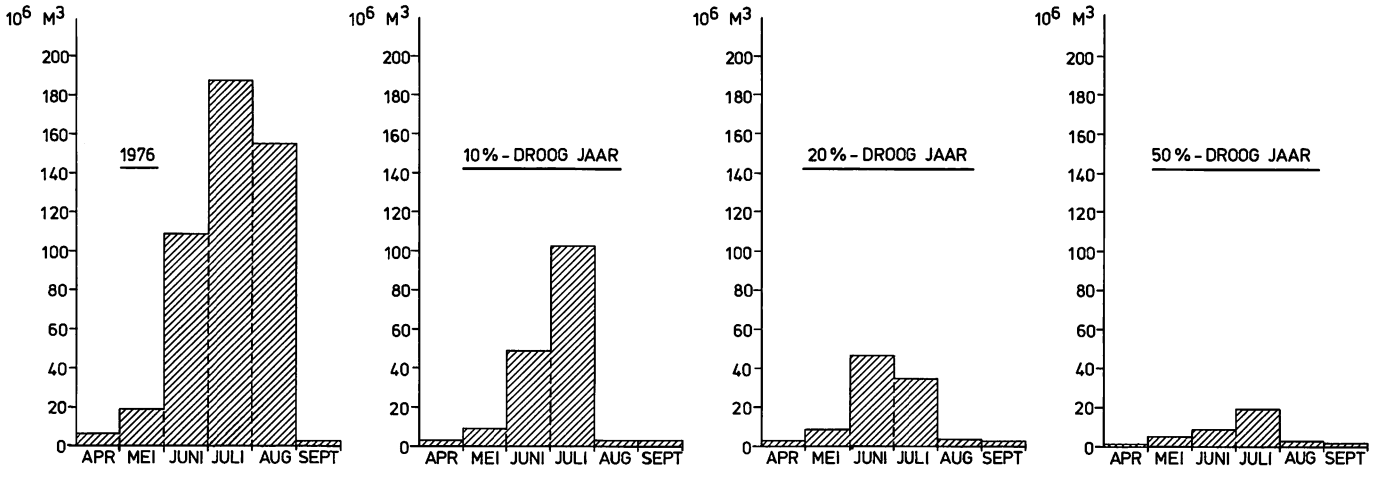
meerdere funkties kan vervullen. Zo kan bijvoorbeeld het voor de landbouw aan te voeren water tevens dienst doen voor de doorspoeling van de kanalen. Bij het berekenen van de gesommeerde aanvullende waterbehoefte dienen dergelijke dubbelfunkties te worden gesignaleerd en in de totaaltelling mag de betreffende hoeveelheid slechts eenmalig worden meegenomen.
Verder moet worden opgemerkt dat enkele watervragende faktoren niet kunnen worden ingepast in de indeling van de hydrologische bodemgroepen zoals die bij de berekeningen steeds is aangehouden. Hierbij wordt gedoeld op de faktoren glastuinbouw, natuurgebieden, scheepvaart en stoominjektieprojekt van de N.A.M.
Naar aanleiding van de bovenstaande opmerkingen zijn de watervragende faktoren in drie groepen ingedeeld:
groep A
— faktoren waarvan de waterbehoefte is berekend per hydrologische bodemgroep:
  IV.2. Vochttekort landbouwgewassen
  IV.4. Veedrenking
  IV.13. Verhoging van het waterpeil in het voorjaar
  IV.14. Verliezen bij infiltratie en beregening
  IV.15. Wegzijgingsverliezen uit aanvoerleidingen
  IV.16. Verdamping open water

groep B
— faktoren welke niet kunnen worden ingepast in de indeling van de hydrologische bodemgroepen:
  IV.3. Glastuinbouw
  IV.7. Peilbeheersing scheepvaart
  IV.9. Natuurgebieden
  IV.11. Stoominjektieprojekt van de N.A.M.
  IV.12. Gebieden buiten de provincie

groep C
— Faktoren welke, om dubbeltelling te voorkomen, in de totaaltelling niet worden meegerekend:
  IV.5. Ziekte- en onkruidbestrijding
  IV.6. Drink- en industriewatervoorziening
  IV.8. Doorspoeling
  IV.10. Rekreatie.

In de tabellen 23a t/m 23d en 24 is de kwantificering van de waterbehoefte uitgewerkt.
In de tabellen 23a t/m 23d zijn de faktoren van groep A verwerkt. De gesommeerde aanvullende waterbehoefte van de faktoren van groep A zijn per hydrologische bodemgroep per droogteklassejaar weergegeven.
In tabel 24 is de totale aanvullende waterbehoefte vermeld. In deze tabel zijn de waterbehoeften van groep A en van groep B afzonderlijk vermeld en ver-

TOTALE AANVULLENDE WATERBEHOEFTE



Figuur 18.

Hoeveelheden opgepompt water vanuit het Meppelerdiep in m^3

jaar	*gemiddelde van de gemalen op de drie zuidelijke sluizen*	*jaar*	*gemiddelde van de gemalen op de drie zuidelijke sluizen*	*jaar*	*gemiddelde van de gemalen op de drie zuidelijke sluizen*
1953	12.222.756	1961	2.008.344	1969	16.692.328
1954	6.159.348	1962	10.874.479	1970	11.836.119
1955	19.744.452	1963	6.046.992	1971	34.578.168
1956	4.387.656	1964	24.271.541	1972	22.316.824
1957	13.178.880	1965	12.632.100	1973	37.431.281
1958	1.503.060	1966	7.442.984	1974	19.786.799
1959	74.104.056	1967	10.561.790	1975	23.669.400
1960	23.812.308	1968	3.234.382	1976	54.879.562

Tabel 25

volgens samengevoegd. Deze tabel geeft dus voor de vier droogteklassejaren de totale aanvullende hoeveelheid water welke benodigd is voor geheel Drenthe voor alle doeleinden tezamen. In figuur 18 zijn de resultaten nog eens grafisch verwerkt.

IV.18. Globale waterbalans van Drenthe

IV.18.1. Globale waterbalans in een gemiddeld jaar

Nagenoeg al het water dat in Drenthe beschikbaar komt (afstroomt), is afkomstig van de neerslag. Er is vrijwel geen voeding vanuit andere watervoerende lagen buiten Drenthe (ondergrondse toestroming) en er zijn ook geen rivieren die water aanvoeren.
Behalve door neerslag komt alleen door oppompen via het kanalensysteem nog water Drenthe binnen. De in de opeenvolgende jaren naar Drenthe opgepompte hoeveelheden zijn vermeld in tabel 25.
Teneinde inzicht te krijgen in de hydrologische mogelijkheden van de beschikbare hoeveelheid neerslag volgt hieronder een eerste, uiterst globale "gemiddelde" waterbalans (lit. 35). Er is uitgegaan van een oppervlakte van Drenthe van 268.000 hektare.

In: Neerslag (1953-1968)	812 mm	$2180 \times 10^6 m^3/j$
Uit: Evapotranspiratie	477 mm	$-1280 \times 10^6 m^3/j$
Neerslagoverschot	335 mm	ca. $900 \times 10^6 m^3/j$
Ondergrondse afstroming	$30 \times 10^6 m^3/j$	
Snelle afstroming	$125 \times 10^6 m^3/j$	
Verschil tussen uitvoer via leidingen en rioleringen en invoer via kanalen	$+ 45 \times 10^6 m^3/j$	
		$-$ ca. $200 \times 10^6 m^3/j$
Drainage-afvoer		ca. $700 \times 10^6 m^3/j$

De ondergrondse afstroming is het water dat ondergronds de provincie verlaat naar de omliggende provincies. Deze is sterk te beïnvloeden door grondwateronttrekking, hetgeen reeds gebeurt.

De snelle afstroming is dát deel van de neerslag dat direkt in de beken valt of, bv. na zware regenbuien, over het oppervlak de watergangen bereikt of zeer ondiep door de grond afstroomt. Beide komponenten veroorzaken sterke pieken in het afvoerverloop van de beken. Door ontwatering of grondwaterwinning is op hoge gronden de direkte afstroming over het oppervlak niet te beïnvloeden. Op lage gronden is dit wel het geval. Door vergroting van de berging zal de snelle afvoer afnemen.

De drainage-afvoer wordt gevormd door het water dat, na in de bodem geïnfiltreerd te zijn, binnen Drenthe weer tot afstroming komt via de sloten en beken.

De afvoeren in zomer en winter verhouden zich blijkens metingen gemiddeld als 1 : 2,5. Als nu wordt aangenomen dat de ondergrondse afstroming en de uitvoer van water uit de provincie via leiding of rioleringgelijk over zomer- en winterseizoen zijn verdeeld, dat de snelle afstroming een vast percentage (15%) is van de totale afvoer in zomer en winter en dat de inlaat alleen in de zomer plaatsvindt, dan volgt een verdeling van het water zoals hieronder is weergegeven:

	Neerslag inkl. berging minus evapotranspiratie	Afstroming en netto uitvoer	Drainage-afvoer
zomer	$255 \times 10^6 m^3$	$70 \times 10^6 m^3$	$185 \times 10^6 m^3$
winter	$645 \times 10^6 m^3$	$130 \times 10^6 m^3$	$515 \times 10^6 m^3$
totaal	$900 \times 10^6 m^3$	$200 \times 10^6 m^3$	$700 \times 10^6 m^3$

Uit de afvoermetingen blijkt dat er in de zomer toch nog water tot afstroming komt, hoewel er dan een neerslagtekort heerst. Dit is te verklaren doordat een deel van het water onbereikbaar is voor de gewassen. Enerzijds is er de snelle afvoer van hevige regenbuien. Anderzijds is er de kwelstroming vanuit hogere gebieden naar de waterlopen en beken in de lagere gebieden. De werkelijke evapotranspiratie past zich aan de beschikbare hoeveelheid water aan en is daardoor aanzienlijk kleiner dan de potentiële verdamping. Dit gaat gepaard met opbrengstverliezen.

IV.18.2. Globale waterbalans in een 10%-droog jaar

Naast de in het kader van het regionaal onderzoek opgezette waterbalansen voor een gemiddeld jaar, bestond ten behoeve van deze studie behoefte aan inzicht in de waterbalans van een 10%-droog jaar. Hiertoe is een waterbalans opgesteld voor de zomer van 1971, een nagenoeg 10%-droog jaar (zie figuur 1). Gemiddeld over Drenthe wijkt het neerslagtekort in 1971 minder af van een "standaard" 10%-droog jaar dan het neerslagtekort dat volgt uit de gegevens van het K.N.M.I.-station te Dedemsvaart.

De waterbalans van 1 april tot 1 oktober 1971 ziet er als volgt uit:

Beschikbaar:

neerslag 296 mm	$792 \times 10^6 m^3$
berging	$426 \times 10^6 m^3$
opgepompt via kanalen	$+ 35 \times 10^6 m^3$
	$1.253 \times 10^6 m^3$

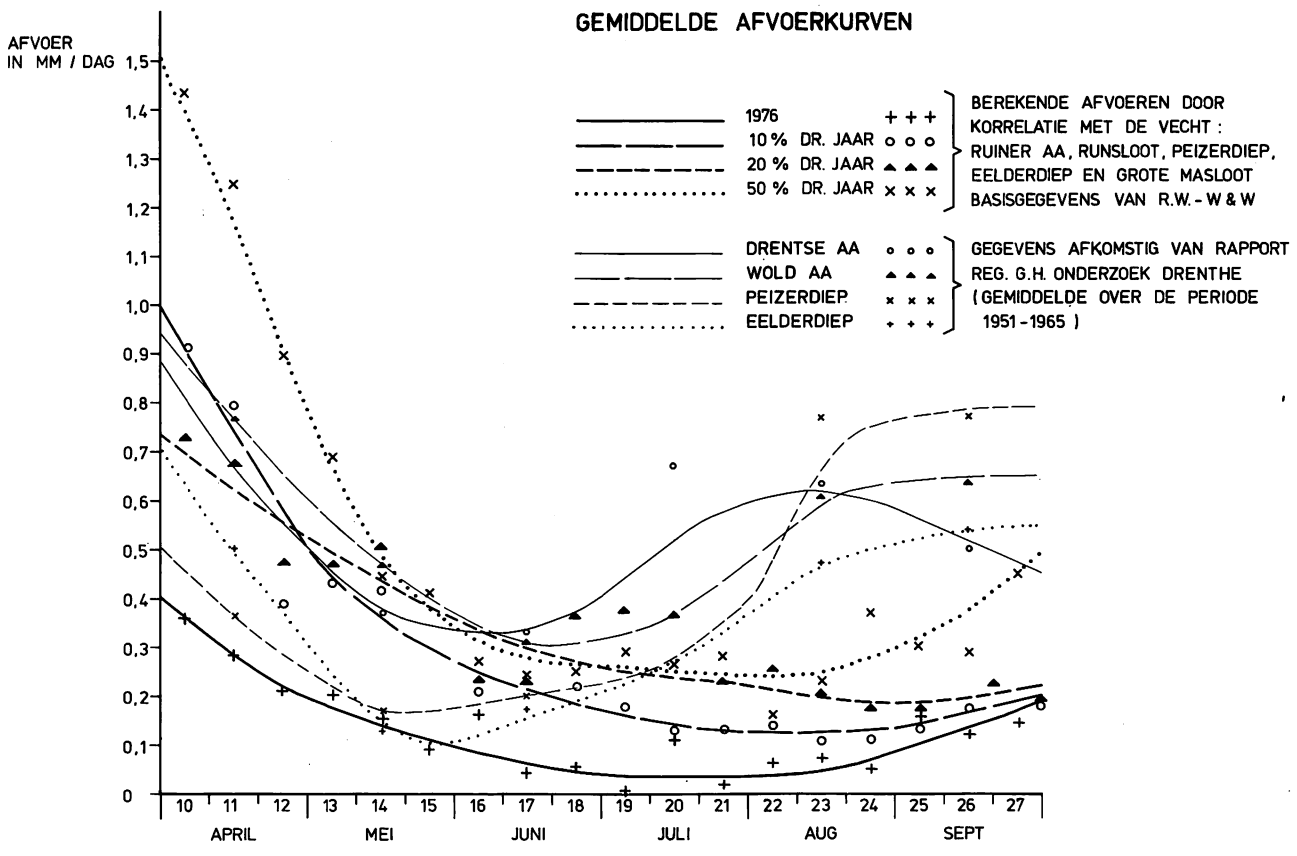
Afgevoerd:

ondergrondse afstroming	$15 \times 10^6 m^3$	
beekafvoeren	$88 \times 10^6 m^3$	
gesloten leidingen	$+ 38 \times 10^6 m^3$	$- 141 \times 10^6 m^3$
verdamping		$1.112 \times 10^6 m^3$

Er is dus in 1971 van 1 april tot 1 oktober $1112 \times 10^6 m^3$ water verdampt. Dit komt neer op 415 mm gemiddeld over geheel Drenthe ($= E_{akt}$).
In een gemiddeld jaar bedraagt te Dedemsvaart E_o 550 mm. In 1971 was E_o 567 mm. E_{pot}, gesteld op $0{,}8E_o$, bedraagt dus in een gemiddeld jaar 440 mm. Dit was in 1971 454 mm.
In par. III.4. is, daar zuid Drenthe qua klimaat natter is dan noord Drenthe een korrektie van 15 mm op de verdampingsoverschotten te Dedemsvaart toegepast.
Uit de getallen die hieraan ten grondslag liggen (lit. 3 en 11) blijkt dat deze korrektie ongeveer voor de helft door de neerslag en voor de helft door de verdamping wordt veroorzaakt. Het verdampingstekort gemiddeld over Drenthe, bedroeg dus in 1971 in de zomer 454 + 7 — 415 = 46 mm of, gerekend over 203.200 ha kultuurgrond $93{,}5 \times 10^6 m^3$. Dit cijfer is exklusief de $34{,}6 \times 10^6 m^3$ die in 1971 via de kanalen is opgepompt. Als aangenomen wordt dat van deze hoeveelheid $22{,}6 \times 10^6 m^3$ ten goede gekomen is aan de verdamping, zou het verdampingstekort zonder deze toevoer $116 \times 10^6 m^3$ hebben bedragen.
Te Dedemsvaart bedroeg in de zomer van 1971 de neerslag 278 mm en het verdampingsoverschot 454 — 278 = 176 mm, 21 mm meer dan in een "standaard" 10%-droog jaar met een neerslagtekort te Dedemsvaart van 155 mm (zie par. III.4.).
Over geheel Drenthe bedroeg de gemiddelde neerslag 296 mm en het verdampingsoverschot 454 + 7 — 296 = 165 mm. In een standaard 10%-droog jaar is dit voor Drenthe 170 mm (zie par. III.4.), een geringer tekort dus in 1971 van 5 mm of, over 203.200 ha kultuurland, $10 \times 10^6 m^3$. In een "standaard" 10%-droog jaar zou het tekort dus $116 + 10 = 126 \times 10^6 m^3$ hebben bedragen. Dit getal stemt, gezien het globale karakter van de berekening, redelijk overeen met hetgeen op grond van het in par. IV.2. gevonden getal ($96{,}3 \times 10^6 m^3$) verwacht kon worden. Het verschil van $30 \times 10^6 m^3$ wordt waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door de snelle afvoer die in de waterbalans wel, maar bij het in par. IV.2. berekende tekort niet aan dit tekort bijdraagt.

IV.18.3. Een nadere beschouwing van de oppervlaktewaterafvoer

Uit het voorgaande blijkt dat het overgrote deel van het neerslagoverschot via het oppervlaktewater binnen de provincie tot afstroming komt. De ondergrond van Drenthe is dus sterk geschematiseerd voor te stellen als een groot bekken dat boordevol grondwater staat en dat kontinu wordt bijgevuld uit neerslag. Dit doet het bekken overstromen in een aantal beken die alle binnen de provincie ontspringen. Er bestaat een nog vrijwel niet bestudeerd verband tussen de



Figuur 19.

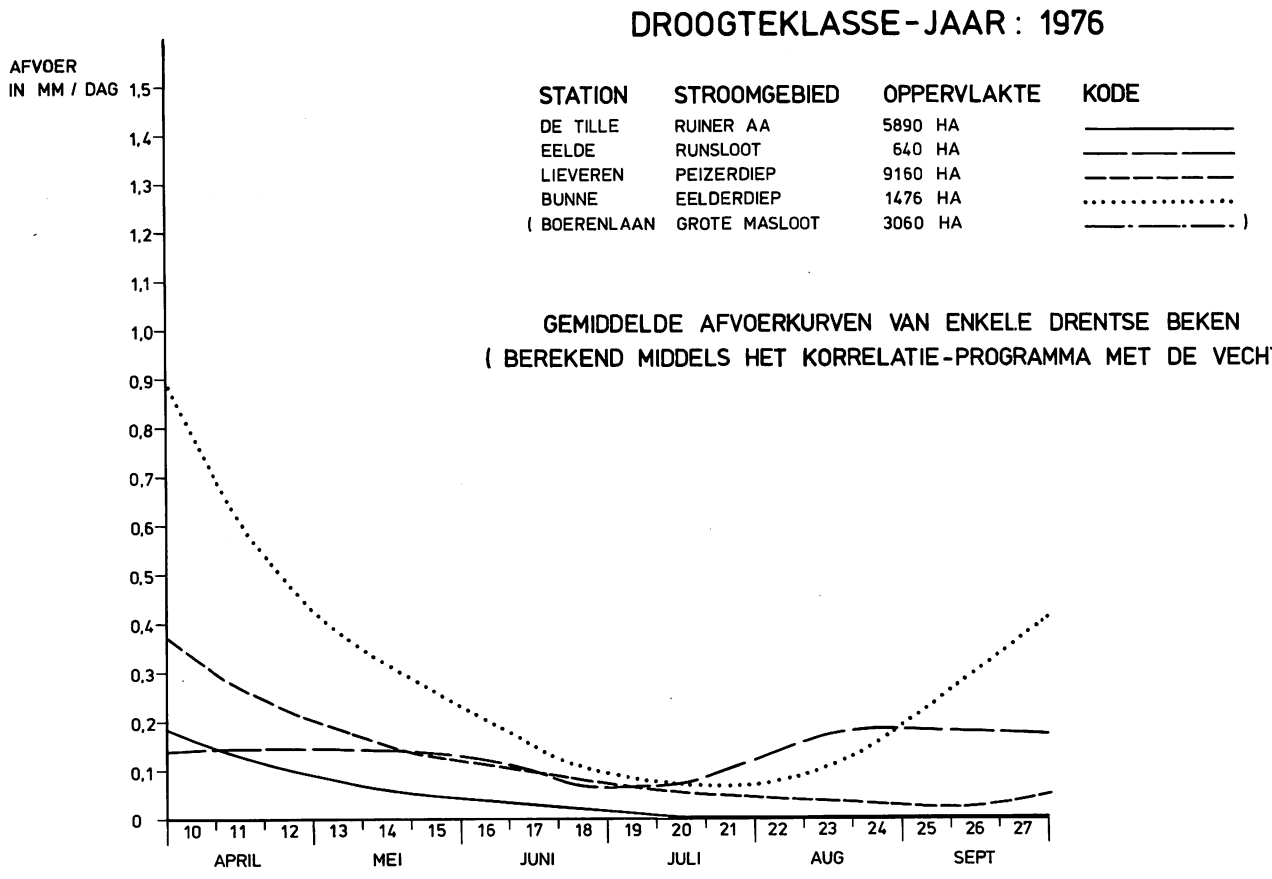
grondwaterstand in het bekken en de mate van afvoer van de beken. Wel kan gekonstateerd worden dat het neerslagoverschot via het grondwater vertraagd tot afstroming komt. Ook nadat de periode met een neerslagtekort zijn intrede heeft gedaan, komt nog water uit de voorgaande periode met een neerslagoverschot via het grondwater als oppervlaktewater tot afstroming. Dit gaat gepaard met dalende grondwaterstanden. Aan de hand van aanwezige gegevens is getracht een zo goed mogelijke raming te maken van de grootte van deze afvoer in droge jaren en het verloop van deze afvoer over het seizoen.

Van oudsher zijn de afvoeren van enkele beken reeds gemeten. Tengevolge van de veelvuldige ingrepen in de afvoergebieden bij uitvoering van verbeteringswerken in de jaren 1960 tot 1970 werden echter alle afvoermetingen gestopt. Ten behoeve van het geohydrologisch onderzoek werd opnieuw een net van afvoermeetpunten ingericht. Beide netten komen in het hiernavolgende aan de orde.

De "oude" afvoermeetpunten, waarvan over een aantal jaren gegevens beschikbaar zijn bij de rijkswaterstaat, zijn de punten op de Drentsche Aa, de Wold Aa, het Peizerdiep en het Eelderdiep. Alle van die punten afkomstige gegevens hebben betrekking op perioden van vóór de uitvoering van verbeteringswerken. In het Wold Aa-gebied is bij die werken vrijwel niets veranderd, in het Drentsche Aa-gebied slechts een deel van de hoofdontwatering en in de beide andere gebieden zijn meer intensieve wijzigingen aangebracht. De nauwkeurigheid van de afvoergegevens is diskutabel. Enerzijds door de onvolkomenheid van de meetmethode en anderzijds doordat van een aantal stroomgebieden de omvang niet goed bekend is. Zo is voor het Peizerdiep het Kolonieveld inbegrepen, wat voor de zomerperiode dubieus is. Ook in de gegevens van de Drentsche Aa schuilt een onzekerheid doordat in 1966 bij Loon een aflaat naar het Noord-Willemskanaal in werking werd gesteld, waardoor het afvoerregiem gewijzigd kan zijn.

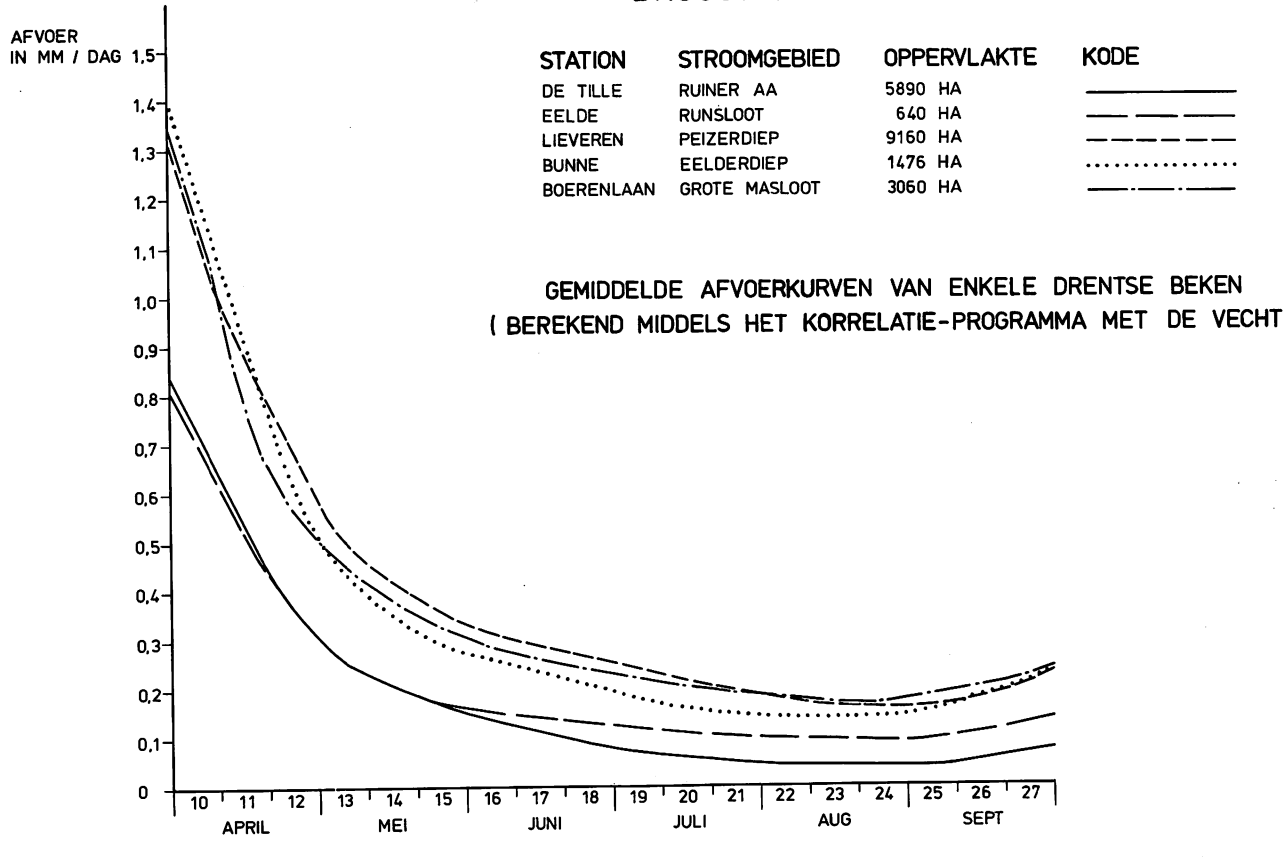
Met dát gedeelte van de gegevens dat het meest betrouwbaar leek, namelijk het weglaten van de gegevens van het Peizerdiep en het gebruiken van een aanzienlijk kleiner stroomgebied in het Drentsche Aa-gebied, zijn balansberekeningen uitgevoerd.

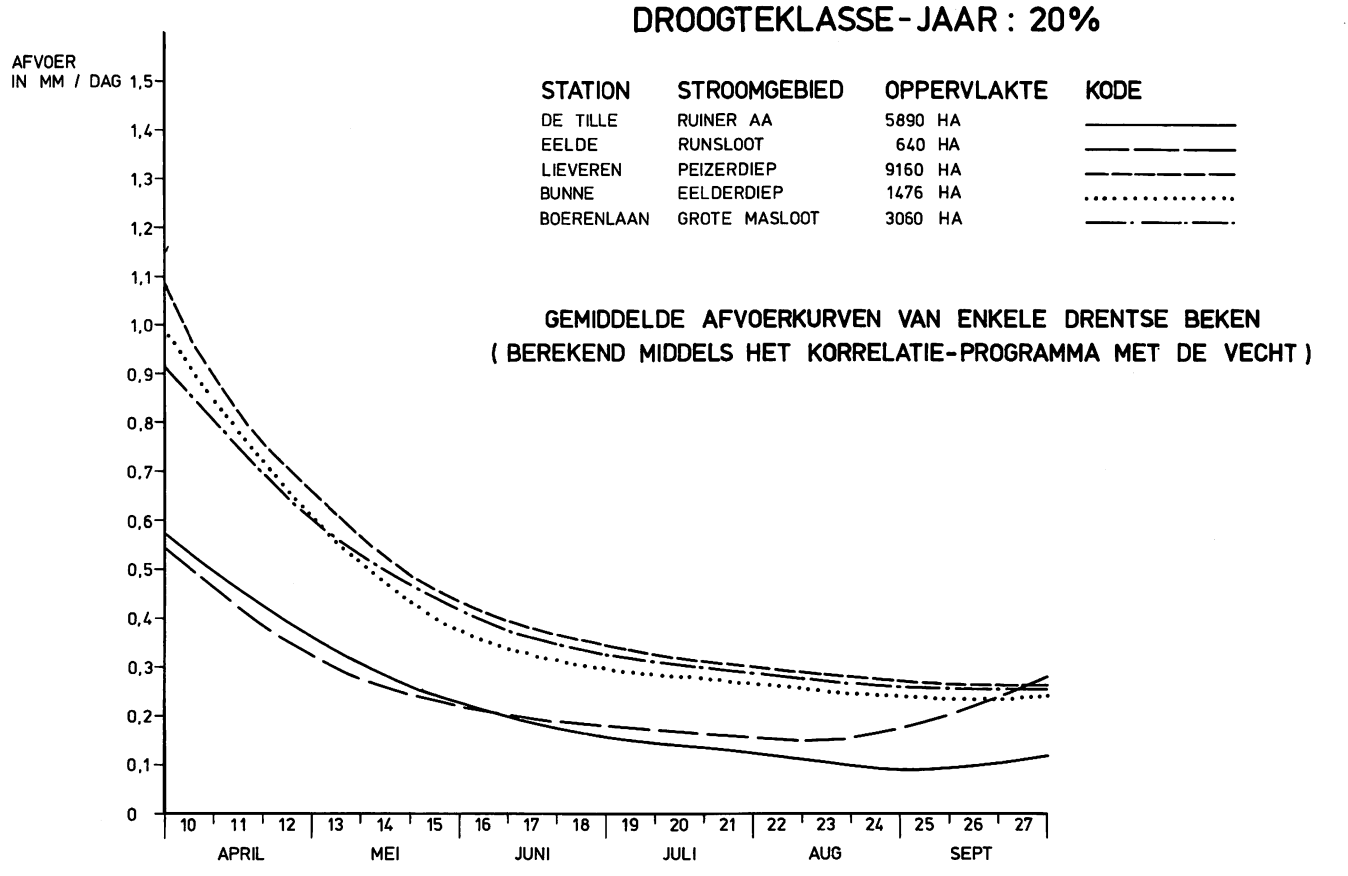
Uit de berekende gemiddelden blijkt in de eerste plaats de grote spreiding in de gemeten afvoeren. Gemiddeld over de vier gebieden is de standaarddeviatie voor de seizoengemiddelden omstreeks 40%. Voor de maand juni is de standaarddeviatie zelfs gemiddeld 75%. Voorts blijkt er een duidelijk verschil in afvoerpatronen te bestaan tussen Drentsche Aa en Wold Aa enerzijds, en de twee noordelijke afvoergebieden Peizerdiep en Eelderdiep anderzijds (zie fig. 19.). Terwijl de totale gemiddelde jaarafvoeren voor de vier gebieden slechts zeer weinig verschillen (minder dan 4%), is de verdeling over zomer- en winterseizoen voor Peizerdiep en Eelderdiep veel ongunstiger dan voor Drentsche Aa en Wold Aa. Voor de noordelijke twee gebieden bedraagt het zomeraandeel 25 en 20% van de jaarafvoer, terwijl in de Drentsche Aa en de Wold Aa 31% van de totale afvoer in de



Figuur 20.

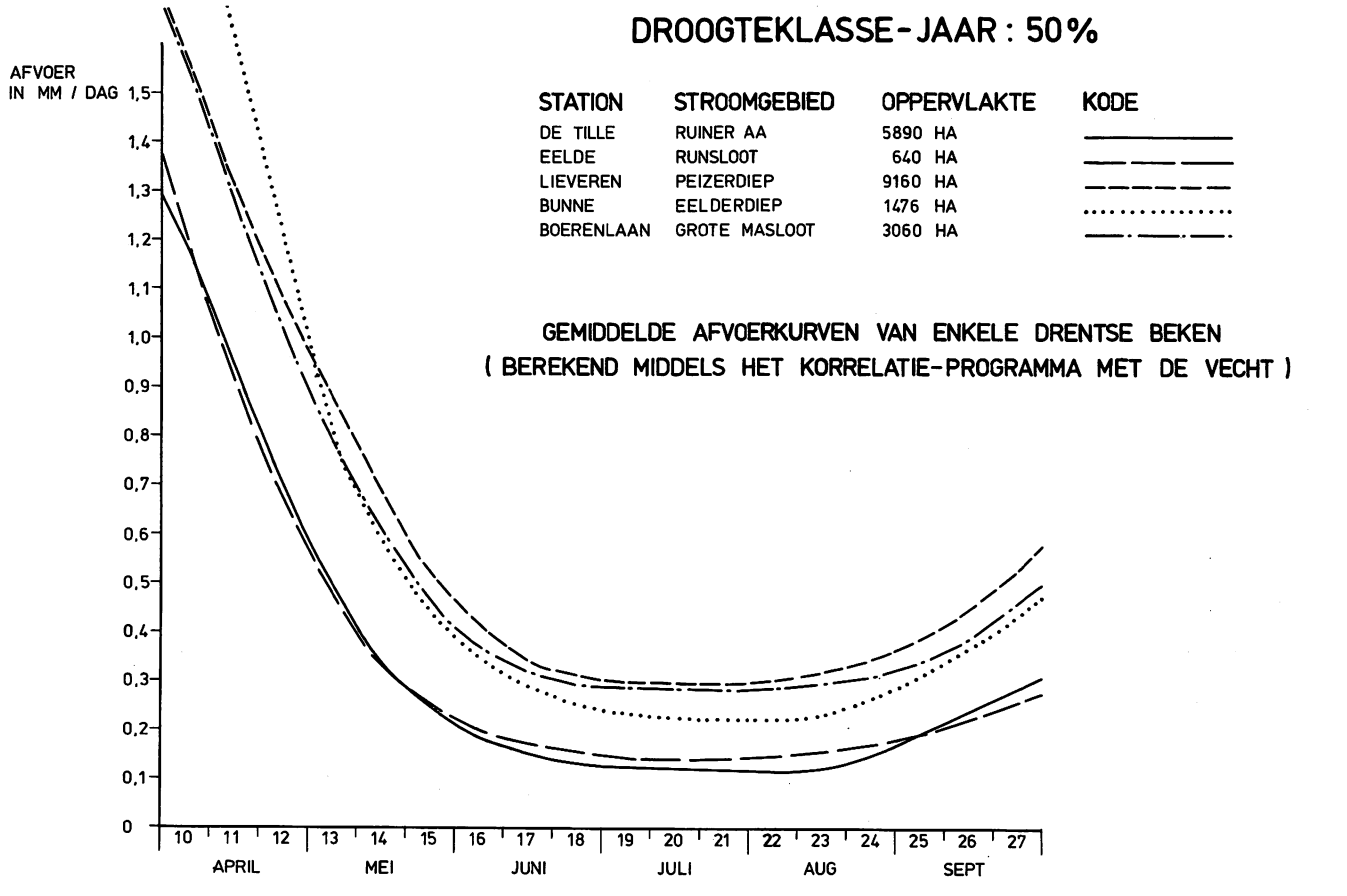
Figuur 21.

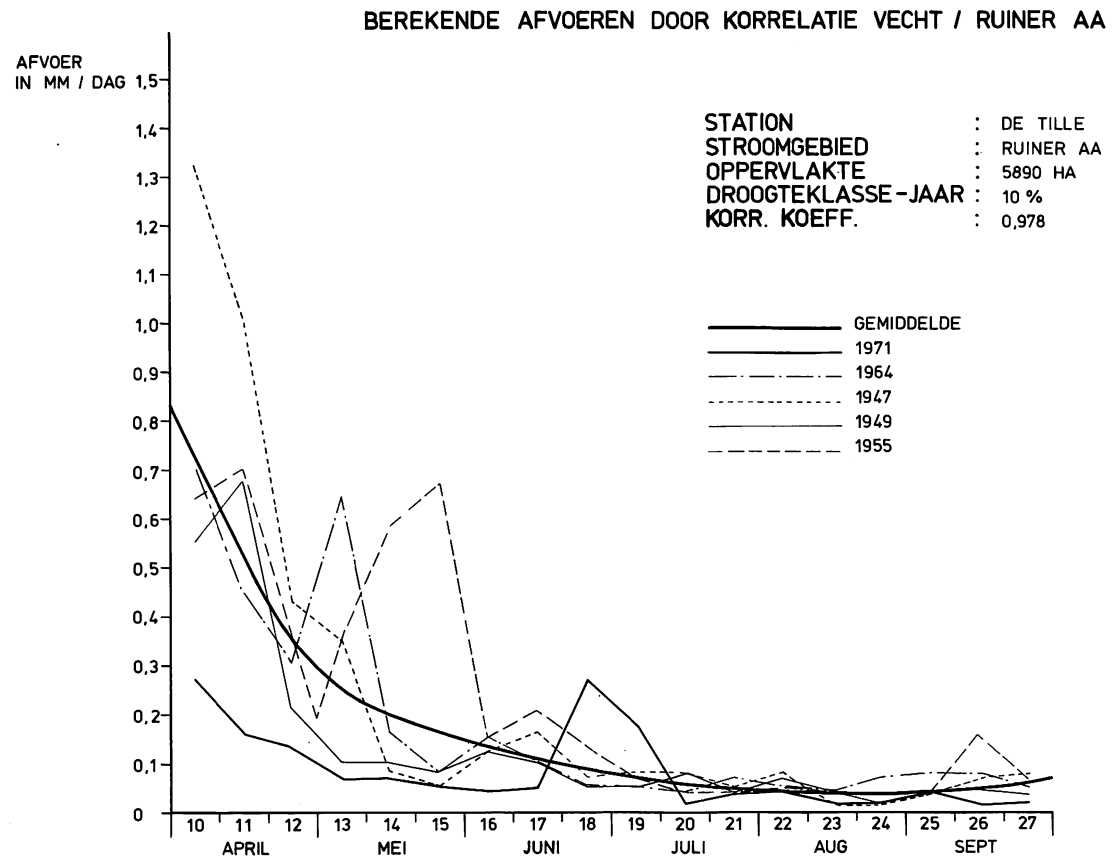




Figuur 22.

Figuur 23.





Figuur 24.

zomer plaatsvindt. Vooral de maand juni toont in de noordelijke gebieden zeer lage afvoeren, nl. 37% en 47% van het zomergemiddelde, terwijl de cijfers voor Drentsche Aa en Wold Aa resp. 64% en 70% bedragen. Het bergend vermogen in het stroomgebied van het Peizerdiep en het Eelderdiep is kennelijk kleiner dan van de andere twee gebieden.

In de afgelopen jaren heeft rijkswaterstaat, direktie waterhuishouding en waterbeweging, het net voor het meten van oppervlaktewaterafvoeren opnieuw opgezet.

Voor de berekeningen van de waterbalans van 1971 kon gebruik worden gemaakt van de afvoergegevens van de meetpunten in de Ruiner Aa, de Runsloot, het Peizerdiep, het Eelderdiep en de Grote Masloot (alle waargenomen sinds 1974). Ten behoeve van de waterbalans van 1971 is aangenomen dat de afvoer uit de gemeten stroomgebieden representatief is voor geheel Drenthe. De gemiddelde afvoer uit de bemeten gebieden is gelijkgesteld aan de gemiddelde afvoer uit Drenthe.

De waarnemingsperiode van de meetpunten is veel te kort om een enigszins betrouwbare frekwentie-verdeling te kunnen maken van de afvoeren.

Van de Overijsselse Vecht is een veel langere waarnemingenreeks bekend. In deze rivier zijn de afvoeren sinds 1932 bij Vechterweert gemeten. Deze afvoeren zijn gekorreleerd aan de recente afvoergegegevens van de Drentse beken. De korrelatie is uitgevoerd met behulp van de afvoer per dekade in het zomerhalfjaar (10de t/m 27ste dekade). De gevonden onderlinge samenhang wordt beschreven met de formule $y = a + bx + cx^2$, waarin y de afvoer in de Drentse beek is, x de afvoer in de Vecht is, en a, b, c konstanten zijn.

Gevonden is voor:	a	b	c	korr. koëff.
Ruiner Aa	0,437	1,075	-0,0011	0,978
Peizerdiep	1,021	0,301	-0,0013	0,952
Eelderdiep	1,457	0,385	0,0001	0,949
Runsloot	5,229	0,786	0,0023	0,940
Grote Masloot exkl. '76	4,255	0,818	-0,0026	0,970
inkl.'76	3,369	0,864	-0,0031	0,959

Uit de cijfers blijkt dat de korrelatiekoëfficiënt tenminste 0,94 is, hetgeen betekent dat er een nauwe relatie bestaat.

De gevonden konstanten worden voornamelijk bepaald door de grote afvoeren. Bij de kleine afvoeren zijn de verschillen in gemeten en berekende afvoeren in absolute zin weliswaar gering, maar kunnen relatief toch vrij groot zijn.

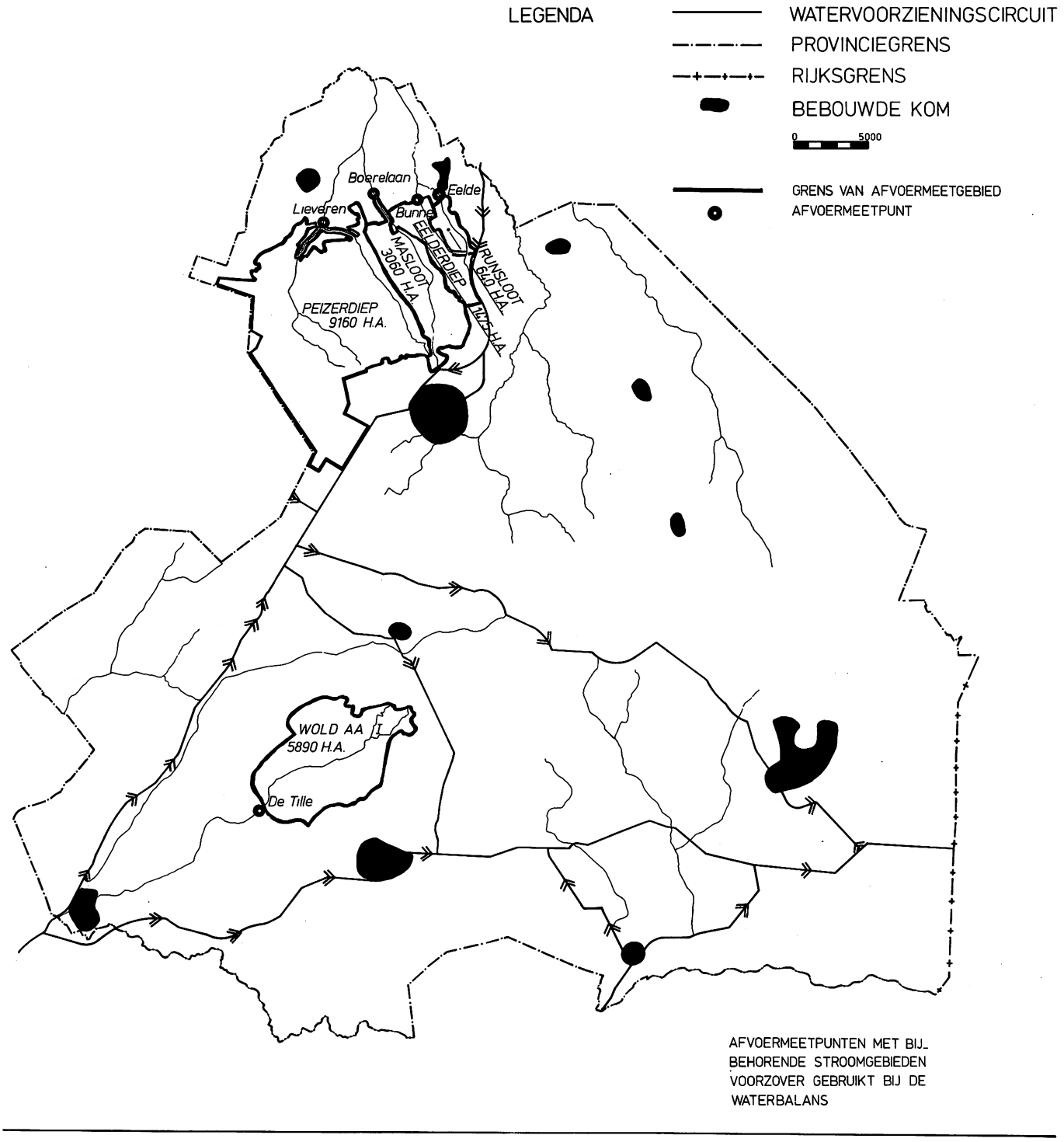
Hiermee kan ook verklaard worden dat, hoewel in 1976 een ruime hoeveelheid water vanuit het Noord-Willemskanaal op de Masloot is gelaten, toch de korrelatie tussen de Masloot en de Vecht goed blijft. Hierbij speelt uiteraard ook mee dat het water ingelaten is om te voorzien in een watertekort.

De ingelaten hoeveelheid zal dan ook grotendeels verdampt zijn.

Doordat alle beken gekorreleerd zijn aan de Vecht, vervagen bij de berekende afvoeren de onderlinge verschillen. De afvoerlijnen worden vrijwel gelijkvormig (c is klein en bij de wat grotere afvoeren a relatief ook).

Met behulp van de Vechtafvoeren is de afvoer in de Drentse beken berekend voor 1976, voor een 10%-, voor een 20%- en voor een 50%-droog jaar (zie figuren 19 t/m 24). De afvoeren in juni en juli zijn hierbij vooral van belang omdat dan de grootste wateraanvoer nodig zal zijn. De afvoerverlopen in een 10%-, een 20%- en een 50%-droog jaar zijn berekend door de gemiddelde afvoer te nemen van een aantal historische jaren die lijken op de genoemde droogteklassejaren. Hierbij dient direkt opgemerkt te worden dat bv. een historisch 10%-droog jaar, gerekend over het gehele groeiseizoen (april t/m september), eind juli nog lang niet "10%-droog" behoeft te zijn (zie figuur 1).
Daarnaast wordt de afvoer mede bepaald door de heersende grondwaterstanden. Indien het 10%-droge jaar volgt op een natte winter (hoge grondwaterstanden) zullen de voorjaarsafvoeren hoger zijn dan na een droge winter. De afvoer in bv. een 10%-droog jaar is dus geen vast getal, maar kan wisselen. Dat dit in werkelijkheid ook zo is, is duidelijk te zien in figuur 24. Aan de hand van de beschikbare gegevens kan worden nagegaan wat gemiddeld in de historisch globaal 10%-droge jaren 1971, 1964, 1947, 1949 en 1955 het afvoerverloop geweest zou kunnen zijn. Voor een 20%-droog jaar zijn 1955, 1938, 1934, 1933 en 1943 genomen; voor een 50%-droog jaar 1967, 1962, 1963, 1935 en 1970. Het resultaat van de berekeningen is weergegeven in de figuren 21 t/m 24.
Bij vergelijking van de afvoerkurven van figuur 19

Kaart 4.

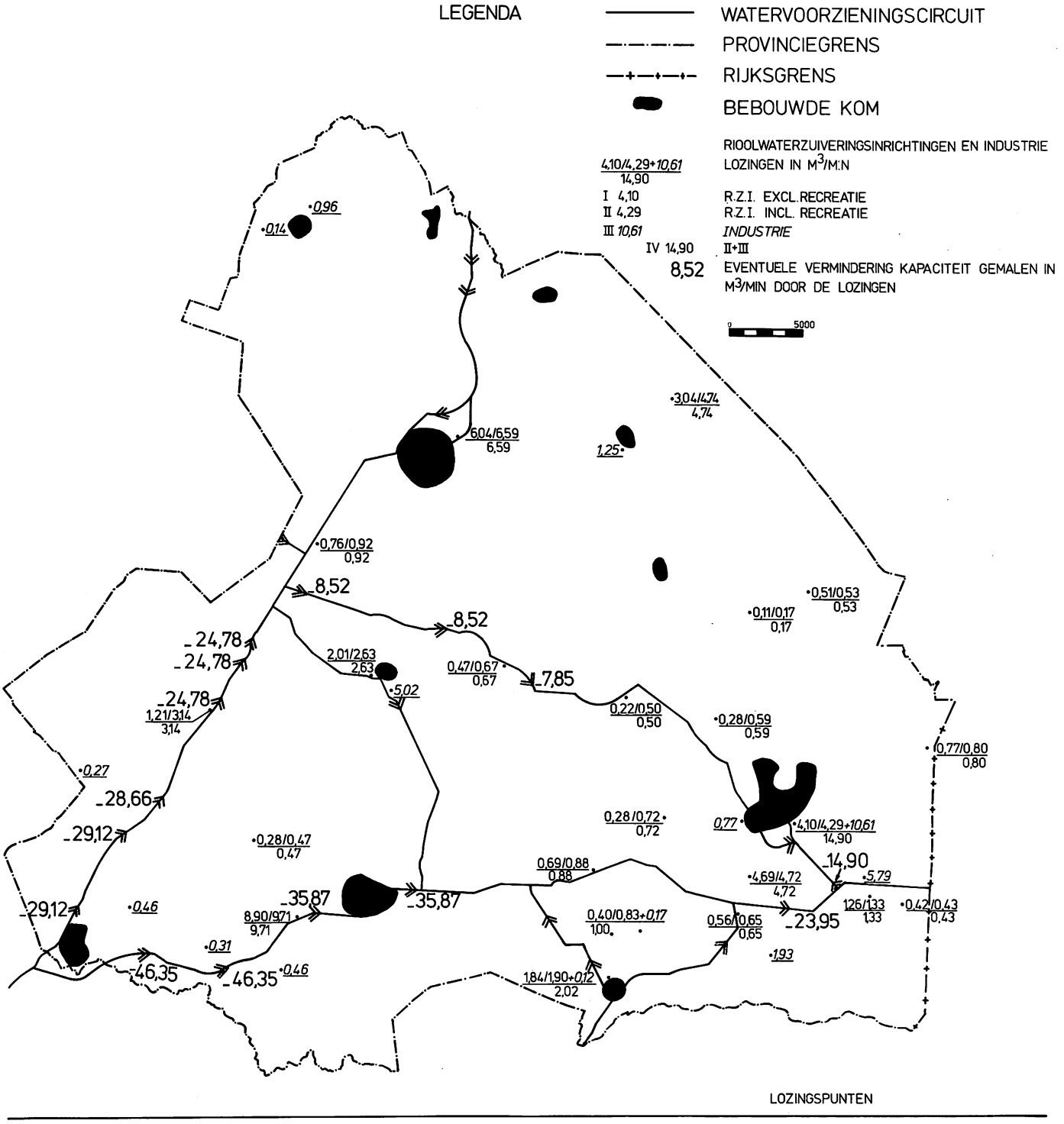


blijkt dat de afvoeren op de huidige meetpunten in het voorjaar hoger en in de nazomer lager zijn dan die van de oude meetpunten. De minimumafvoeren bij de oude meetpunten vallen vroeger dan bij de nieuwe. De minimumafvoer van het Peizerdiep is volgens figuur 23 (50%-droog jaar) hoger dan volgens figuur 19, die van het Eelderdiep eveneens, terwijl de minimumafvoer van de Ruiner Aa in figuur 23 lager is dan die van de Wold Aa in figuur 19. De oorzaken voor deze verschillen kunnen worden gezocht in veranderingen in de waterhuishouding, een andere wijze van berekenen, omdat er andere jaren aan ten grondslag liggen en verplaatsing van het meetpunt (zie kaart 4). Met name bij de Wold Aa blijkt duidelijk dat het meetpunt stroomopwaarts verschoven is.

Bij vergelijking van de voor de waterbalans van de zomer 1971 gebruikte beken (Ruiner Aa, Runsloot, Peizerdiep, Eelderdiep en Grote Masloot) en de metingen van het oude meetnet blijkt dat de afvoeren van de beken die gebruikt zijn bij het nieuwe net in de zomer in het algemeen gering zijn ten opzichte van de afvoer in bv. de Drentsche Aa. Hierdoor is mogelijk gemiddeld over Drenthe een (iets) te geringe afvoer gevonden.

Uit de afvoercijfers blijkt dat ook in de zomer bij hevige buien snelle afstroming optreedt (zie ook figuur 24). Bij de berekening van de waterbehoefte is er van uitgegaan dat alle neerslag in de zomer ter beschikking van de verdamping kan komen. Het zou dan ook

Kaart 5.



een dubbeltelling zijn indien bij de berekening van de waterbehoefte (hoofdstuk IV) de snelle afvoerkomponent in mindering gebracht zou zijn op het watertekort. Dit zou wel mogen voor de basisafvoer, de afvoer die via het grondwater tot stand komt, voorzover deze afvoer binnen het gebied op een hoger gelegen pand van één van de aanvoerkanalen terecht komt. Hierop wordt in par. V.2, waterkonservering, verder ingegaan.
In de waterbalans van de zomer 1971 is er vanuit gegaan dat de beken al hun water, inklusief de snelle afvoer, buiten het balansgebied afvoeren. Dit is niet geheel juist en leidt, zoals ook reeds bij de cijfers van de waterbalans is opgemerkt, tot een te grote waterbehoefte op grond van de waterbalans.

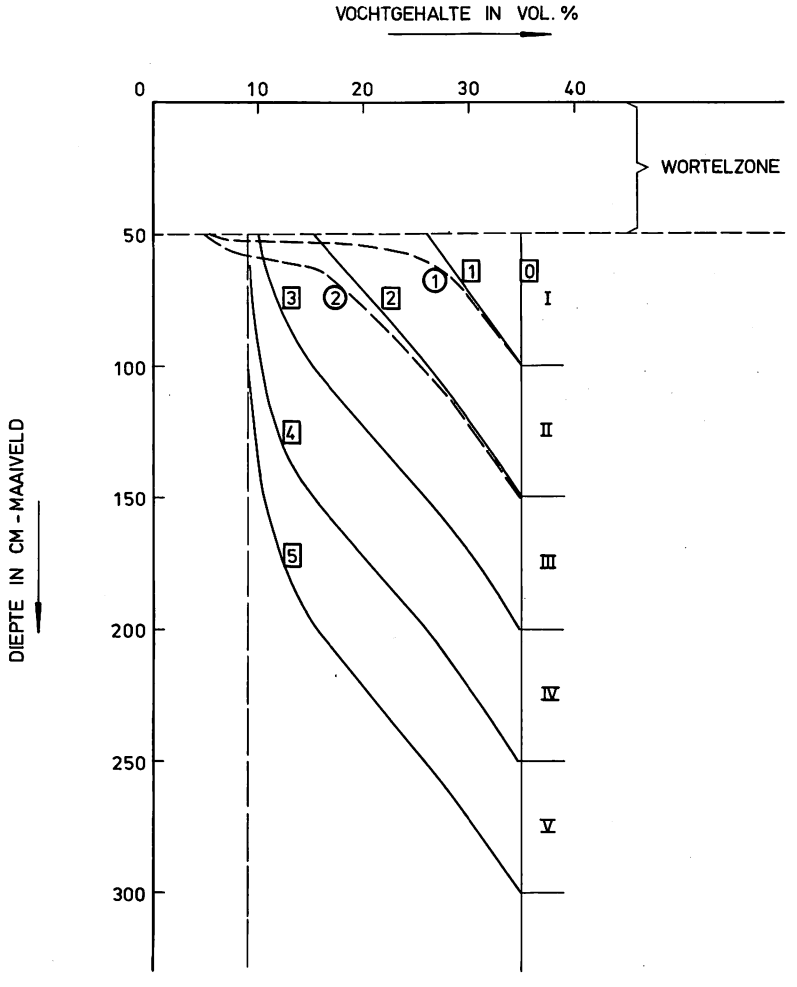
De snelle afvoerkomponent uit stedelijke gebieden zal relatief groot zijn. Via de riolering komt dit water op het oppervlaktewater. In de in de balans opgenomen afvoeren via de rioolwaterzuiveringsinrichtingen zijn zij niet begrepen. Tijdelijk en plaatselijk kan de afvoer uit een stedelijk gebied de waterbehoefte verminderen.

IV.18.4. Waterleidingen, rioleringen, lozingen

In 1975 is $75 \times 10^6 m^3$ grondwater aan de bodem onttrokken. In de waterbalans van de zomer 1971 is er van uitgegaan dat $38 \times 10^6 m^3$ in de zomer (de balansperiode) is onttrokken. Er is verondersteld dat al

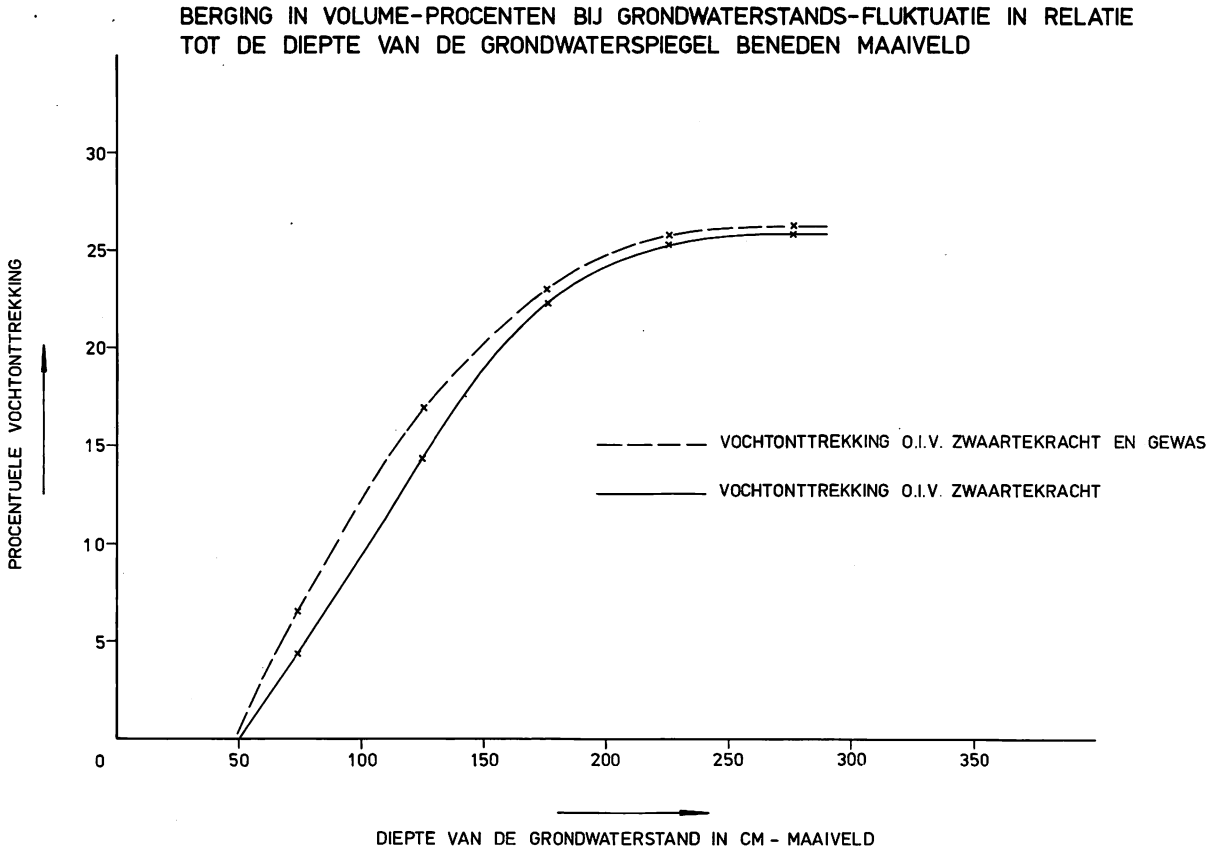
Figuur 25.

VERLOOP VAN HET VOCHTGEHALTE IN DE ONDERGROND



DE VOCHTGEHALTE-PROFIELEN 0, 1, 2, 3, 4 EN 5 GEVEN HET VOCHTGEHALTE WEER IN DE ONDERGROND BIJ GRONDWATERSTANDEN VAN 50, 100, 150, 200, 250 EN 300 CM BENEDEN MAAIVELD, WANNEER GEEN INVLOED WORDT UITGEOEFEND DOOR DE WORTELZONE (GEWAS)

DE VOCHTGEHALTE-PROFIELEN ① EN ② GEVEN AAN DE EXTRA UITDROGING VAN DE ONDERGROND WANNEER DE WORTELZONE UITDROOGT TOT pF 3, BIJ EEN KAPILLAIRE STIJGSNELHEID VAN 1-0,5 MM / DAG EN GRONDWATERSPIEGELS VAN RESPEKTIEVELIJK 100 EN 150 CM - MAAIVELD



Figuur 26.

het water buiten het balansgebied is afgevoerd. Dit is niet geheel juist. In de balans is echter ook geen rekening gehouden met de water"verliezen" na het oppompen en met de in sommige gevallen optredende extra daling van de grondwaterstand in de directe omgeving van een waterwinning en de daarmee samenhangende extra berging. Evenmin is rekening gehouden met een soms optredend extra verdampingsoverschot in de onmiddellijke nabijheid van een grondwaterwinning. Gedeeltelijk zullen de genoemde posten tegen elkaar wegvallen (zie ook par. IV.6.)
Per saldo zal echter door de waterwinning een zekere hoeveelheid extra water ter beschikking komen die anders voor de planten niet bereikbaar was geweest. Voor de berekening van de totale behoefte is met deze hoeveelheid geen rekening gehouden (zie par. IV.6.). Plaatselijk kan echter de lozing van opgepompt grondwater een niet te verwaarlozen bijdrage leveren aan de watertoevoer. Op kaart 5 is het te verwachten effekt van de lozingen voor de watervoorziening voor een droge periode in 1985 aangegeven. Bij de berekeningen van de waterbehoefte per kanaalpand is met deze lozingen nog geen rekening gehouden. Dit zal moeten gebeuren bij een eventuele nadere uitwerking van de plannen.

IV.18.5. Berging

Aan het eind van de periode met een neerslagoverschot (de winter) is de grondwaterstand relatief hoog, aan het eind van de periode met een verdampingsoverschot (zomer) daarentegen laag. Het water dat bij daling van de grondwaterstand vrijkomt kan verdwijnen onder invloed van de zwaartekracht of opgenomen worden door de plantenwortels ten behoeve van de verdamping.
Ter berekening van de hoeveelheid water is aangenomen dat uit de wortelzône, met een dikte van 50 cm, 75 mm verdwijnt door verdamping (verschil tussen het vochtgehalte in het voorjaar, pF2, en in de nazomer, pF3).
De hoeveelheid water die vrijkomt beneden de wortelzône is berekend met behulp van standaard ondergrond no. 3 uit de reeks van Rijtema (lit. 27). Het vochtgehalte bij pF0 (verzadigde zône) bedraagt 35%, bij pF2 (veldkapaciteit) 9%. De volume-fraktie water die door de zwaartekracht te verwijderen is, bedraagt dus ten hoogste 35—9 = 26%.
In figuur 25 is van 0,5 tot 3 m beneden maaiveld per stap van 0,5 m aangegeven hoeveel water er vrijkomt bij daling van de grondwaterstand. Deze vrijkomende hoeveelheden water zijn in figuur 26 in een grafiek weergegeven.

De daling van de grondwaterstand tussen 28-4-1971 en 14-10-1971 is, met behulp van de bekende peilbuisgegevens, in kaart gebracht. Vervolgens is met de grafiek van figuur 26 berekend dat in 1971 in het groeiseizoen uit de zône beneden 50 cm-m.v. $225 \times 10^6 m^3$ uit de berging is vrijgekomen. Uit de wortelzône is dit $0{,}075 \times 2680 \times 10^6 m^3 = 201 \times 10^6 m^3$. Samen is dit $426 \times 10^6 m^3$.

V. Bronnen waaruit het tekort is aan te vullen

V.1. Algemeen

In het voorgaande hoofdstuk is berekend hoeveel water aanvullend nodig is om de tekorten, in verschillende droogteklassejaren, te dekken. In dit hoofdstuk wordt nu ingegaan op de bronnen van waaruit deze tekorten kunnen worden voorzien.
Hierbij wordt in eerste instantie bekeken in hoeverre water, dat binnen de provincie beschikbaar is, kan worden benut. In de paragrafen V.2., V.3. en V.4., waarin respektievelijk zijn onderscheiden de waterkonservering, de toepassing van spaarbekkens en het gebruik van diep grondwater is op dit aspekt ingegaan.
Voorzover de tekorten niet met behulp van dit "provinciale" water kunnen worden gedekt, is men aangewezen op aanvoer van buiten de provincie. De toevoermogelijkheden van buiten de provincie worden in par. V.5. nader toegelicht.

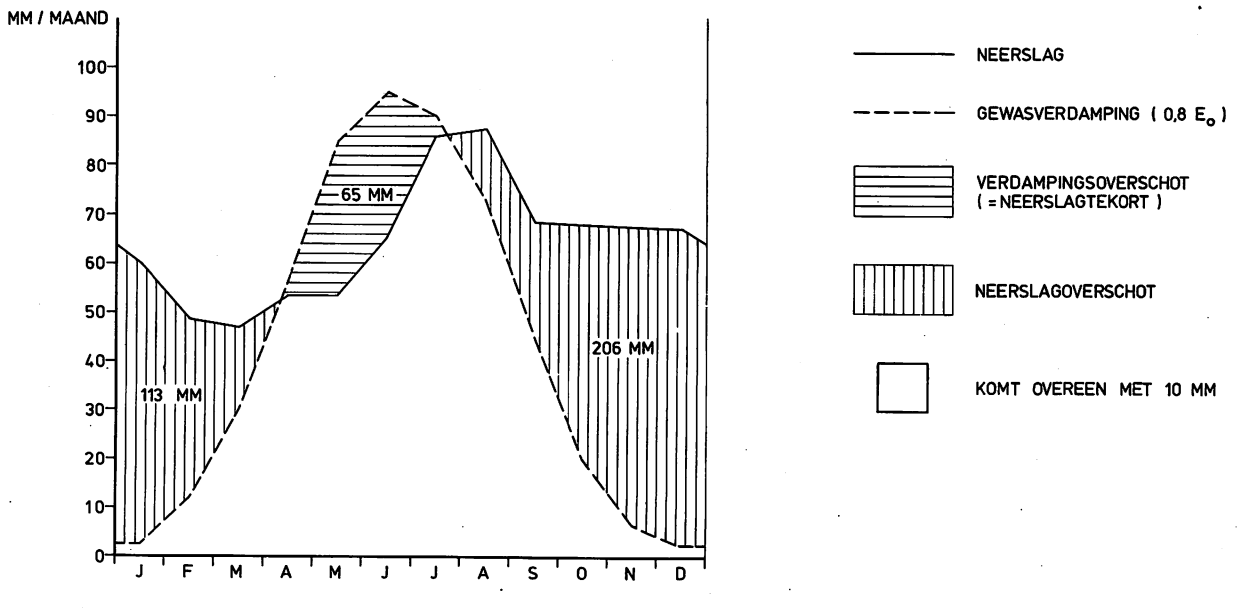
Tot slot van het hoofdstuk wordt in par. V.6. ingegaan op de kwaliteitsaspekten van het aan te voeren water. Zowel de kwaliteit van het provinciale water als van het water dat van buiten de provincie moet worden betrokken, komen hierbij aan de orde. Bovendien wordt ingegaan op de eisen welke de gebruikers stellen ten aanzien van de kwaliteit.

V.2. Waterkonservering

V.2.1. Algemeen

Algemeen is het begrip waterkonservering als volgt te definiëren:
"Vast houden van de neerslag welke valt in de periode dat het aanbod van water de vraag overtreft om het te gebruiken in de periode waarin de vraag naar water groter is dan het aanbod".
Ter verduidelijking van deze definitie is fig. 28 bijge-

Figuur 28.



De Tille, Ruiner Aa

voegd. In deze figuur zijn de maandelijkse neerslag en de maandelijkse gewasverdamping vermeld, berekend als gemiddelden over de periode 1911 t/m 1976, gebaseerd op de meteorologische waarnemingen van het station Dedemsvaart c.a. In de periode waarin de neerslag de verdamping overtreft hebben we te maken met een neerslagoverschot (vertikaal gearceerd). In de periode waarin de verdamping de neerslag overtreft hebben we te maken met een verdampingsoverschot ook wel aangeduid als neerslagtekort (horizontaal gearceerd).
Het deel van het neerslagoverschot dat wordt gebruikt ter kompensatie van het neerslagtekort is het konserveringswater. De hoeveelheid konserveringswater verschilt van jaar tot jaar afhankelijk van het verloop van de neerslag en van de verdamping in het groeiseizoen en in de voorafgaande periode.

V.2.2. Waterkonserveringsmaatregelen

Op basis van de algemene definitie is al het water, dat afkomstig is uit het neerslagoverschot en dat in perioden met watertekort gebruikt wordt voor de watervoorziening, aan te merken als konserveringswater.
Het begrip konservering duidt op een tijdelijke opslag van het water die plaats kan vinden in het bodemvocht, in het grondwater of in het oppervlaktewater.
Onder konserveringsmaatregelen worden nu de maatregelen verstaan, die gericht zijn op de optimalisering van deze tijdelijke berging. Er zijn verschillende konserveringsmaatregelen te onderscheiden.

In de eerste plaats kunnen beheerstechnische maatregelen worden getroffen om de vochtvoorraad in de bodem te vergroten.
- Het minder diep wegmalen van water in de polders in het vroege voorjaar en het vroegtijdig opzetten van de stuwen in de hogere gebieden. Hierdoor wordt minder water afgevoerd zodat de bodemvoorraad door hogere grondwaterstanden toeneemt.
  Het minder diep afmalen en het vroegtijdig opzetten van de stuwen kan een risiko met zich brengen van een vergrote kans op plaatselijke wateroverlast in natte voorjaren. Dit moet worden afgewogen tegen het voordeel van een geringere kans op droogteschade. Het effekt van stuwen op de hogere gronden beperkt zich bij waterkonservering tot een vertraging in de grondwaterstandsdaling, waarbij een aanzienlijk faseverschil tussen het tijdstip van opstuwen en het benodigde effekt ligt. Deze vertraging blijkt duidelijk uit tabel 26, waarin de verminderde grondwaterstandsdaling op verschillende afstanden van een beek en op verschillende tijdstippen na verhoging van het stuwpeil is weergegeven.

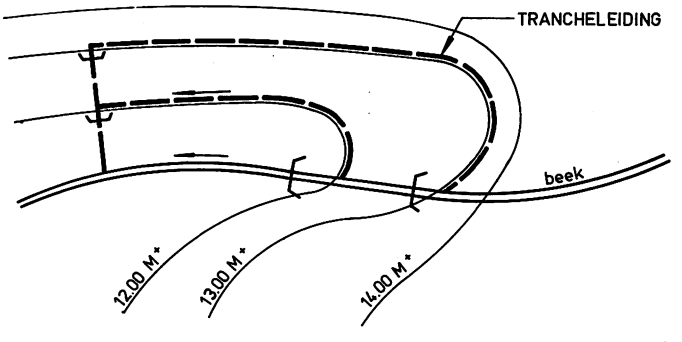
Vermindering van de grondwaterstandsdaling in procenten van de verhoging van het stuwpeil (rivier de Aa, Noord Brabant, kD = 700 m^2/etm.)

tijdsduur na peilverhoging	*afstand tot de beek in meters*			
	100	*200*	*400*	*800*
1 etm.	20	1	-	-
4 etm.	50	20	1	-
16 etm.	75	50	20	1
64 etm.	85	75	50	20

Tabel 26

Indien in dit gebied het stuwpeil dus bijvoorbeeld 0,60 m wordt verhoogd, is de grondwaterstand op 400 m afstand van de beek na 16 dagen 20 % van 0,60 m is 0,12 m minder gedaald dan zonder peilverhoging het geval zou zijn geweest.
- Een andere methode is het rondleiden van het water door het graven van leidingen, die nagenoeg de tranches, dat zijn lijnen die punten van het maaiveld met gelijke hoogte verbinden, volgen (fig. 29). Ook op deze wijze wordt de afstroming van het water vertraagd. Het graven van trancheleidingen kan zeer effektief zijn, doch stuit in de praktijk nogal eens op bezwaren, vooral in verband met de daaruit voortvloeiende onregelmatige vorm van de percelen.
- In hogere gebieden kan de afstroming van grondwater ook worden tegengegaan door een zodanige dimensionering van de waterlopen en sloten, dat diep uitzakken van de grondwaterstand zoveel mogelijk wordt voorkomen. In feite dus ondiepere waterlopen en sloten met bredere bodem, waarbij het berekende natte profiel niet wordt verminderd.

Om een optimaal effekt te verkrijgen van het stuwen en van de trancheleidingen is een goed onderhoud van de leidingen van groot belang. "Vuile" leidingen hebben een hoge infiltratieweerstand.
Teneinde de watervoorraad in de bodem zo verantwoord mogelijk te beheren, is het gewenst dat een goed net van grondwaterstandsbuizen aanwezig is. Aan de hand hiervan kunnen de waterschappen een zodanig beheer voeren, dat aan de bovengestelde wens kan worden voldaan.



Figuur 29.

In de tweede plaats kunnen grondverbeteringsmaatregelen worden getroffen om de opneembare vochtvoorraad in de bodem te vergroten.
- Het diepploegen of mengwoelen van daartoe geschikte gronden. In vele gevallen kan bij gronden, waarin storende lagen voorkomen, de bewortelingsdiepte worden vergroot en daardoor een betere ontsluiting van de slecht bereikbare vochtvoorraad worden verkregen.

In de derde plaats kan door een gerichte gewassenkeuze en bemesting eveneens het vochttekort worden verminderd.
- Gewassen die een vroege ontwikkeling hebben en/of vroeg het veld ruimen (rogge en aardappelen) bieden een aanpassing aan een droogtegevoelige standplaats.
- Kunstweide biedt ook een goede aanpassing, omdat het een diepe beworteling heeft.

Konserveringsmaatregelen

Maatregel / Effekt	Vergroting van de reservevoorraad in: de wortelzône	de ondergrond	het oppervlaktewater	Toename van de kapillaire opstijging	Vermindering van de verdamping
— stuwen/inlaten/pompen (peilbeheersing)	X	X	X	X	
— tranche-leidingen	X	X	X	X	
— ondiepe brede leiding-profielen	X	X	X	X	
— leiding onderhoud	X	X	X	X	
— diepploegen of mengwoelen	X			X	
— organische bemesting	X				
— gewassen-keuze					
— vroeg rijp					X
— diep wortelend	X			X	
— selektieve bemesting	X				X
— afdekken v/d grond					X

Tabel 27

— Indien bij de bemesting meer de nadruk op fosfor en kali wordt gelegd en de stikstofgift iets lager wordt gehouden, krijgt men een krachtiger beworteling en een minder snelle loofontwikkeling, terwijl het gewas vroeger rijpt.
— Zware organische bemestingen, hetzij met stalmest of kompost, hetzij als groenbemesting, kunnen de vochthuishouding verbeteren.

In de vierde plaats kunnen maatregelen worden getroffen ter beperking van de verdampingsverliezen.
— In de fruitteelt worden wel strodekken toegepast om verdampingsverliezen rechtstreeks uit de grond tegen te gaan.
— Zanddekken op veengronden zijn van belang ter voorkoming van verdroging van het bovenste veenlaagje.

Enkele van de genoemde maatregelen, met name die van de beide laatste groepen hebben maar een beperkt effekt of zijn maar in beperkte mate toepasbaar. Dit neemt echter niet weg dat zich situaties kunnen voordoen, waarin hun toepassing ernstige overweging verdient.
Samenvattend zijn bovengenoemde konserveringsmaatregelen weergegeven in tabel 27. Tevens is in deze tabel aangegeven op welke wijze het konserverende effekt wordt bereikt:
— door vergroting van de reservevoorraad in de wortelzône, in de ondergrond of in het oppervlaktewater
— door toename van de kapillaire opstijging
— door vermindering van de verdamping.

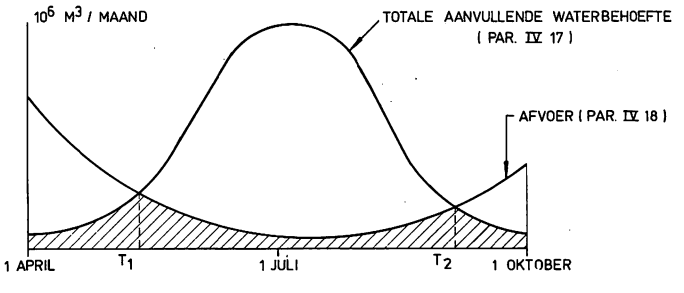
V.2.3. *Verwerking van de waterkonservering in de waterbehoefteberekeningen*

Het konserveringswater neemt in de waterbehoefteberekeningen geen eenduidige plaats in. Het grootste deel van het konserveringswater is als bron in de waterbehoefteberekeningen van hoofdstuk IV verwerkt. Dit deel mag uiteraard niet nogmaals als bron worden opgevoerd. Het overige deel van het konserveringswater is in deze paragraaf wél als bron aan te merken. Beide delen worden hieronder kort toegelicht.

a) Het deel van het konserveringswater dat reeds in hoofdstuk IV als bron is verwerkt.
— Bij de berekening van de aanvullende vochtbehoefte voor de landbouwgewassen is uitgegaan van de formule AANVULLENDE VOCHTBEHOEFTE = VERDAMPING — (NEERSLAG + BODEMVOCHTVOORRAAD).
Uit deze formule blijkt dat de bodemvochtvoorraad, welke valt onder de definitie van konserveringswater, in de berekeningen is verwerkt. Bij de bepaling van de bodemvochtvoorraad, welke in par. III.5. is beschreven, is verondersteld dat de konserveringsmaatregelen zoveel mogelijk worden toegepast.
Hetzelfde geldt met betrekking tot de vochtbehoefteberekeningen van de natuurgebieden (par. IV.9.) en van de gebieden buiten de provincie (par. IV.12.)
— De waterhoeveelheid welke in het voorjaar nodig is voor het opzetten van de peilen door middel van stuwen en inlaten is eveneens als konserveringswater beschikbaar verondersteld (par. IV.13.).

b) Het overige deel van het konserveringswater.
Onder dit deel van het konserveringswater verstaan we de afvoer van oppervlaktewater binnen de provincie voorzover deze benut kan worden voor de voorziening van de aanvullende waterbehoefte zoals die in hfdst. IV is berekend. Het gebruik van diep grondwater blijft hier buiten beschouwing. (Zie hiertoe par. V.4.).
De praktijk heeft uitgewezen dat in de meeste jaren een gedeelte van de berekende waterbehoefte uit deze eigen afvoer kan worden gedekt. Voor de berekening van de hoeveelheid water welke op deze wijze kan worden benut zijn de waterbehoeftediagrammen van par. IV.17. vergeleken met de afvoerkurven van par. IV.18. Schematisch is deze vergelijking in fig. 30 weergegeven.

Figuur 30.



Theoretisch is het gearceerde oppervlak in fig. 30 een maat voor het deel van de afvoer dat voor de vochtvoorziening kan worden benut. In de praktijk is een volledig gebruik van deze hoeveelheid echter niet geheel realiseerbaar. Er is een aantal redenen waarom slechts een kleiner deel van de afvoer kan worden gebruikt:

- technische moeilijkheden bij het benutten van dit water;
- landbouw-, natuur- en milieubelangen vereisen de handhaving van een zeker waterpeil en van een zekere mate van afvoer in de beken;
- drink- en industriewatervoorziening profiteren in een enkel geval van de beekafvoeren (het Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen bij De Punt);
- tot slot dient nog te worden opgemerkt dat de afvoertoppen ten gevolge van zware buien in de zomer niet als konserveringswater mogen worden aangemerkt aangezien deze neerslag reeds in de behoefteberekeningen van par. IV.2. als bron is meegeteld.

Rekening houdende met deze faktoren is een schatting gemaakt van het deel van de eigen afvoer dat benut kan worden voor de aanvullende watervoorziening. Per droogteklassejaar is vastgesteld tot welke datum in het voorjaar, T_1 in fig. 30, en na welke datum in de nazomer, T_2 in fig. 30, de waterbehoefte uit de eigen afvoer kan worden gedekt.
Hieronder zijn deze perioden vermeld:

- 1976 : april en september
- 10%-droog jaar : april en de eerste helft van mei
- 20%-droog jaar : april en de eerste helft van mei
- 50%-droog jaar : april, mei, augustus en september.

Met de afvoer in de periode tussen T_1 en T_2 is in het kader van de watervoorziening geen rekening gehouden. Ten opzichte van de totale behoefte in deze periode is de afvoer meestal zeer gering.
Ter ondersteuning van de gehele beschouwing wordt nog gewezen op de grafieken van het kumulatieve verdampingsoverschot in de verschillende droogteklassejaren (par. III.4.). Ten aanzien van het jaar 1976 valt op te merken dat de neerslag in de maand september de verdamping ruim heeft overschreden. Toch is van dit water weinig tot niets in de beken terecht gekomen aangezien de uitgedroogde bodem het water absorbeerde. Wordt echter in de toekomst de watervoorziening afgestemd op een jaar als 1976 dan is te verwachten dat, indien zich weer een jaar voordoet als 1976, de septemberregen wel gedeeltelijk tot afvoer komt. Dit is de reden dat de septemberbehoefte als konserveringswater is verrekend.

Het onder *b)* bedoelde konserveringswater is de bron welke aan deze paragraaf mag worden toegerekend.

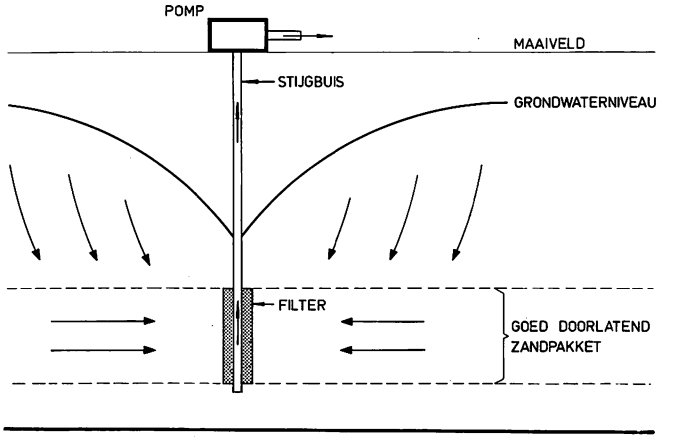
V.3. Spaarbekkens

De toepassing van spaarbekkens kan worden opgevat als een vorm van waterkonservering. In de bekkens wordt namelijk water opgeslagen in tijden dat het aanbod van water groter is dan de vraag, om het beschikbaar te stellen in tijden dat de vraag naar water groter is dan het aanbod. Een spaarbekken fungeert daardoor als bufferend mechanisme in het waterhuishoudkundig systeem.

In het kader van deze studie is onderzocht in hoeverre voor Drenthe inschakeling van bekkens bij de aanvullende watervoorziening ekonomisch aantrekkelijk is. Voor een aantal bekkens van verschillende grootte is nagegaan wat de kosten zijn en welke voordelen bij het gebruik ervan zijn te verwachten. Uit de berekeningen is gebleken dat de toepassing van spaarbekkens, louter voor de aanvullende watervoorziening, uit ekonomisch oogpunt een onaantrekkelijke zaak is. Bovendien kleven er aan spaarbekkens grote planologische en landschappelijke bezwaren en zijn ze op veel plaatsen vanuit ekologisch en/of hydrologisch oogpunt ongewenst.
De spaarbekkens zijn dan ook in eerste instantie, als mogelijke bron, buiten de verdere beschouwing gebleven.
De uitgevoerde berekening waarop hierboven wordt gedoeld, is weergegeven in hfdst. XIII. Omdat in deze berekening gegevens worden gebruikt welke eerst in de hoofdstukken VI, VII en VIII aan de orde komen, is deze naar het laatste deel van dit rapport verschoven.

V.4. "Diep" grondwater

De ondergrond van Drenthe is schematisch voor te stellen als een groot bekken dat vol staat met grondwater, dat enerzijds wordt bijgevuld door de neerslag en anderzijds wordt afgetapt door de sloten en beken en door de gewassen.
Voorzover het grondwater zich bevindt in zandpakketten van voldoende dikte en met een goede doorlatendheid kan het, met behulp van pompputten, worden gewonnen en gebruikt voor diverse doeleinden. In fig. 31 is deze onttrekkingswijze schematisch weergegeven.



Figuur 31.

De winning van grondwater is echter niet in onbeperkte mate mogelijk. In principe is uitbreiding van de winning mogelijk, zonder dat sprake is van uitputting van de voorraad, zolang de jaarlijkse voeding groter is dan de jaarlijkse onttrekking.
De voeding wordt voornamelijk veroorzaakt door de neerslag. Het deel van de neerslag dat niet bovengronds afstroomt en niet ter plaatse verdampt komt als "nuttige neerslag" aan het grondwater ten goede en bepaalt dus de omvang van de winbare hoeveelheid.
Onttrekking van deze theoretisch winbare hoeveelheid, ca. 700×10^6 m^3/jaar (lit. 35) zou in de praktijk echter grote problemen met zich brengen. Winning van grondwater gaat namelijk, zeker als het op een dergelijke grote schaal zou plaatsvinden, gepaard met een verlaging van de grondwaterspiegel. Ook bij

Het ''slaan'' van een pompput.

geringere onttrekkingen kan deze verlaging een nadelige invloed op flora en fauna hebben. Zo kan schade optreden in de landbouw, in de natuur en in het landschap terwijl verder ongewenste vermindering van beekafvoeren plaats kan vinden.
Aangezien reeds in de huidige situatie, hier en daar, nadelige gevolgen van grondwaterwinningen worden ondervonden, is in het kader van deze studie in eerste instantie een voorzichtig standpunt ingenomen met betrekking tot het gebruik van het diepe grondwater als bron voor de aanvullende watervoorziening.
Bij de berekeningen in de hoofdstukken VI t/m XI zijn de volgende twee uitgangspunten gehanteerd:

- het diepe grondwater reserveren voor de drink- en industriewatervoorziening (zie ook par. IV.6.)
- voor de aanvullende watervoorziening van de overige belangengroepen oppervlaktewater gebruiken.

De studievolgorde is dus zodanig dat in eerste instantie is nagegaan wat de mogelijkheden zijn van het gebruik van oppervlaktewater. In hoofdstuk XII wordt op de gebruiksmogelijkheden van het diepe grondwater teruggekomen.
Met name voor de hogere gebieden in de provincie, waar de aanvoer van het oppervlaktewater extreem hoge kosten met zich meebrengt, kan het gebruik van het diepe grondwater een belangrijk alternatief zijn. Ook wordt in par. XII.1. ingegaan op de voedingsmogelijkheden van het grondwater middels infiltratie met oppervlaktewater om de nadelige gevolgen van de onttrekkingen te beperken en als zodanig de winbare hoeveelheid te vergroten.
De behandeling van dit onderwerp is verschoven naar het slot van het rapport om een betere vergelijking mogelijk te maken met de watervoorziening door gebruik van oppervlaktewater. Het gebruik van het diepe grondwater kan daar worden geplaatst tegen de achtergrond van de hoofdstukken VI t/m XI waarin de voor- en nadelen van de aanvoer van oppervlaktewater worden behandeld.

V.5. Oppervlaktewater van buiten de provincie

Voor de aanvoer van oppervlaktewater van buiten de provincie staan in principe twee bronnen ter beschikking (kaart 6):
1. het IJsselmeer.
2. de Vecht, eventueel aangevuld met IJsselwater via de Overijsselse kanalen.

1. Het IJsselmeer
Vanuit het IJsselmeer kan Drenthe langs twee aanvoerwegen van water worden voorzien:

- Door het Ketelmeer, het Zwarte Meer en het Zwarte Water, die in open verbinding staan met het IJsselmeer, en vervolgens door het Meppelerdiep naar de Hoogeveensche Vaart en de Drentsche Hoofdvaart.
  Daarbij moet worden opgemerkt dat het Zwarte Meer, naast voeding uit het IJsselmeer, afvoerwater ontvangt uit Overijssel via de Vecht en de Sallandse weteringen. Het water dat vanuit het Meppelerdiep wordt opgepompt bevat dus, afhankelijk van de omvang van de afvoer uit Overijssel, meer of minder "IJsselmeerwater", hetgeen tot uiting komt in de kwaliteit van het water (par. V.6.).
- Door inlaten van water op Frieslands boezem bij Lemmer en Stavoren, dat door het Prinses Margrietkanaal en het van Starkenborghkanaal in de richting van de stad Groningen wordt gevoerd. Vanuit laatstgenoemd kanaal kan het na oppompen langs een westelijke route door het Noord-Willemskanaal en langs een oostelijke route door het Winschoterdiep en het Stadskanaal de provincie Drenthe binnenkomen.

2. De Vecht, eventueel aangevuld met IJsselwater
Water uit de Vecht kan via het Stieltjeskanaal na oppompen worden getransporteerd naar de Verlengde Hoogeveensche Vaart. In 1976 is van deze aanvoerweg gebruik gemaakt. Hierbij werd als noodvoorziening de aanvoer aangevuld vanuit de IJssel via het Twentekanaal en het Overijsselsch Kanaal.

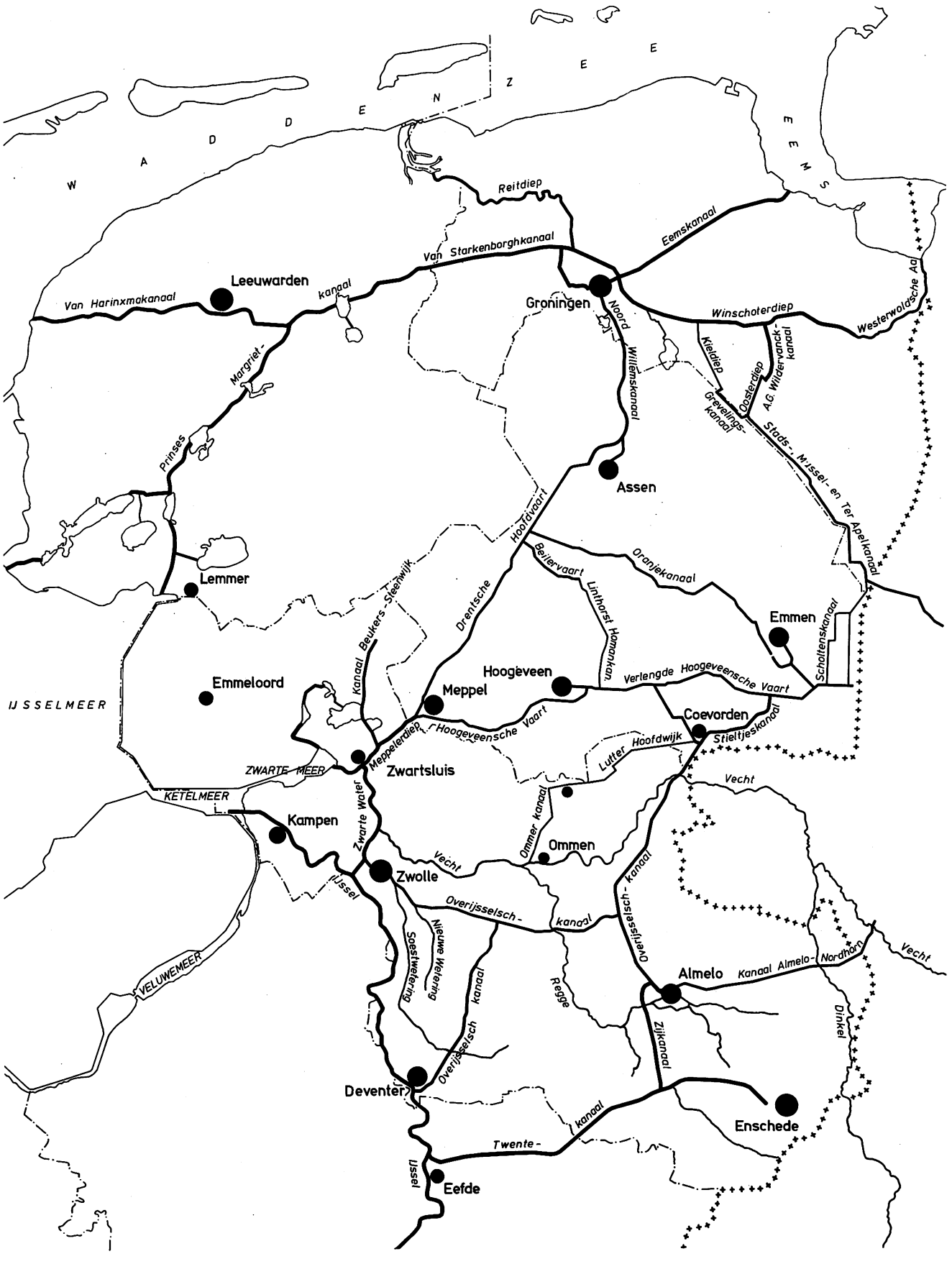
De keuze tussen het IJsselmeer en de Vecht als mogelijke bronnen van oppervlaktewater valt uit ten gunste van het IJsselmeer omdat de Vecht, zeker in droge tijden, onvoldoende water afvoert. Gaan we er van uit dat in een droog jaar in de droogste perioden van het groeiseizoen geen water meer aan de Vecht mag worden onttrokken, hetgeen een reële aanname is, dan is Drenthe voor de watervoorziening in zo'n droge periode volledig aangewezen op het IJsselmeer. Het watervoorzieningssysteem zal dan ook zodanig moeten worden ingericht dat de maximale behoefte vanuit het IJsselmeer kan worden aangevoerd. Dit laatste betekent echter niet dat de mogelijkheden van de Vecht als bron buiten beschouwing kunnen worden gelaten. Afhankelijk van de omvang van de waterbehoefte en van de afvoer van de Vecht is watervoorziening vanuit deze rivier in minder droge perioden mogelijk. Het gebruik van water uit de Vecht heeft als voordeel dat de benodigde opvoerhoogte naar de hoge kanaalpanden in Drenthe klein is ten opzichte van de opvoerhoogte vanuit het Meppelerdiep. Ter illustratie zijn de opvoerhoogten naar het 7e pand van de Verlengde Hoogeveensche Vaart vermeld:

kanaalpeil 7e pand Verlengde Hoogeveensche Vaart:	N.A.P. + 12,95 m
kanaalpeil Stieltjeskanaal (= peil van de Vecht):	N.A.P. + 9,10 m
opvoerhoogte	3,85 m

kanaalpeil 7e pand Verlengde Hoogeveensche Vaart:	N.A.P. + 12,95 m
peil Meppelerdiep:	N.A.P. — 0,23 m
opvoerhoogte	13,18 m

Het verschil in opvoerhoogte is dus:
13,18 — 3,85 = 9,33 m.
Verder heeft aanvoer vanuit de Vecht het voordeel dat, zolang de beschikbare hoeveelheid groter is dan de vraag naar water, de stroomafwaarts geprojekteerde gemalen aan de Hoogeveensche Vaart en eventueel die aan de Drentsche Hoofdvaart buiten bedrijf kunnen blijven. Deze situatie doet zich uiteraard slechts voor in perioden waarin de aanvullende waterbehoefte de beschikbare Vechtafvoer niet overschrijdt. Het verdient aanbeveling deze mogelijkheid nader te bestuderen.

Eenmaal gekozen voor het IJsselmeer als hoofdbron voor de aanvullende watervoorziening, blijft over de


W A D D E N Z E E
E E M S
Reitdiep
Eemskanaal
Van Starkenborghkanaal
Leeuwarden
Van Harinxmakanaal
kanaal
Groningen
Noord Willemskanaal
Winschoterdiep
Westerwoldsche Aa
Kieldiep
Oosterdiep
A.G. Wildervanck-kanaal
Grevelings-kanaal
Stads-, Mussel- en Ter Apelkanaal
Margriet-
Prinses
Assen
Hoofdvaart
Beilervaart
Oranjekanaal
Lemmer
Steenwijk
Drentsche
Linthorst Homankan.
Emmen
Scholtenskanaal
Kanaal Beukers-
Emmeloord
Hoogeveen
Verlengde Hoogeveensche Vaart
IJSSELMEER
Meppel
Coevorden
Stieltjeskanaal
Meppelerdiep
Hoogeveensche Vaart
Lutter
Hoofdwijk
ZWARTE MEER
Zwartsluis
Vecht
KETELMEER
Kampen
Zwarte water
Ommer kanaal
Ommen
Vecht
Zwolle
IJssel
Overijsselsch-
kanaal
Overijsselsch-kanaal
Soestwetering
Nieuwe Wetering
Regge
Almelo
Kanaal Almelo-Nordhorn
Vecht
VELUWEMEER
Zijkanaal
Dinkel
Overijsselsch kanaal
Deventer
kanaal
Enschede
Twente-
IJssel
Eefde

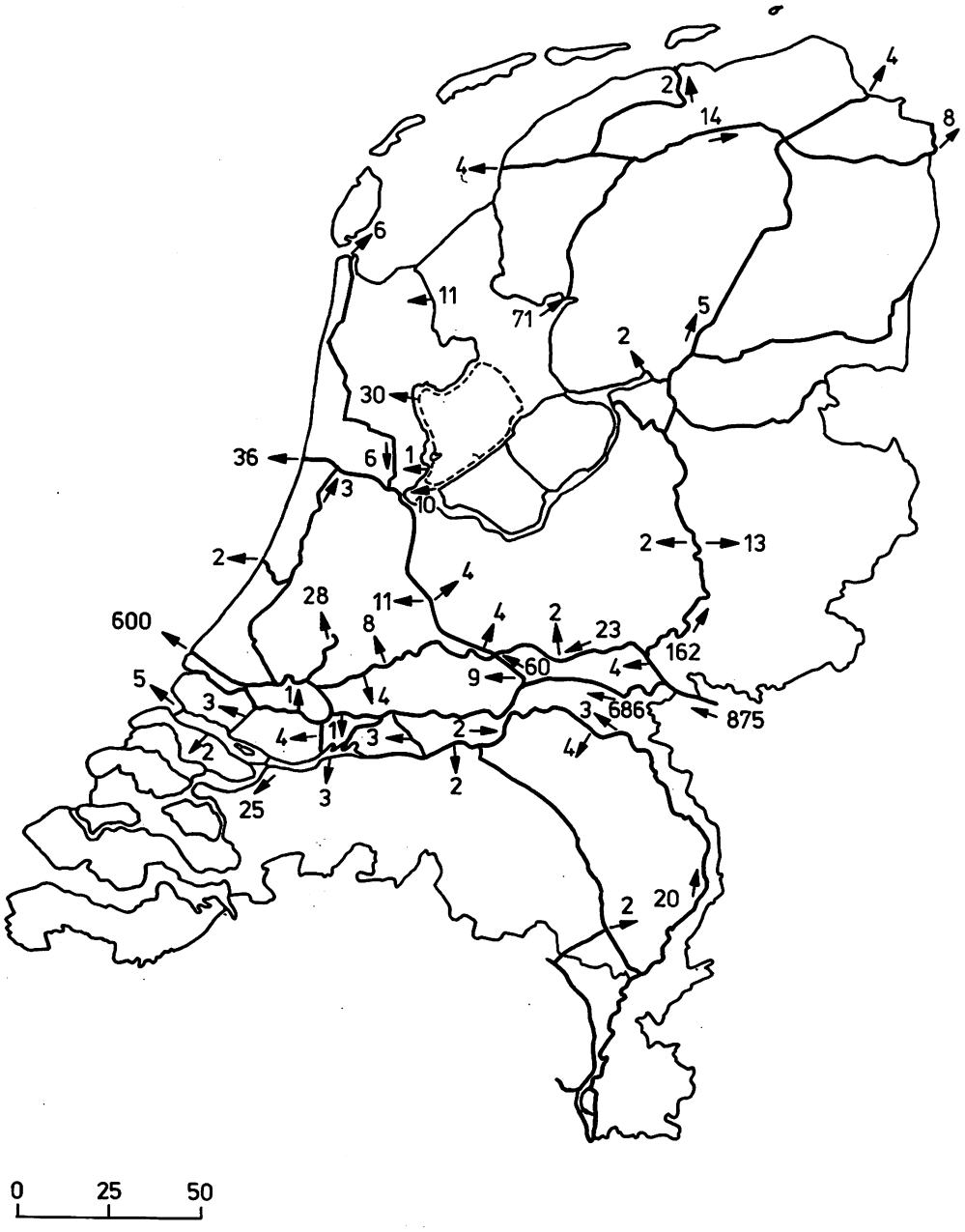
Kaart 6.

keuze tussen de twee genoemde aanvoerroutes: het Meppelerdiep en de route via Friesland en Groningen. De aanvoerweg via Friesland en Groningen heeft als nadeel de grote lengte, hetgeen de kans op gebreken en stagnatie in de aanvoer vergroot. Verder is de maximale aanvoerkapaciteit van de waterwegen niet voldoende om de piekbehoeften van de drie noordelijke provincies te verwerken. Een derde nadeel is dat Drenthe zowel ten aanzien van de kwantiteit als ten aanzien van de kwaliteit van het water in grote mate afhankelijk wordt van het waterbeheersingsbeleid van de provincies Friesland en Groningen.
De aanvoer via het Meppelerdiep is ten opzichte van de route door Friesland en Groningen een gunstig alternatief. Deze aanvoerweg is kort, de kapaciteit is voldoende en de afhankelijkheid van derden is minimaal. Het Meppelerdiep wordt dan ook gekozen als hoofdaanvoerweg voor de watertoevoer naar Drenthe. De watervoorzieningsplannen, zoals die in de volgende hoofdstukken worden uitgewerkt, zijn hierop gebaseerd.

Het IJsselmeer in relatie tot de algemene watervoorziening
Bij de watervoorziening van Noord-Nederland speelt het IJsselmeer een centrale rol. Sinds september 1975 bestaat, door het sluiten van de dijk Enkhuizen/Lelystad, het meer uit twee delen: het (kleine) IJsselmeer met een oppervlakte van 120.000 ha en het Markermeer. De meren zijn onderling verbonden

Kaart 7.

WATERVERDELING IN KRITIEKE PERIODEN VAN ZOMER 1976
(DEBIETWAARDE IN M^3/S)



door de Krabbegatsluizen bij Enkhuizen en de Houtribsluizen bij Lelystad.
De voornaamste voedingsbron van het IJsselmeer is de IJssel waardoor in een normale zomer gemiddeld ca. 300 m^3 water per sekonde wordt aangevoerd. In 1976 bereikte deze aanvoer een dieptepunt van 130 m^3/s.
Om enig inzicht te geven in de verdeling van het beschikbare oppervlaktewater in Nederland in een droge periode is de waterverdeling tijdens de zomer van 1976 weergegeven op kaart 7 (lit. 39).
De verdeling van het water is in handen van rijkswaterstaat. Om een goed inzicht te krijgen in de kwantitatieve gevolgen van een wijziging in de waterverdeling wordt bij deze dienst gewerkt aan een komputermodel voor het hoofdsysteem van de nederlandse waterhuishouding (Water Management Model). Voor een afweging van de verschillende belangen, die bij de waterverdeling een rol spelen, is men bij dezelfde dienst verder bezig met een breed opgezette beleidsanalyse (P.A.W.N.: Policy Analysis for the Watermanagement of the Netherlands). De eerste resultaten hiervan verwacht men tegen het einde van 1979.

V.6. Waterkwaliteit

V.6.1. Algemeen

In de navolgende paragrafen wordt in afhankelijkheid van de hoeveelheid aangevoerd water aandacht geschonken aan:
a. de huidige kwaliteit van dat water zowel binnen als buiten de provincie;
b. de te stellen kwaliteitseisen;
c. de mate waarin de waterkwaliteit aan die eisen voldoet.
Tevens wordt t.a.v. deze punten bezien in hoeverre er in de toekomst verandering zal optreden dan wel gewenst is.

V.6.2. Huidige waterkwaliteit

a. kwaliteit "eigen" water.
Wanneer in de voorzomer of zomer een aanvang wordt gemaakt met de wateraanvoer, zullen bepaalde delen van Drenthe mogelijk nog water ontvangen dat uit Drenthe zelf afkomstig is. Dit verschijnsel zal des te sterker zijn naarmate de weersgesteldheid in die perioden natter is en naarmate een gebied meer bovenstrooms in het voedingssysteem van de kanalen is gelegen dan wel er meer eigen kunstmatige wateraf-voer is door b.v. rioolwaterzuiveringsinrichtingen en bedrijven, zoals vooral in zuid-oost Drenthe voorkomt. Uit de resultaten van onderzoekingen van het zuiveringsschap Drenthe (lit. 41) blijkt, dat bij de aanvoer van "eigen" water in Drenthe voor bepaalde gebieden nog wel sprake kan zijn van een minder goede kwaliteit van dat water. Knelpunten kunnen zich met name voordoen in de omgeving van het Bargermeerkanaal en aansluitende gedeelten van de Verlengde Hoogeveensche Vaart, het Noord-Willemskanaal bij Assen, alsmede de Tilgrup en de Koekanger Aa. De invloed van het afvalwater van de aardappelmeelfabriek "Oranje" is in de zomer tot zekere hoogte beperkt, omdat een eventuele afvoer daarvan dan uitsluitend een gekontroleerde lozing van vrij vergaand biologisch afgebroken afvalwater betreft, met toepassing van doorspoeling in het ontvangende water in casu de Beilervaart. De lozing van dit ongezuiverd afvalwater is onder de nodige kontrole voorshands alleen toegestaan in perioden met veel waterafvoer en een lage watertemperatuur. De knelpunten m.b.t. de kwaliteit van "eigen" water zullen geleidelijk in aantal verminderen door de uitvoering van saneringsmaatregelen volgens het zuiveringsplan Drenthe (lit. 42) en volgende versies van dit plan.
Voor het gereedkomen van de sanering van de belangrijkste knelpunten kunnen de volgende tijdstippen gelden:
bij Assen ± 1980 en
bij het Bargermeerkanaal waarschijnlijk 1980 à 1985.
Overigens moet worden opgemerkt dat het zuiveringsplan Drenthe nog geen wezenlijk afdoende oplossing geeft voor de vaak overmatige algengroei in de kanalen, welke een gevolg is van de grote hoeveelheden stikstof- en vooral fosforverbindingen, die in gezuiverd en ongezuiverd afvalwater aanwezig zijn.
De kwaliteitsgegevens met betrekking tot het "eigen" water betreffen dezelfde gebruikelijke en minder gebruikelijke bepalingen die hieronder voor het water van elders worden genoemd.

b. kwaliteit water van elders.
Uit par. V.5. is gebleken dat wateraanvoer voor Drenthe uitsluitend of vrijwel uitsluitend zal plaats hebben vanuit Meppelerdiep — Zwarte Meer — Ketelmeer c.q. IJssel of IJsselmeer. Gegevens omtrent de kwaliteit van deze wateren kunnen worden ontleend aan regelmatig onderzoek door enkele betrokken instanties zoals het zuiveringsschap Drenthe, het zuiveringsschap West-Overijssel en het rijk (lit. 41, 43 en 24). De gegevens hebben in het algemeen betrekking op zintuigelijke waarnemingen, temperatuur, zuurgraad, zuurstofhuishouding, stikstof- en fosforverbindingen en chloorion-gehalte c.q. zoutgehalte. Hiernaast wordt de laatste jaren het gehalte aan chlorophyl en pheophytine bepaald, teneinde meer inzicht in de voorkomende algengroei te verkrijgen. Ten aanzien van het voorkomen van zware metalen, pesticiden, radio-aktiviteit en bakteriologische verontreiniging kunnen enkele gegevens worden ontleend aan de onderzoekingen van het zuiveringsschap Drenthe en het rijk (lit. 41 en 24).
In het rapport Onderzoek kwaliteit oppervlaktewater Drenthe 1976 (lit. 41) wordt aandacht besteed aan de invloed van aangevoerd water op de kwaliteit van het Drentse oppervlaktewater in de hydrologisch nogal uiteenlopende jaren 1974 t/m 1976. De kwaliteit van het toestromende water in droge perioden is afhankelijk van de mate waarin nog een restant natuurlijk waterbezwaar uit Drenthe en Overijssel aanwezig is en de mate waarin toevoer plaats heeft vanuit het Zwarte Meer c.q. vanuit het Ketelmeer of de IJssel.
De herkomst van toestromend water kan vooral worden nagegaan aan het chloridegehalte. Door de hoge zoutbelasting van de Rijn heeft het IJsselwater een veel hoger chloride-gehalte dan het eigen natuurlijke waterbezwaar. Op grond van de aangetroffen koncentraties in het Meppelerdiep moet op de volgende chloridegehalten in aangevoerd water worden gerekend:

normale zomer (1974)	: 40 à 50 mg Cl/l;
droge zomer (1975)	: geleidelijke stijging na juli tot ± 100 mg Cl/l omstreeks september;
zeer droge zomer (1976)	: in juni oplopend en daarna 200 à 250 mg Cl/l van juli t/m september, daarna weer geleidelijke daling.

Rioolwaterzuiveringsinrichting te Echten.

In zeer droge jaren moet men dus rekening houden met een rechtstreekse aanvoer vanuit Ketelmeer en IJssel. Wanneer op de hogere gronden in Drenthe en Overijssel waterbeheersingsplannen meer en/of verder worden uitgevoerd, bestaat de mogelijkheid dat het resterende waterbezwaar in de zomer kleiner wordt, terwijl de waterbehoefte in de zomer juist groter wordt. In die situatie moet op meer invloed vanuit Ketelmeer en IJssel worden gerekend dan thans het geval is.
De zuurstofhuishouding van het aangevoerde water vertoonde de laatste jaren een wisselend beeld. In 1974 en ook daarvoor had het aangevoerde water in de zomer vaak lage zuurstofgehalten als gevolg van direkte vervuiling door rioollozingen bij Zwolle en de afvoer van (vrij) sterk vervuild water door de Regge. Nadien is het zuurstofgehalte in de zomer beter geweest. De indruk bestaat dat dit niet alleen samenhing met hydrologische omstandigheden waardoor vervuilende invloeden tot minder grote afstand merkbaar werden. Saneringsmaatregelen in het gebied van de Regge lijken hier een zodanig gunstig effekt te hebben dat de vermelde lage zuurstofgehalten niet meer zullen voorkomen. De laatste jaren is wel duidelijk geworden dat het aangevoerde water sterk groen is gekleurd door algengroei, die mogelijk is door de aanwezigheid van bemestende stoffen in het water. Afhankelijk van de herkomst van het aangevoerde water zullen deze bemestende stoffen afkomstig zijn uit Drenthe en Overijssel, dan wel gedeeltelijk of geheel uit de afvoer van de IJssel. De algengroei heeft tot gevolg dat de kwaliteit van het aangevoerde water, volgens de zgn. IMP-waardering (Indicatief Meerjarenprogramma, lit. 21) veelal in het grensgebied van goed naar matig ligt.
Ten aanzien van mogelijke andere wegen voor wateraanvoer geldt, dat de aanvoer via de Fries-Groningse kanalen in het algemeen veelvuldiger en sterkere stijging van het chloride-gehalte geeft dan de aanvoer via het Meppelerdiep, waarbij bovendien de algengroei in het water nog sterker is dan bij Meppel. Op wateraanvoer uit de Overijsselse Vecht kan maar beperkt worden gerekend. De chloride-gehalten zijn hier op het normale lage eigen niveau van Drenthe, zodat dit water uit dien hoofde aantrekkelijk is.

V.6.3. Kwaliteitseisen

Het aangeven van kwaliteitseisen voor oppervlaktewater wordt in het algemeen niet als een eenvoudige opgave ervaren zoals ondermeer blijkt uit hoofdstuk 4 van het IMP (lit. 21). Hiervoor zijn diverse oorzaken aan te geven nl.:

a. er is van nature een vrij grote variatie in de koncentraties van stoffen in oppervlaktewater, afhankelijk van het soort water en van de plaats. Het is dus onmogelijk uniforme eisen te stellen aan alle wateren;
b. van bepaalde stoffen, met name zware metalen, is lang niet altijd bekend hoe de koncentraties in de "natuurlijke" situatie waren;
c. van een groot aantal stoffen is niet, of niet exakt genoeg bekend wat het effekt is van een koncentratie boven het "natuurlijk" niveau op ekosystemen in het water en op de waterkwaliteit in verband met diverse gebruiksdoeleinden.

Ondanks de bovengenoemde onzekerheden is het tot op zekere hoogte echter bepaald wel mogelijk om kwaliteitseisen te formuleren. De eisen die aan de kwaliteit van een water worden gesteld, vallen daarbij uiteen in twee groepen nl.:

— eisen gericht op de algemene ekologische funktie van het water;
— aanvullende eisen, afhankelijk van de gebruiksdoeleinden.

In het IMP (lit. 21) wordt voor een vrij groot aantal eigenschappen en faktoren een aanduiding gegeven van normen naar gelang van het beschouwde tijdsbestek nl.:

a. voorlopige grenswaarden d.w.z. waterkwaliteitsnormen voor de korte termijn van ca. 5 jaar;
b. streefwaarden d.w.z. waterkwaliteitsnormen voor de lange termijn van 15 à 20 jaar.

In het Zuiveringsplan Drenthe zijn (lit. 42) kwaliteitseisen genoemd welke in grote lijnen overeenkomen met die van het IMP. Gedeeltelijk is er in het zuiveringsplan zelfs meer een tendens naar de streefwaarden dan naar de voorlopige grenswaarden van het IMP. De opstelling van kwaliteitsnormen heeft in het zuiveringsplan plaatsgehad op basis van een genuanceerde benadering naar de bestemming van het oppervlaktewater nl.:

a. wateren met een algemene bestemming;
b. wateren met een bestemming voor drinkwatervoorziening;
c. wateren met een bestemming voor aktieve rekreatie;
d. wateren met een bestemming voor natuurbeheer.

Voor de wateren met een algemene bestemming wordt in het zuiveringsplan de volgende specifikatie gegeven:

— algemene milieufunktie
— watervoorziening voor de industrie (koelwater, gebruikswater)
— watervoorziening voor de landbouw (veedrenking, beregening, infiltratie)
— passieve rekreatie
— visserij inkl. hengelsport
— ontvangen gezuiverd afvalwater.

Met betrekking tot vooral de bakteriologische kwaliteit wordt in het zuiveringsplan opgemerkt, dat bij extreme hantering van de richtlijnen voor het beoordelen van drinkwater voor vee, wateren met een algemene bestemming ongeschikt kunnen zijn voor veedrenking.
Zoals in de volgende paragraaf ook nog wordt aangegeven, is het weinig zinvol de normen en eisen in detail te vermelden. Daarbij wordt echter één uitzondering gemaakt vanwege het daarmee gemoeide grote agrarisch belang nl. de eisen die gelden voor het chloride-gehalte voor het gebruik in de tuinbouw:

extensieve groenteteelt in de volle grond	—max. 800 mg Cl/l;
intensieve groenteteelt in de volle grond	— max. 400 mg Cl/l;
glasteelt groenten en bloemen	— max. 180 mg Cl/l;
klein fruit	— max. 180 mg Cl/l;

Hierbij wordt opgemerkt dat bij de totstandkoming van het zuiveringsplan (lit. 42) vanwege de provincie Overijssel is gesteld, dat het chloride-gehalte bij Coevorden max. 100 mg Cl/l mag bedragen in verband met de wateronttrekking via Lutterhoofdwijk en Ommerkanaal voor onder meer de tuinbouw in de

gemeente Avereest. De redaktie van het zuiveringsplan is zodanig dat deze eis is ingepast. Hoewel dit niet in het zuiveringsplan is vermeld, kan de eis alleen gelden voorzover de chloride-gehalten binnen Drenthe zijn te beïnvloeden.

V.6.4. Overeenstemming tussen waterkwaliteit en kwaliteitseisen

Bij beschouwing van de beschikbare gegevens moet worden vastgesteld dat in de huidige situatie de kwaliteit van aangevoerd water op diverse punten nog niet volledig voldoet aan de eerder aangeduide normen. Een meer diepgaande beschouwing over alle afwijkingen is op deze plaats niet erg zinvol omdat ze een relatief beperkte omvang hebben en omdat de onderbouwing van vele normen nog niet zodanig is dat de juiste betekenis van de afwijkingen is aan te geven. Men mag verwachten dat in de toekomst het inzicht in de betekenis van de normen en de afwijkingen daarvan zal toenemen. De verwachting is dat de afwijkingen geleidelijk minder zullen worden door de bestrijding van de waterverontreiniging in regionaal, nationaal en internationaal verband. Voor de lange termijn mag men er op rekenen dat aan de kwaliteitseisen zal worden voldaan. Voor de kortere termijn moet men er echter wel rekening mee houden dat voor bepaalde gebruiksdoeleinden water wordt aangevoerd dat niet optimaal geschikt is, of zelfs ongeschikt.
Tot zulke gebruiksdoeleinden zou de inlaat in natuurgebieden kunnen behoren, evenals het gebruik voor aktieve rekreatie of drinkwaterbereiding.
Als uitzondering op bovenstaande algemene beschouwing t.a.v. het voldoen aan normen, is het gewenst enige aandacht te schenken aan het chloride-gehalte van aangevoerd water. Zoals reeds eerder is vermeld, behoeft men in normale of wat droge zomers slechts rekening te houden met een chloride-gehalte van maximaal ongeveer 100 mg Cl/l.
Een dergelijk gehalte zal in het algemeen geen bezwaar oproepen voor de diverse gebruiksdoeleinden van het oppervlaktewater. Voor het natuurbeheer zou dit nog wel het geval kunnen zijn. In zo'n geval zou het mogelijk zijn om wateraanvulling uit het grondwater te overwegen of deze geheel achterwege te laten. In zeer droge jaren moet er rekening mee worden gehouden dat het aangevoerde water in de periode juni t/m september een chloride-gehalte van 200 à 250 mg/l zal hebben en wellicht tijdelijk tot ongeveer 300 mg/l. De bevestiging van deze gehalten zal in de praktijk mede afhankelijk zijn van het al dan niet optreden van wijzigingen in de zoutbelasting van de Rijn. Deze hogere chloride-gehalten in zeer droge jaren zijn in het algemeen nog niet bezwaarlijk voor de meeste gebruiksdoeleinden al zal de aantrekkelijkheid voor natuurbeheer en drinkwaterbereiding bepaald afnemen.
Voor de tuinbouw liggen deze hogere chloride-gehalten in zeer droge jaren duidelijk boven de normen. De ernst van de overschrijdingen kan in de praktijk echter nog wel meevallen omdat de tuinbouwgebieden zich bevinden in zuid-oost Drenthe waar de hogere chloridegehalten met een zekere vertraging zullen doordringen. Daarnaast heeft de watervoorziening van de tuinbouw geheel of gedeeltelijk plaats via zandwinningsgaten en kanaalgedeelten waarin een zekere eigen voorraad water met lagere chloride-gehalten aanwezig is die een afvlakking of extra-vertraging van de hoogste chloride-gehalten geeft. Voorts is het nog mogelijk dat in de nazomer een lager chloride-gehalte kan worden verkregen door water te onttrekken aan het Stieltjeskanaal i.p.v. aan de Verlengde Hoogeveensche Vaart. Voor één en ander geldt echter wel dat bij een optimale watervoorziening van een belangrijk deel van Drenthe in uitgesproken droge jaren een veel snellere uitputting optreedt van het "eigen" water dan thans het geval is. Voor de toekomst moet er daarom wel rekening mee gehouden worden dat in zeer droge jaren niet altijd geheel zal kunnen worden voldaan aan de chloride-normen voor de tuinbouw onder glas. Een grotere waterbehoefte in verband met uitbreiding van het tuinbouwareaal in zuid-oost Drenthe kan in zeer droge jaren sneller aanleiding geven tot kritieke chloridegehalten dan bij het huidige areaal het geval zou zijn.
Een tijdige alarmering van in aantocht zijnde hogere chloride-gehalten biedt waarschijnlijk mogelijkheden om de mate en de duur van overschrijdingen te beperken. Het is ongetwijfeld nuttig dit in de praktijk te onderzoeken en het waterbeheer in (zeer) droge jaren af te stemmen op de resultaten van het onderzoek. Daarbij zou ook aandacht kunnen worden geschonken aan de mogelijkheid om voor de watervoorziening van de tuinbouw gedeeltelijk of geheel over te schakelen van oppervlaktewater naar grondwater in geval van een aanwezige of dreigende kritieke chloride-situatie in het oppervlaktewater.

VI. Gewenste aanvoer van buiten de provincie

VI.1. Algemeen

In hoofdstuk IV zijn de aanvullende hoeveelheden water bepaald, die in elk van de droogteklassejaren in Drenthe nodig zijn. In hoofdstuk V zijn de bronnen besproken, waaruit kan worden geput. Daaruit blijkt dat behalve een beperkte hoeveelheid, die door waterkonservering beschikbaar kan komen, al het benodigde water van buiten de provincie moet worden aangevoerd. In par. VI.2. worden de laatstbedoelde hoeveelheden berekend en wel voor een drietal alternatieven, plangebieden genoemd, met resp. een minimale, een maximale en een daartussen gelegen oppervlakte aan gronden, die van water worden voorzien.
Voor het doel van deze studie is het verder van belang te weten hoeveel de maatgevende aanvoerkapaciteit bedraagt. Voor de dimensionering van de ten behoeve van de watervoorziening aan te leggen en te bouwen werken en voor het berekenen van de hiermede gemoeide investeringen ten behoeve van de kosten/baten analyse moet de kapaciteit van deze werken worden bepaald. Hieraan wordt in par.VI.3. aandacht besteed.
Bij de kostenberekening zowel als bij de batenberekening is verder een belangrijk gegeven hoeveel water gedurende het groeiseizoen, gemiddeld over een lange reeks van jaren, moet worden opgepompt. Dit aspekt wordt behandeld in par. VI.4.
Tenslotte wordt in par. VI.5. nader ingegaan op de verdeling van de in de onderscheidene plannen op te pompen hoeveelheden water over de verschillende belangengroepen.

VI.2. De aanvullende waterbehoefte per plangebied in de verschillende droogteklassejaren

In par. IV.17. zijn de hoeveelheden water, die in elk van de vier droogteklassejaren voor alle doeleinden afzonderlijk nodig zijn, opgeteld en als de gesommeerde aanvullende waterbehoefte samengevat in fig. 18 en tabel 24. Wanneer hierop in mindering worden gebracht de hoeveelheden, die door waterkonservering, als aangegeven in par. V.2.3. beschikbaar komen, resteren de hoeveelheden, die als oppervlaktewater van buiten de provincie moeten worden aangevoerd. Dit houdt in dat de in par. IV.17. berekende hoeveelheden water voor de gehele maand april voor alle droogteklassejaren, die voor de eerste helft van de maand mei voor wat betreft de 10%- en 20%-droge jaren en die voor de gehele maand mei voor wat betreft de 50%-droge jaren niet behoeven te worden aangevoerd. Voorts behoeft in een jaar als 1976 in de maand september en in een 50%-droog jaar in de maanden augustus en september geen water te worden aangevoerd.
Tot nog toe zijn in beschouwing genomen de hoeveelheden, die voor het gehele territoir van de provincie Drenthe nodig zijn. In de huidige situatie kan dat gehele territoir echter niet van water worden voorzien. Dit geldt met name voor de hogere delen van de provincie. Te verwachten valt dat voor deze delen de kosten van wateraanvoer relatief hoog zullen zijn, niet alleen omdat gerekend vanaf het punt waar het water de provincie binnenkomt de opvoerhoogten het grootst zijn, maar vooral ook omdat in deze hoge en droge gebieden maar in zeer bescheiden mate of in het geheel geen waterlopenstelsels aanwezig zijn zodat relatief grote investeringen nodig zullen zijn. Om inzicht te krijgen in het verschil in rendement van de watervoorziening in enerzijds de lage gebieden en anderzijds de hogere gebieden is in deze studie een drietal alternatieve plannen ontwikkeld en wel:

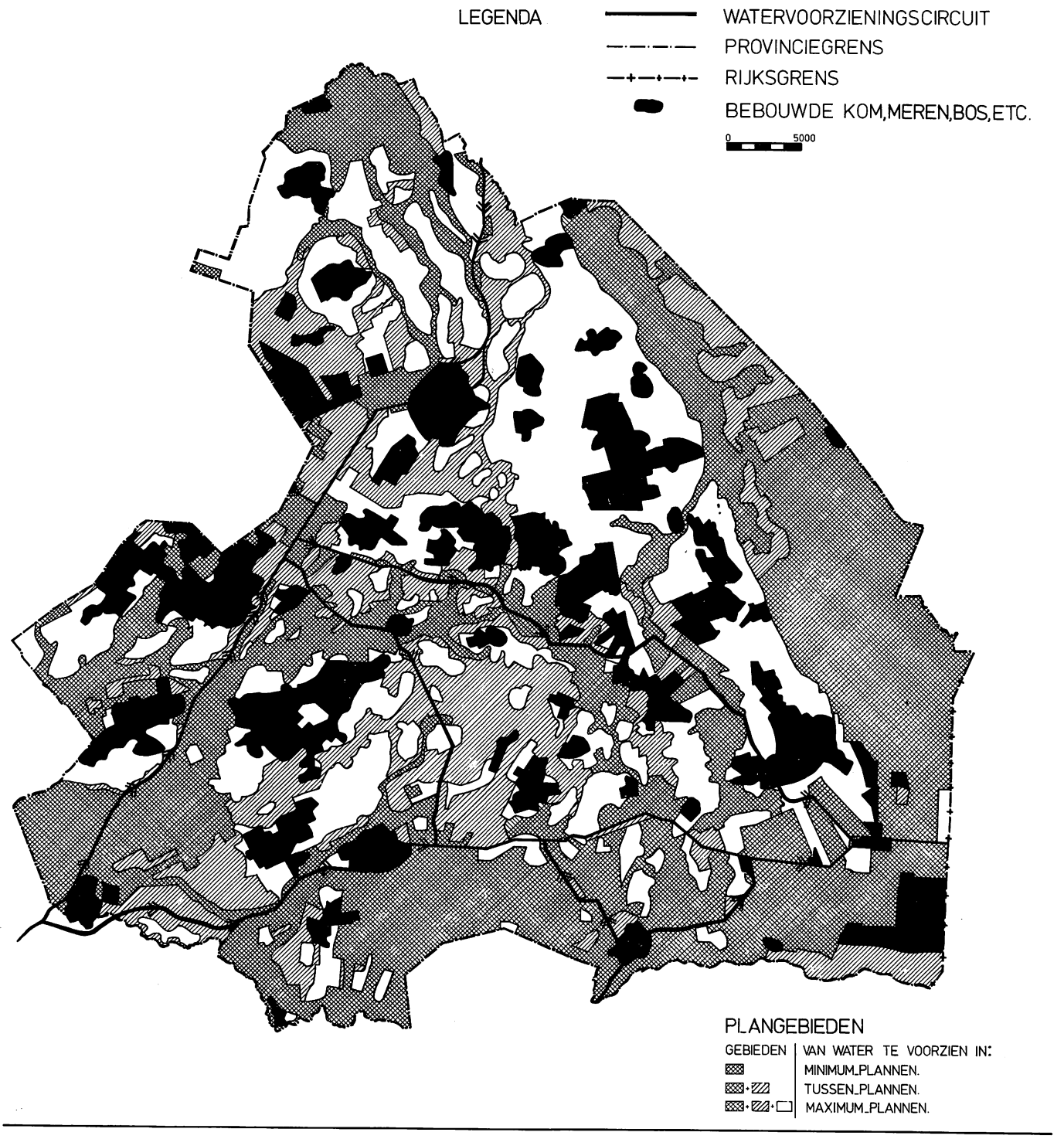
1. Het minimumplan
   In 1977 zijn door de provincie gegevens verzameld bij de drentse waterschappen naar de mate van watervoorziening in deze waterschappen in het jaar 1976. De in deze enquête door de waterschappen aangegeven oppervlakte, in totaal 93.200 ha, die min of meer van water kan worden voorzien is als de minimale oppervlakte aangemerkt, die van water dient te worden voorzien.
2. Het maximumplan
   De in par. IV.17. (tabellen 23a t/m 23d) aangegeven oppervlakte, in totaal 203.200 ha, is als maximale oppervlakte aangemerkt, die van water dient te worden voorzien. Dit is de totale oppervlakte kultuurgrond.
3. Het tussenplan
   Een tussen de minimale en de maximale oppervlakten in gelegen areaal wordt van water voorzien. Daarbij wordt de minimale oppervlakte uitgebreid met die gronden, die bij handhaving van de huidige peilen grotendeels door de werking van de zwaartekracht vanuit de kanalen van water kunnen worden voorzien, door het maken van enige nieuwe werken en het eventueel aanpassen van de bestaande werken. Zo kan een oppervlakte van 137.800 ha van water worden voorzien.

Op kaart 8 zijn voor elk van deze drie alternatieven de gebieden aangegeven, die van water kunnen worden voorzien. Deze gebieden worden de "plangebieden" genoemd.
Voor elk van de plangebieden kunnen nu de hoeveelheden aanvullend water worden berekend die resp. in een jaar als 1976, een 10%-droog jaar, een 20%-droog jaar en een 50%-droog jaar per groeiseizoen van buiten de provincie moeten worden aangevoerd. Op deze wijze ontstaan 12 kombinaties, die ieder als plan worden aangeduid. De benoeming van deze plannen is een kombinatie van de begrippen minimumplan, tussenplan en maximumplan voor de alternatieve plangebieden en de aanduidingen '76, -10, -20 en -50 voor een jaar als 1976, een 10%-droog jaar, een 20%-droog jaar en een 50%-droog jaar. De kombinaties zijn in de volgende staat weergegeven:

droogte-klassejaar	minimum-plannen 93.200 ha	tussen-plannen 137.800 ha	maximum-plannen 203.200 ha
1976	min'76	tus'76	max'76
10%-droog jaar	min-10	tus-10	max-10
20%-droog jaar	min-20	tus-20	max-20
50%-droog jaar	min-50	tus-50	max-50

Zo is het min'76 plan het plan waarbij voor de minimale oppervlakte de kapaciteit van de werken wordt afgestemd op een optimale watervoorziening voor

Kaart 8.



Gewenste aanvoer van oppervlaktewater van buiten de provincie voor het minimumplangebied in de vier droogteklassejaren in $10^6 m^3$

droogte-klassejaar	*zie voor verklaring par. IV.17.*		*mei*	*juni*	*juli*	*aug.*	*sept.*	*totaal*
1976	groep A		6,80	41,77	75,34	63,70	—	187,61
	groep B	IV.3.	0,32	0,32	0,32	0,27	—	1,23
		IV.7.	0,75	1,51	3,02	1,59	—	6,87
		IV.9.	0,07	0,34	0,37	0,32	—	1,10
		IV.11.	0,15	0,15	0,15	0,15	—	0,60
		IV.12.	0,01	1,31	1,60	1,37	—	4,29
	totaal		8,10	45,40	80,80	67,40	—	201,70
10%-droog jaar			*2e helft*					
	groep A		1,80	17,23	39,23	0,72	0,97	59,95
	groep B	IV.3.	0,16	0,32	0,32	0,27	0,27	1,34
		IV.7.	0,37	1,51	3,02	1,59	0,93	7,42
		IV.9.	—	0,25	0,22	—	—	0,47
		IV.11.	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15	0,68
		IV.12.	—	0,66	0,95	—	—	1,61
	totaal		2,41	20,12	43,89	2,73	2,32	71,47
20%-droog jaar			*2e helft*					
	groep A		1,72	16,34	11,59	1,04	0,86	31,55
	groep B	IV.3.	0,16	0,32	0,32	0,27	0,27	1,34
		IV.7.	0,37	1,51	3,02	1,59	0,93	7,42
		IV.9.	—	0,25	0,05	—	—	0,30
		IV.11.	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15	0,68
		IV.12.	—	0,66	0,21	—	—	0,87
	totaal		2,33	19,23	15,34	3,05	2,21	42,16
50%-droog jaar	groep A		—	3,27	5,58	—	—	8,85
	groep B	IV.3.	—	0,32	0,32	—	—	0,64
		IV.7.	—	1,51	3,02	—	—	4,53
		IV.9.	—	—	0,07	—	—	0,07
		IV.11.	—	0,15	0,15	—	—	0,30
		IV.12.	—	—	0,04	—	—	0,04
	totaal		—	5,25	9,18	—	—	14,43

Tabel 28a

een jaar als 1976. Het tus-20 plan is het plan waarbij voor de oppervlakte van het tussen-alternatief de kapaciteit van de werken wordt afgestemd op een optimale watervoorziening in een 20%-droog jaar. Evenals in IV.17. is gedaan voor de maximumplannen zijn ook berekeningen uitgevoerd voor de tussenplannen en de minimumplannen, die resulteren in tabellen van dezelfde aard als de tabellen 23a t/m 23d en 24. Rekening houdende met hetgeen in de eerste alinea van deze paragraaf is vermeld kunnen uit tabel 24 en de beide overeenkomstige tabellen voor het minimumplan en het tussenplan de tabellen 28a t/m 28c worden samengesteld, waarin voor elk van de drie plangebieden de maandelijks in elk van de vier droogteklassejaren van buiten de provincie aan te voeren hoeveelheden water zijn vermeld. Tabel 29 geeft een overzicht van de per groeiseizoen aan te voeren hoeveelheden.

Gewenste aanvoer van oppervlaktewater van buiten de provincie per groeiseizoen voor de verschillende plangebieden in de verschillende droogteklassejaren in $10^6 m^3$

droogte-klasse-jaar	*plangebied* / *oppervlakte*	*minimum* *93.200 ha*	*tussen* *137.800 ha*	*maximum* *203.200 ha*
1976		201,7	302,6	478,0
10%-droog jaar		71,5	103,0	165,9
20%-droog jaar		42,2	58,7	97,3
50%-droog jaar		14,4	18,8	28,6

Tabel 29

VI.3. De te installeren pompkapaciteit in de 12 plannen

Om de 12 plannen, waarvan in de vorige paragraaf sprake is, te kunnen vergelijken, is het nodig de gewenste transportkapaciteit van de werken en in het bijzonder die van de gemalen te kennen, omdat deze van grote invloed is op de omvang van de investeringen. Men zou daarvoor per plan de gemiddeld per tijdseenheid (minuut) te transporteren hoeveelheid water over het gehele deel van het groeiseizoen, gedurende welk aanvullend water nodig is, kunnen nemen. Bestudering van de tabellen 28a t/m 28c wijst uit dat dit problemen geeft. Bij vergelijking van de hoeveelheden, die per maand nodig zijn, blijken per plan aanzienlijke verschillen voor te komen. Zo zou in de maand met de grootste behoefte aan aanvullend water (juli) aan deze behoefte niet kunnen worden voldaan. *Bij de verdere berekeningen is per plan de gemiddelde behoefte in de droogste maand van het betreffende droogteklassejaar maatgevend gesteld voor de aanvoerkapaciteit.* Hierbij is aangenomen dat bij een goed beheer van het watervoorzieningssysteem, ook door de gebruikers van het water, het bufferend vermogen van de bodem voldoende is om

Gewenste aanvoer van oppervlaktewater van buiten de provincie voor het tussenplangebied in de vier droogteklassejaren in $10^6 m^3$

droogte-klassejaar	*zie voor verklaring par. IV.17.*		*mei*	*juni*	*juli*	*aug.*	*sept.*	*totaal*
1976	groep A		10,19	63,92	116,46	97,99	—	288,56
	groep B	IV.3.	0,32	0,32	0,32	0,27	—	1,23
		IV.7.	0,75	1,51	3,02	1,59	—	6,87
		IV.9.	0,07	0,34	0,37	0,32	—	1,10
		IV.11.	0,15	0,15	0,15	0,15	—	0,60
		IV.12.	0,01	1,31	1,60	1,37	—	4,29
	totaal		11,49	67,55	121,92	101,69	—	302,65
10%-droog jaar			*2e helft*					
	groep A		2,82	25,64	60,68	1,02	1,37	91,53
	groep B	IV.3.	0,16	0,32	0,32	0,27	0,27	1,34
		IV.7.	0,37	1,51	3,02	1,59	0,93	7,42
		IV.9.	—	0,25	0,22	—	—	0,47
		IV.11.	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15	0,68
		IV.12.	—	0,66	0,95	—	—	1,61
	totaal		3,43	28,53	65,34	3,03	2,72	103,05
20%-droog jaar			*2e helft*					
	groep A		2,70	24,38	18,29	1,47	1,22	48,06
	groep B	IV.3.	0,16	0,32	0,32	0,27	0,27	1,34
		IV.7.	0,37	1,51	3,02	1,59	0,93	7,42
		IV.9.	—	0,25	0,05	—	—	0,30
		IV.11.	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15	0,68
		IV.12.	—	0,66	0,21	—	—	0,87
	totaal		3,31	27,27	22,04	3,48	2,57	58,67
50%-droog jaar	groep A		—	4,88	8,32	—	—	13,20
	groep B	IV.3.	—	0,32	0,32	—	—	0,64
		IV.7.	—	1,51	3,02	—	—	4,53
		IV.9.	—	—	0,07	—	—	0,07
		IV.11.	—	0,15	0,15	—	—	0,30
		IV.12.	—	—	0,04	—	—	0,04
	totaal		—	6,86	11,92	—	—	18,78

Tabel 28b

pieken in het waterverbruik van korte duur te kunnen opvangen. Als voorbeeld van de kapaciteitsberekening moge dienen een berekening voor het tus-10 plan. De behoefte aan aanvullend water is dan in de droogste maand (juli) 65,3 × $10^6 m^3$. De totale aanvoerkapaciteit is dan:

$$\frac{65{,}3 \times 10^6 m^3}{30\ (\text{dagen}) \times 24\ (\text{uur}) \times 60\ (\text{min})} = 1.513\ m^3/\text{min}.$$

Dit is dus de hoeveelheid die via het Meppelerdiep de provincie moet binnen komen. De gezamenlijke kapaciteit van de beide gemalen (Paradijssluis en Rogat) die als eersten het water op een hoger niveau moeten brengen, is iets geringer omdat ca 2.000 ha van het waterschap Nijeveen-Kolderveen door inlating rechtstreeks vanuit het Meppelerdiep van water kan worden voorzien. De gezamenlijke kapaciteit van deze gemalen is berekend op 1.487 m^3/min.

plan	*kapaciteit m^3/min.*	*plan*	*kapaciteit m^3/min.*	*plan*	*kapaciteit m^3/min*
min'76	1.825	tus'76	2.782	max'76	4.382
min-10	994	tus-10	1.487	max-10	2.390
min-20	435	tus-20	619	max-20	1.097
min-50	211	tus-50	273	max-50	431

Tabel 30

Tabel 30 geeft voor alle 12 plannen een overzicht van de gezamenlijke kapaciteit van de beide gemalen.
De kapaciteit van de afzonderlijke gemalen die binnen de provincie moeten zorgdragen voor de distributie van het water komt in hoofdstuk VII aan de orde.

VI.4. Berekening van de meerjarig gemiddeld per groeiseizoen op te pompen hoeveelheid water

Voor de bestudering van het kosten-batenaspekt van de plannen is het nodig te weten welke hoeveelheden water door de gemalen moeten worden opgepompt. Deze hoeveelheden wisselen van jaar tot jaar tengevolge van de verschillen in weersomstandigheden. Daarom is voor elk van de plannen een meerjarig gemiddelde berekend. De hoeveelheden aanvullend water, die per groeiseizoen en per maand nodig zijn in de drie plangebieden en in de vier droogteklassejaren, zijn vermeld in de tabellen 28a t/m 28c en de daarmee overeenkomende tabellen. Verminderen we deze hoeveelheden met de hoeveelheden, die het waterschap Nijeveen-Kolderveen inlaat, dan resteren de hoeveelheden, die vanaf het Meppelerdiep moeten worden opgepompt. Tabel 31 geeft hiervan een overzicht. De hoeveelheden in deze tabel kunnen echter niet zonder meer worden gehanteerd bij de berekening van de meerjarig gemiddeld per groeiseizoen op te pompen hoeveelheid water. Bezien we bijvoorbeeld het tus-10 plan, d.w.z. het plan waarin de kapaciteit van de werken is afgestemd op de behoefte in

Gewenste aanvoer van oppervlaktewater van buiten de provincie voor het maximumplangebied in de vier droogteklassejaren in $10^6 m^3$

droogte-klassejaar	*zie voor verklaring par. IV.17.*		*mei*	*juni*	*juli*	*aug.*	*sept.*	*totaal*
1976	groep A		18,49	106,63	185,40	153,37	—	463,89
	groep B	IV.3.	0,32	0,32	0,32	0,27	—	1,23
		IV.7.	0,75	1,51	3,02	1,59	—	6,87
		IV.9.	0,07	0,34	0,37	0,32	—	1,10
		IV.11.	0,15	0,15	0,15	0,15	—	0,60
		IV.12.	0,01	1,31	1,60	1,37	—	4,29
	totaal		19,79	110,26	190,86	157,07	—	477,98
			2e helft					
10%-droog jaar	groep A		5,03	46,76	99,43	1,35	1,82	154,39
	groep B	IV.3.	0,16	0,32	0,32	0,27	0,27	1,34
		IV.7.	0,37	1,51	3,02	1,59	0,93	7,42
		IV.9.	—	0,25	0,22	—	—	0,47
		IV.11.	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15	0,68
		IV.12.	—	0,66	0,95	—	—	1,61
	totaal		5,64	49,65	104,09	3,36	3,17	165,91
			2e helft					
20%-droog jaar	groep A		4,89	45,03	33,23	1,94	1,60	86,69
	groep B	IV.3.	0,16	0,32	0,32	0,27	0,27	1,34
		IV.7.	0,37	1,51	3,02	1,59	0,93	7,42
		IV.9.	—	0,25	0,05	—	—	0,30
		IV.11.	0,08	0,15	0,15	0,15	0,15	0,68
		IV.12.	—	0,66	0,21	—	—	0,87
	totaal		5,50	47,92	36,98	3,95	2,95	97,30
	groep A		—	7,72	15,28	—	—	23,00
	groep B	IV.3.	—	0,32	0,32	—	—	0,64
		IV.7.	—	1,51	3,02	—	—	4,53
50%-droog jaar		IV.9.	—	—	0,07	—	—	0,07
		IV.11.	—	0,15	0,15	—	—	0,30
		IV.12.	—	—	0,04	—	—	0,04
	totaal		—	9,70	18,88	—	—	28,58

Tabel 28c

Gewenste hoeveelheden uit het Meppelerdiep op te pompen water in $10^6 m^3$ per groeiseizoen in de drie plangebieden in de verschillende droogteklassejaren

droogte-klassejaar		*plangebied min-*	*tus-*	*max-*
1976	mei	7,9	11,3	19,6
	juni	44,0	66,4	109,1
	juli	**78,9**	**120,2**	**189,2**
	aug.	65,7	100,2	155,7
	totaal	196,5	298,1	473,6
10%-droog jaar	mei	2,4	3,4	5,6
	juni	19,6	28,0	49,1
	juli	**42,9**	**64,4**	**103,1**
	aug.	2,7	3,0	3,3
	sept.	2,3	2,7	3,1
	totaal	69,9	101,5	164,2
20%-droog jaar	mei	2,3	3,3	5,5
	juni	**18,7**	**26,8**	**47,4**
	juli	15,1	21,8	36,7
	aug.	3,0	3,4	3,9
	sept.	2,2	2,5	2,9
	totaal	41,3	57,8	96,4
50%-droog jaar	juni	5,2	6,8	9,6
	juli	**9,0**	**11,7**	**18,7**
	totaal	14,2	18,5	28,3

Tabel 31

de droogste maand in een 10%-droog jaar en voor een oppervlakte van 137.800 ha, dan kan per maand ten hoogste worden aangevoerd 64,4 × 10^6 m^3, de behoefte van de maand juli. Voor een extreem droog jaar als 1976 betekent dit dat de in de maanden juni, juli en augustus gewenste hoeveelheden niet volledig kunnen worden geleverd (zie tabel 32).

	mei	*juni*	*juli*	*aug.*	*totaal*
in een jaar als 1976:					
— dient te worden opgepompt . . . in $10^6 m^3$	11,3	66,4	120,2	100,2	298,1
— wordt bij een kapaciteit van 64,4x$10^6 m^3$/maand opgepompt . . . in $10^6 m^3$	11,3	64,4	64,4	64,4	204,5

Tabel 32

In de tabellen 33a t/m 33c is nu voor elk van de 12 plannen per maand en per seizoen aangegeven welke hoeveelheden water in de vier droogteklassejaren kunnen worden en dus ook moeten worden opgepompt om de behoefte voorzover mogelijk te dekken. Daarbij is in de seizoenen, waarin de aanvoer ten achter blijft bij de behoefte, gerekend met een gedeeltelijke kompensatie achteraf van de ontstane tekorten door in de maanden augustus en september, indien de aanvoerkapaciteit groter is dan de behoefte, extra water aan te voeren en wel tot maximaal de helft van de ontstane tekorten. In het voorbeeld heeft in september 1976 de neerslag de verdamping over-

In de vier droogteklassejaren uit het Meppelerdiep op te pompen hoeveelheden water in $10^6 m^3$ bij realisering van de minimumplannen

plan		droogteklassejaar			
		1976	*10%-droog jaar*	*20%-droog jaar*	*50%-droog jaar*
min'76	mei	7,9	2,4	2,3	—
	juni	44,0	19,6	18,7	5,2
	juli	78,9	42,9	15,1	9,0
	aug.	65,7	2,7	3,0	—
	sept.	—	2,3	2,2	—
	totaal	196,5	69,9	41,3	14,2
min-10	mei	7,9	2,4	2,3	—
	juni	42,9	19,6	18,7	5,2
	juli	42,9	42,9	15,1	9,0
	aug.	42,9	2,7	3,0	—
	sept.	29,9	2,3	2,2	—
	totaal	166,5	69,9	41,3	14,2
min-20	mei	7,9	2,4	2,3	—
	juni	18,7	18,7	18,7	5,2
	juli	18,7	18,7	15,1	9,0
	aug.	18,7	15,3	3,0	—
	sept.	18,7	2,3	2,2	—
	totaal	82,7	57,4	41,3	14,2
min-50	mei	7,9	2,4	2,3	—
	juni	9,0	9,0	9,0	5,2
	juli	9,0	9,0	9,0	9,0
	aug.	9,0	9,0	9,0	—
	sept.	9,0	9,0	4,1	—
	totaal	43,9	38,4	33,4	14,5

Tabel 33a

In de vier droogteklassejaren uit het Meppelerdiep op te pompen hoeveelheden water in $10^6 m^3$ bij realisering van de tussenplannen

plan		droogteklassejaar			
		1976	*10%-droog jaar*	*20%-droog jaar*	*50%-droog jaar*
tus'76	mei	11,3	3,4	3,3	—
	juni	66,4	28,0	26,8	6,8
	juli	120,2	64,4	21,8	11,7
	aug.	100,2	3,0	3,4	—
	sept.	—	2,7	2,5	—
	totaal	298,1	101,5	57,8	18,5
tus-10	mei	11,3	3,4	3,3	—
	juni	64,4	28,0	26,8	6,8
	juli	64,4	64,4	21,8	11,7
	aug.	64,4	3,0	3,4	—
	sept.	46,8	2,7	2,5	—
	totaal	251,3	101,5	57,8	18,5
tus-20	mei	11,3	3,4	3,3	—
	juni	26,8	26,8	26,8	6,8
	juli	26,8	26,8	21,8	11,7
	aug.	26,8	21,4	3,4	—
	sept.	26,8	2,7	2,5	—
	totaal	118,5	81,1	57,8	18,5
tus-50	mei	11,3	3,4	3,3	—
	juni	11,7	11,7	11,7	6,8
	juli	11,7	11,7	11,7	11,7
	aug.	11,7	11,7	11,7	—
	sept.	11,7	11,7	6,8	—
	totaal	58,1	50,2	45,2	18,5

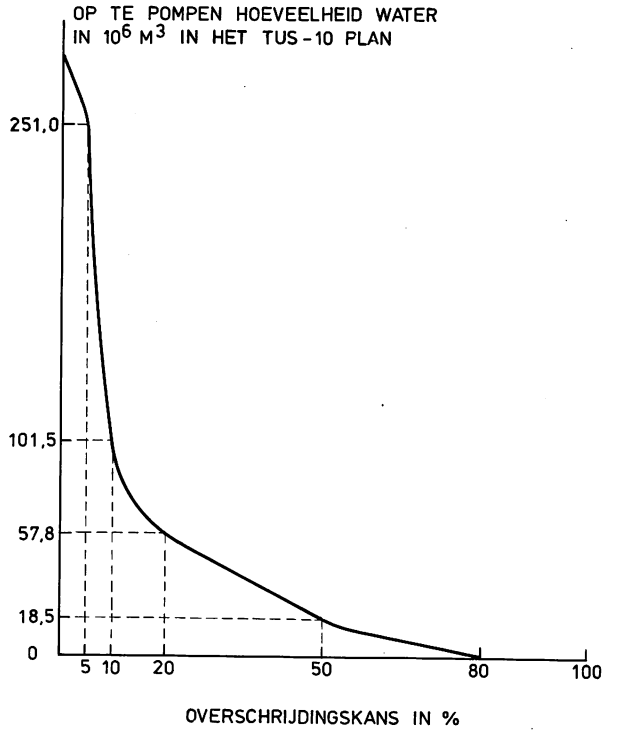
Tabel 33b

troffen, waardoor in deze maand geen aanvoer nodig zou zijn. Dan wordt echter toch $\frac{298,1 - 204,5}{2} \times 10^6 = 46,8 \times 10^6\ m^3$ water opgepompt. Op deze wijze wordt dus in een jaar als 1976 in het tus-10 plan $(204,5 + 46,8) \times 10^6 = 251,3 \times$

In de vier droogteklassejaren uit het Meppelerdiep op te pompen hoeveelheden water in $10^6 m^3$ bij realisering van de maximumplannen

plan		droogteklassejaar			
		1976	*10%-droog jaar*	*20%-droog jaar*	*50%-droog jaar*
max'76	mei	19,6	5,6	5,5	—
	juni	109,1	49,1	47,5	9,6
	juli	189,2	103,1	38,9	18,7
	aug.	155,7	3,3	3,9	—
	sept.	—	3,1	2,9	—
	totaal	473,6	164,2	98,7	28,3
max-10	mei	19,6	5,6	5,5	—
	juni	103,1	49,1	47,5	9,6
	juli	103,1	103,1	36,7	18,7
	aug.	103,1	3,3	3,9	—
	sept.	72,3	3,1	2,9	—
	totaal	401,2	164,2	96,4	28,3
max-20	mei	19,6	5,6	5,5	—
	juni	47,5	47,5	47,5	9,6
	juli	47,5	47,5	38,9	18,7
	aug.	47,5	31,9	3,9	—
	sept.	47,5	3,1	2,9	—
	totaal	209,6	135,6	98,7	28,3
max-50	mei	18,7	5,6	5,5	—
	juni	18,7	18,7	18,7	9,6
	juli	18,7	18,7	18,7	18,7
	aug.	18,7	18,7	18,7	—
	sept.	18,7	18,7	7,6	—
	totaal	93,5	80,4	69,2	28,3

Tabel 33c



Figuur 32.

$10^6 m^3$ water opgepompt uit het Meppelerdiep.
Om de meerjarig gemiddeld uit het Meppelerdiep op te pompen hoeveelheden water te kunnen berekenen zijn de gegevens van de tabellen 33a t/m 33c grafisch verwerkt. Als voorbeeld moge weer dienen de berekening voor het tus-10 plan. In figuur 32 zijn de vier

Verdeling van de meerjarige gemiddelden van de uit het Meppelerdiep op te pompen hoeveelheden water over de onderscheidene belangengroepen in $10^6 m^3$ per groeiseizoen en in procenten van de totale hoeveelheden

	min'76		*min-10*		*min-20*		*min-50*		*tus'76*		*tus-10*		*tus-20*		*tus-50*		*max'76*		*max-10*		*max-20*		*max-50*	
	$10^6 m^3$	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*
2. Landbouwgewassen	21,0	59,3	16,6	51,7	10,5	44,9	4,5	25,9	30,6	60,8	24,3	52,6	15,2	46,2	6,5	28,5	46,6	57,0	37,0	49,0	23,2	41,4	9,8	27,4
3. Glastuinbouw	0,5	1,4	0,5	1,6	0,5	2,1	0,5	2,9	0,5	1,0	0,5	1,1	0,5	1,5	0,5	2,2	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	0,9	0,5	1,4
4. Veedrenking	0,3	0,8	0,3	0,9	0,3	1,3	0,3	1,7	0,4	0,8	0,4	0,9	0,4	1,2	0,4	1,8	0,6	0,7	0,6	0,8	0,6	1,1	0,6	1,7
7. Scheepvaart	3,7	10,5	3,7	11,5	3,7	15,8	3,7	21,3	3,7	7,3	3,7	8,0	3,7	11,2	3,7	16,2	3,7	4,5	3,7	4,9	3,7	6,6	3,7	10,3
9. Natuurgebieden (nat)	0,20	0,6	0,16	0,5	0,10	0,4	0,04	0,2	0,20	0,4	0,16	0,3	0,10	0,3	0,04	0,2	0,20	0,2	0,16	0,2	0,10	0,2	0,04	0,1
11. Stoominjektie	0,3	0,8	0,3	0,9	0,3	1,3	0,3	1,7	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,9	0,3	1,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,8
12. Buiten de provincie	0,74	2,1	0,67	2,1	0,50	2,1	0,32	1,8	0,74	1,5	0,67	1,5	0,50	1,5	0,32	1,4	0,74	0,9	0,67	0,9	0,50	0,9	0,32	0,9
14. Aanvulling grond- 15. watervoorraad	4,7	13,3	5,3	16,5	4,0	17,1	4,0	23,0	9,3	18,4	10,8	23,4	8,1	24,6	7,2	31,6	19,2	23,5	21,4	28,3	17,8	31,8	13,4	37,4
14. Verdampings- 16. verliezen	4,0	11,3	4,5	14,0	3,5	15,0	3,8	21,8	4,6	9,1	5,3	11,5	4,1	12,5	3,9	17,1	10,0	12,2	11,2	14,8	9,3	16,6	7,2	20,1
Totale aanvullende watervoorziening	35,4	100	32,1	100	23,4	100	17,4	100	50,4	100	46,2	100	32,9	100	22,8	100	81,8	100	75,5	100	56,0	100	35,8	100
5. Ziekte- en on-kruidbestrijding	0,02	0,1	0,02	0,1	0,02	0,1	0,02	0,1	0,03	0,1	0,03	0,1	0,03	0,1	0,03	0,1	0,04	0,0	0,04	0,1	0,04	0,1	0,04	0,1
6. Drink- en industrie-watervoorziening	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8. Doorspoeling	4,0	11,3	4,0	12,5	4,0	17,1	4,0	23,0	4,0	7,9	4,0	8,7	4,0	12,2	4,0	17,5	4,0	4,9	4,0	5,3	4,0	7,1	4,0	11,2
10. Rekreatie	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabel 35

droogteklassejaren horizontaal uitgezet en de in die jaren per seizoen op te pompen hoeveelheden vertikaal. Het jaar 1976 is daarbij als een 5%-droog jaar aangemerkt. Door de zo gekonstrueerde punten is een kurve getrokken. De oppervlakte begrensd door deze kurve en de beide assen is een maat voor de meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheid water bij realisering van het tus-10 plan. De op deze wijze te bepalen meerjarige gemiddelden zijn in tabel 34 opgenomen.
In hoofdstuk VII wordt nader ingegaan op de hoeveelheden water die door de afzonderlijke gemalen moeten worden opgepompt.

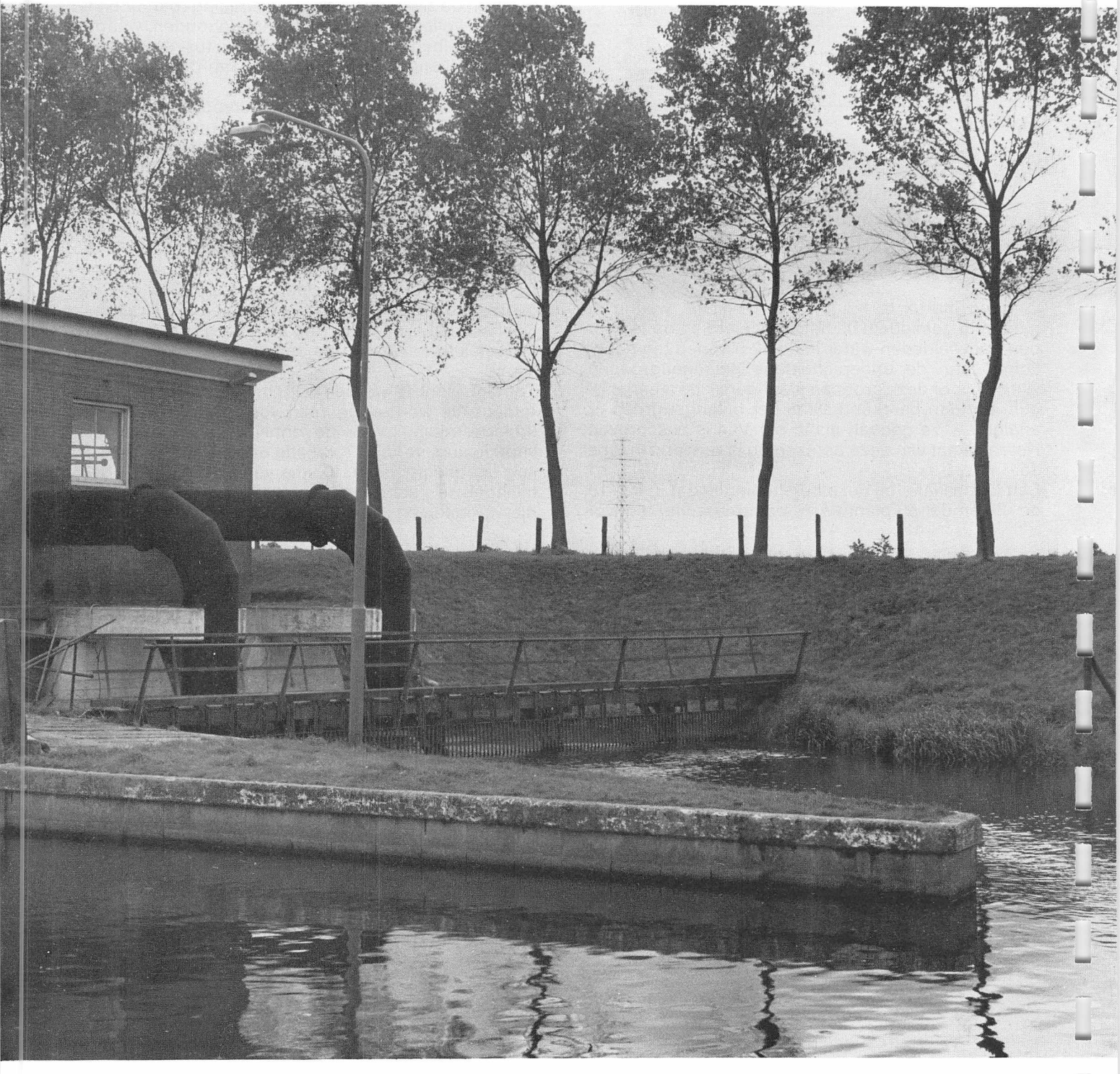
Meerjarig gemiddeld uit het Meppelerdiep op te pompen hoeveelheden water in $10^6 m^3$ per groeiseizoen in de onderscheidene plannen

plan	*min-*	*tus-*	*max-*
'76	35,4	50,4	81,8
-10	32,1	46,2	75,5
-20	23,4	32,9	56,0
-50	17,4	22,8	35,8

Tabel 34

VI.5. De verdeling van de meerjarig gemiddeld per groeiseizoen op te pompen hoeveelheden water over de verschillende belangengroepen

Om een indruk te krijgen van de mate, waarin de meerjarig gemiddeld uit het Meppelerdiep op te pompen hoeveelheden water in de 12 plannen ten goede komen aan de onderscheidene belangengroepen, zijn ook voor deze groepen afzonderlijk de meerjarige gemiddelden berekend Dit is per belangengroep op analoge wijze gedaan als in par VI.4 is beschreven. Het resultaat van deze berekening is verwerkt in tabel 35.
Een komplikatie bij deze berekening is dat in de -10, de -20 en de -50 plannen de pompkapacitet niet voldoende is om in alle jaren in de behoefte te voorzien. Afhankelijk van de plankeuze zal een rantsoenering in een kleiner of groter aantal jaren moeten worden toegepast. Bij de uitgevoerde berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd: De verstrekkingen ten behoeve van de landbouwgewassen (par. IV.2.) en de natuurgebieden (par. IV.9.) zullen in deze jaren niet opimaal zijn. Ook de hoeveelheden voor aanvulling van de grondwatervoorraad (wegzijgingsverliezen bij beregening, par. IV.14. + wegzijgingsverliezen uit aanvoerleidingen, par. IV.15.) en de verdampingsverliezen (par. IV.14. + par. IV.16.) vallen als gevolg hiervan lager uit.
Voor de glastuinbouw (par. IV.3.), de scheepvaart (par. IV.7.), de doorspoeling (par. IV.8.) en de stoominjektie (par. IV.11.) is in alle plannen een volledige voorziening aangehouden. Voor de veedrenking (par. IV.4.) en de ziekte- en onkruidbestrijding (par. IV.5.) is ook een volledige voorziening aangehouden, waarbij de hoeveelheden bij resp. de min-, de tus- en de maxplannen evenredig zijn genomen aan de oppervlakten, die deze plannen omvatten.
Voor de drink- en industriewatervoorziening (par. IV.6.) is de aanvullende behoefte op nul gesteld, terwijl de hoeveelheden, die worden gebruikt door de rekreatie (par. IV.10.) niet nader zijn gekwantificeerd. Voor de gebieden buiten de provincie (par. IV.12.) is uitgegaan van de berekende hoeveelheid in het max'76 plan. Deze hoeveelheid is 0,9% van het totaal. Voor de andere max- plannen is vervolgens ook 0,9% van het totaal van het betreffende plan aangehouden. De aldus berekende hoeveelheden zijn ook aan de overeenkomstige min- en tus- plannen toegerekend. De hoeveelheid is dus afhankelijk gesteld van de droogteklasse waarop de aanvoerkapaciteit is afgestemd.
Tot slot dient te worden opgemerkt dat de hoeveelheden, die worden gebruikt voor de ziekte- en onkruidbestrijding, voor de drink- en industriewatervoorziening, voor de rekreatie en voor de doorspoeling een meervoudige funktie vervullen. Om dubbeltellingen te voorkomen zijn deze belangengroepen niet opgenomen in de totaaltelling van tabel 35.



VII. Nodige werken ter realisering van de watervoorziening

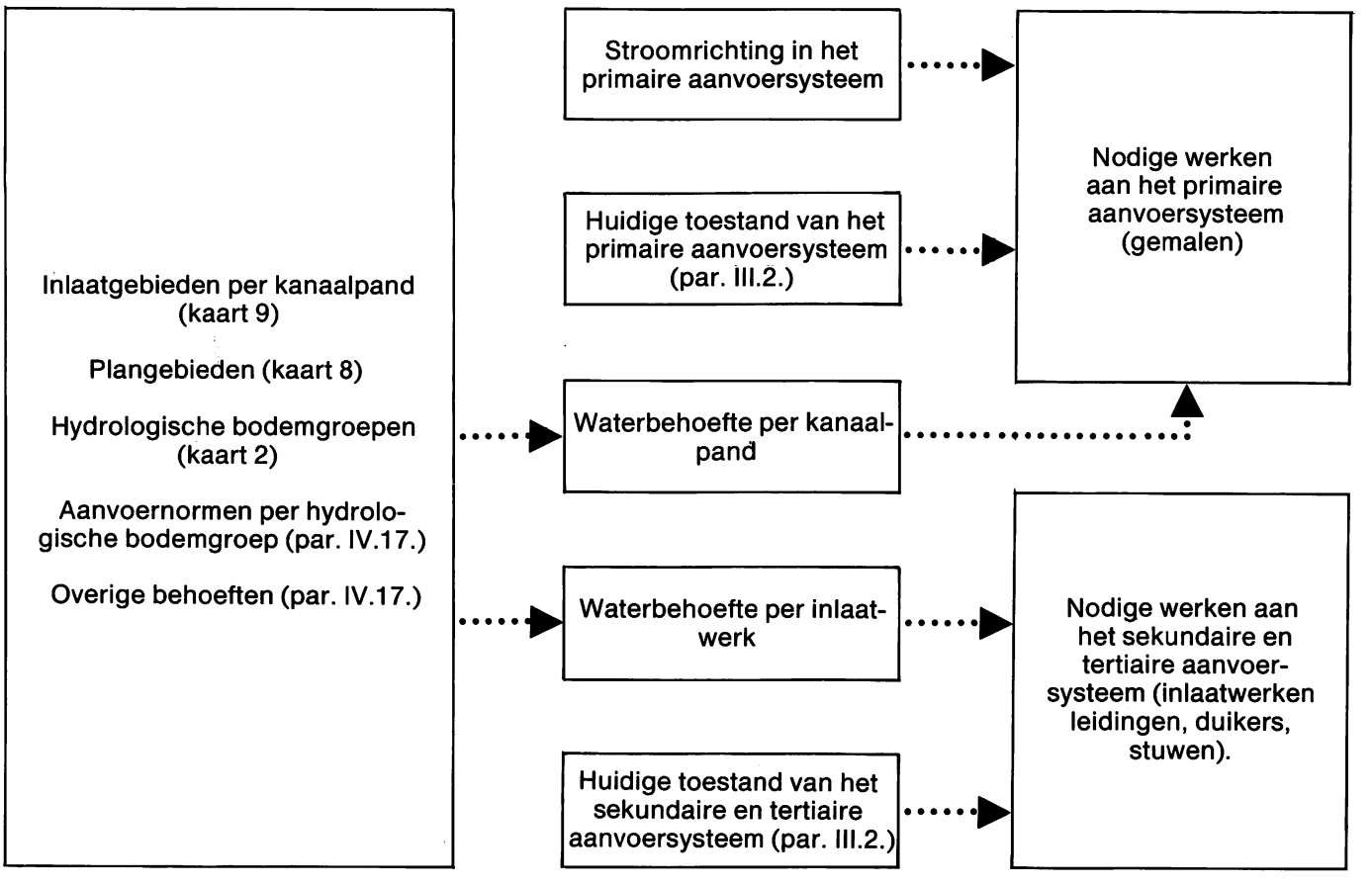
VII.1. Algemeen

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de werken welke moeten worden uitgevoerd om de in het vorige hoofdstuk vermelde hoeveelheden water te transporteren naar de plaats van bestemming. Het gaat hierbij niet om een gedetailleerde uitwerking van alle plannen. Het doel van dit hoofdstuk is enerzijds inzicht te geven in de aanpassingen en nieuwe werken welke nodig zijn, en anderzijds de basis te vormen voor de kostenberekening. De kostenberekening vormt een basisgegeven bij de evaluatie van de plannen.

Het hoofdstuk is gesplitst in een paragraaf welke handelt over de werken aan het primaire aanvoersysteem en een paragraaf waarin de nodige werken binnen de waterschappen, het sekundaire en tertiaire aanvoersysteem aan de orde komen. De uitgangspunten welke aan deze paragrafen ten grondslag liggen zijn:

- de gewenste aanvoerkapaciteit (par. VI.3.)
- de huidige toestand van het aanvoersysteem (par. III.2.)

In onderstaand schema is een overzicht gegeven van de kombinatie van de gegevens welke moet leiden tot de nodige werken.
Dit schema vormt de basis voor de volgende twee paragrafen.



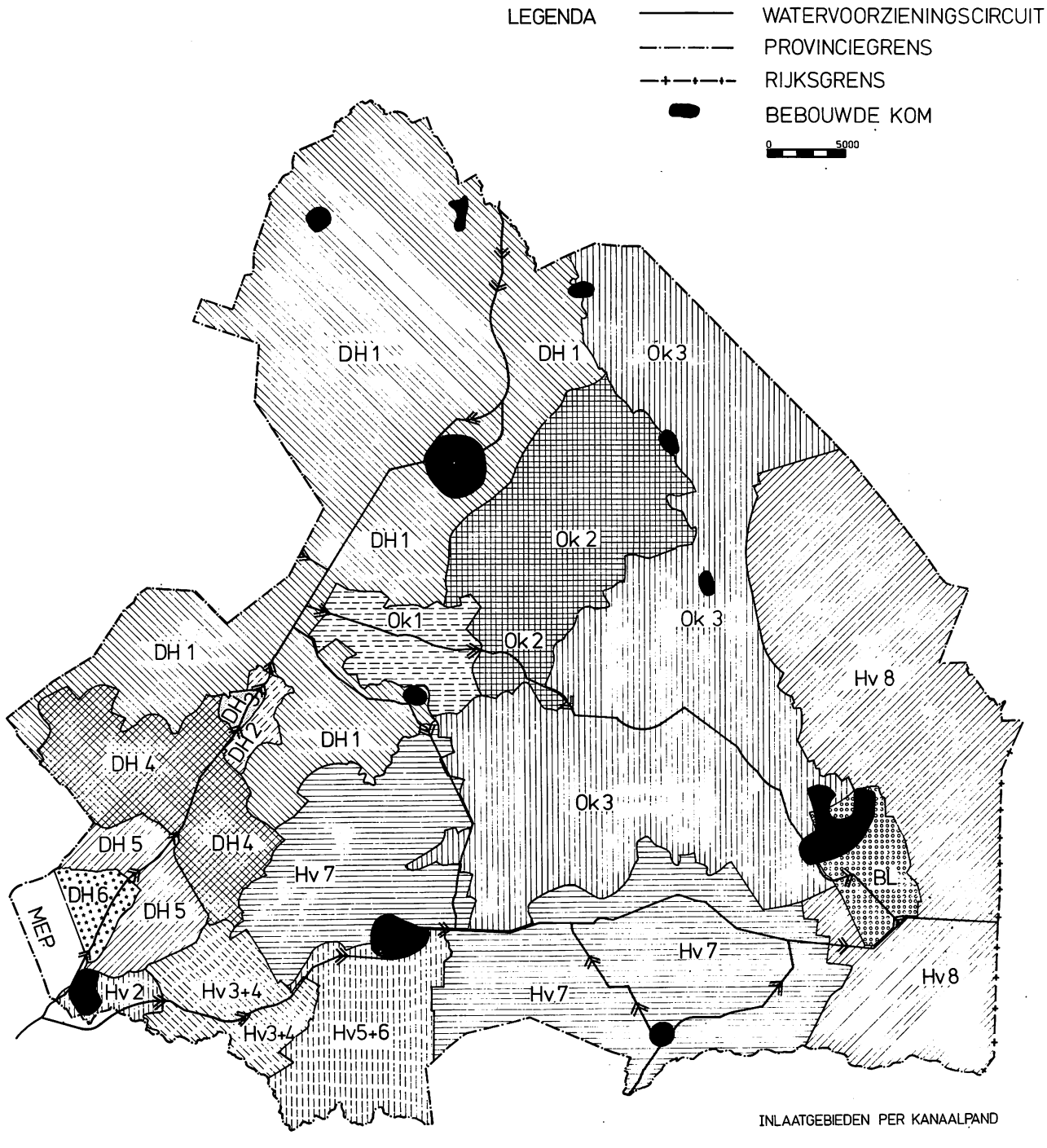
VII.2. Primair aanvoersysteem

Bij de bepaling van de nodige werken aan het primair aanvoersysteem, ook wel aangeduid als het aanvoercircuit of als het kanalenstelsel, is als uitgangspunt gehanteerd dat het aanwezige systeem zoveel mogelijk zal worden benut en wel zonder de dwarsprofielen te verruimen. Een beschrijving van de huidige toestand van het primaire systeem is gegeven in par. III.2. De vraag welke werken moeten worden uitgevoerd om de berekende hoeveelheden water aan te voeren is nu als volgt te formuleren:
"welke gemaalkapaciteit moet worden geïnstalleerd bij welke sluizen?"
Voor de beantwoording van deze vraag moet worden vastgesteld:

- de maatgevende aanvoerkapaciteit per kanaalpand (m^3/min) en
- de gewenste stroomrichting in het systeem.

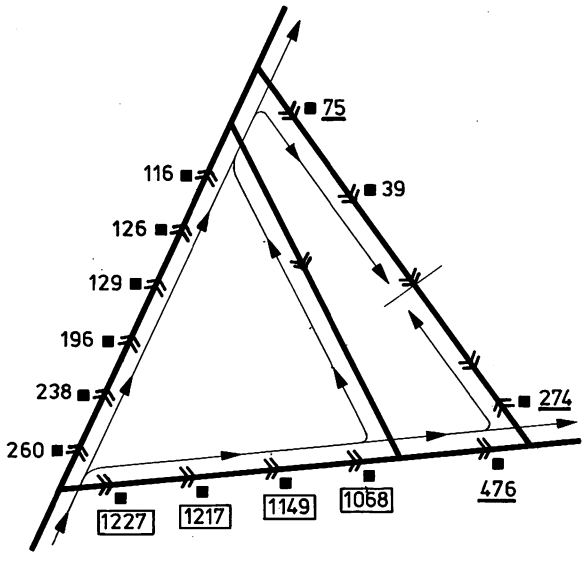
Ter bepaling van de maatgevende aanvoerkapaciteit per kanaalpand is eerst kaart 9 getekend. Op deze kaart, welke wordt aangeduid als de inlaatgebiedenkaart, is Drenthe ingedeeld in gebieden welke vanuit eenzelfde kanaalpand van water moeten worden voorzien. Door kombinatie van deze kaart met de plangebiedenkaart (kaart 8) en met de bodemkaart (kaart 2) is te bepalen hoeveel ha van elke hydrologische bodemgroep in elk inlaatgebied voorkomen. Koppeling van dit gegeven aan de behoeftecijfers van par. IV.17. geeft de maatgevende aanvoerkapaciteit per inlaatgebied. Zoals in hfdst. VI is vermeld wordt de

Kaart 9.

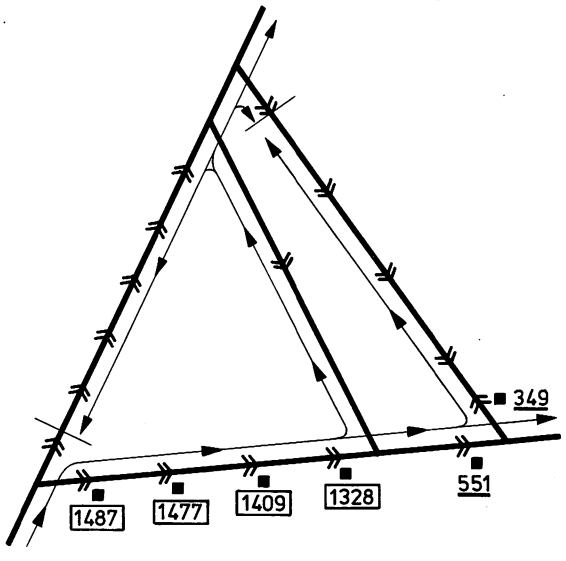


aanvullende behoefte in de droogste maand van het betreffende droogteklassejaar maatgevend gesteld. Ook de behoeften welke niet in de hydrologische bodemgroepen zijn opgenomen, zijnde de behoeften voor de glastuinbouw, de natuurgebieden, de scheepvaart en de stoominjektie, moeten in de aanvoerkapaciteit worden verrekend door toewijzing aan de belanghebbende kanaalpanden of inlaatgebieden. Op deze wijze is per inlaatgebied de maatgevende aanvoerkapaciteit berekend. Ter kontrole op de berekeningen kunnen de cijfers uit hoofdstuk VI worden gebruikt welke de behoefte voor geheel Drenthe geven, dus voor alle inlaatgebieden tezamen.
Naast de aanvoerkapaciteit per kanaalpand is de stroomrichting in de kanalen de bepalende faktor voor de gemaalkapaciteit welke op de verschillende sluizen moet worden geïnstalleerd. Ten aanzien van de stroomrichting zijn er vele mogelijkheden denkbaar. De Drentsche Hoofdvaart en de Hoogeveensche Vaart kunnen meer of minder worden benut terwijl daarnaast de Beilervaart, het Linthorst Homankanaal en het Oranjekanaal op verschillende manieren kunnen worden gebruikt.
Hieronder wordt een aantal alternatieve mogelijkheden gekozen en doorgerekend, waarna aan de hand van een tweetal selektiekriteria wordt getracht per plan de gunstigste oplossing op te sporen. De alternatieven waartoe de werkgroep zich in eerste instantie heeft beperkt zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

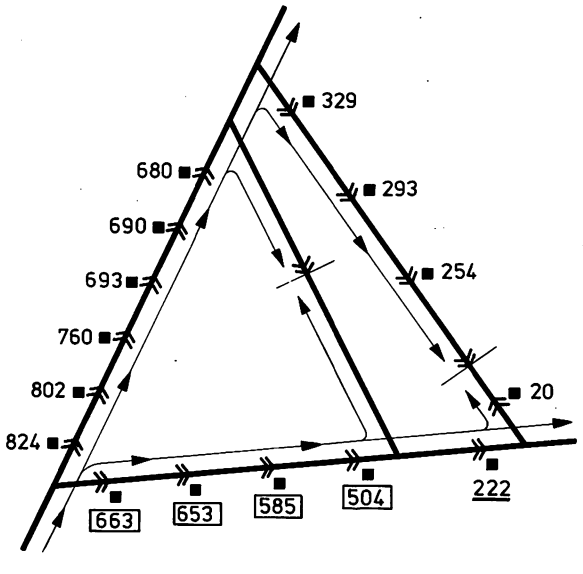
Figuur 33.



TUSSENPLAN - 10 ALTERNATIEF - A
OFWEL TUS - 10 A



TUSSENPLAN - 10 ALTERNATIEF - B
OFWEL TUS - 10 B



TUSSENPLAN - 10 ALTERNATIEF - C
OFWEL TUS - 10 C

LEGENDA

———	PRIMAIR AANVOERSYSTEEM
»	SLUIS
■	GEMAAL
1487	GEMAALKAPACITEIT IN M^3 / MIN. NIEUW TE INSTALLEREN
274	GEMAALKAPACITEIT IN M^3 / MIN. TE VERGROTEN TOT 274 M^3 / MIN
260	GEMAALKAPACITEIT IN M^3 / MIN. HUIDIGE KAPACITEIT IS VOLDOENDE

— Alternatief-a: maximaal gebruik van de huidige gemaalkapaciteit
— Alternatief-b: minimum aantal gemalen
— Alternatief-c: minimum energieverbruik met betrekking tot het pompen.

Aan de hand van het tus-10 plan als voorbeeld worden de drie alternatieven nader toegelicht.

Zoals bekend is uit hfdst. VI, is de totale aanvoerkapaciteit voor het tus-10 plan 1487 m³/min. De vraag luidt nu hoe deze aanvoerkapaciteit over de kanaalpanden is verdeeld en door welke gemalen het water moet worden opgepompt. De verdeling van de aanvoerkapaciteit over de kanaalpanden is bepaald via de behoeftebepaling van de inlaatgebieden zoals hierboven reeds is uitgelegd.
In figuur 33 is nu aangegeven op welke wijze het water naar de verschillende inlaatgebieden moet worden gepompt in de drie alternatieven. De pijlen geven de stroomrichting aan. De omlijnde getallen geven de gemaalkapaciteit, welke geheel nieuw geïnstalleerd moet worden. De onderstreepte getallen duiden er op dat de huidige kapaciteit moet worden vergroot. De kapaciteiten welke niet zijn onderstreept zijn reeds aanwezig. Bij deze gemalen is de huidige toestand dus voldoende.
In alternatief a wordt de huidige gemaalkapaciteit maximaal benut. Dit betekent dat langs de Drentsche Hoofdvaart 260 m³/min wordt opgepompt. De rest van de benodigde pompkapaciteit moet langs de Hoogeveensche Vaart worden geïnstalleerd. Het tekort op de Drentsche Hoofdvaart moet dus via de Hoogeveensche Vaart worden opgepompt en bij de Beilersluis worden afgelaten. Voor de voorziening van het Oranjekanaal moeten de gemalen bij de Smildersluis en bij de Oranjesluis worden vergroot. De gemaalkapaciteit langs de kanalen neemt van beneden naar boven toe af, aangezien onderweg water uit de kanaalpanden wordt onttrokken.

In alternatief b wordt dezelfde aanvoerkapaciteit gerealiseerd middels een minimum aantal gemalen. Hiertoe zijn 4 nieuwe gemalen nodig langs de Hoogeveensche Vaart terwijl de gemalen bij de Ericasluis en bij de Oranjesluis moeten worden vergroot. Door aflating van het water bij de Beilersluis en bij de Bargersluis kan de rest van het aanvoercircuit van water worden voorzien. Een groot aantal van de huidige gemalen wordt in dit alternatief dus overbodig.

In alternatief c, waarin eveneens 1487 m³/min aanvoerkapaciteit wordt geïnstalleerd, zijn de gemalen zo geplaatst dat een minimum aan pompenergie wordt verbruikt. Aan deze eis wordt voldaan door het water aan te voeren langs zowel de Hoogeveensche Vaart als langs de Drentsche Hoofdvaart en het Oranjekanaal waarbij de Beilersluis en de Bargersluis als waterscheiding worden gebruikt. Aanvoer op deze wijze houdt in dat bij geen enkele sluis water wordt afgelaten. Aflaten van water dat eerst is opgepompt betekent namelijk energieverlies. Dit wordt in het alternatief c dus voorkomen.

Op dezelfde wijze als hier voor het tus-10 plan is aangegeven is ook voor de overige plannen de te installeren gemaalkapaciteit vastgesteld. In totaal zijn er dus 36 varianten doorgerekend, 12 plannen (min'76, -10, -20 en -50, tus'76, -10, -20 en -50 en max'76, -10, -20 en -50) maal 3 alternatieven (a, b en c).
Het resultaat van de berekeningen is weergegeven in tabel 36. In deze tabel is per sluis aangegeven welke gemaalkapaciteit, in m³/min, gewenst is in de verschillende varianten. Tevens is aangegeven of het gemaal geheel nieuw gebouwd moet worden, of het

Tabel 36

Te installeren pompkapaciteit in m³/min.

	alternatief a maximaal gebruik huidige gemalen											
Sluis	*Plan*	*min '76*	*min -10*	*min -20*	*min -50*	*tus '76*	*tus -10*	*tus -20*	*tus -50*	*max '76*	*max -10*	*max -20*	*max -50*
Rogat		**1565**	**734**	**256**	w	**2522**	**1227**	**389**	**143**	**4122**	**2130**	**837**	**181**
Osse		**1561**	**731**	**255**	d	**2505**	**1217**	**386**	**142**	**4105**	**2120**	**834**	**180**
Nieuwebrug		**1515**	**706**	**247**	d	**2387**	**1149**	**368**	**137**	**3977**	**2046**	**815**	**175**
Noordscheschut		**1391**	**637**	**202**	d	**2238**	**1068**	**317**	**119**	**3784**	**1940**	**751**	**152**
Erica		*686*	*315*	70	34	*1047*	*476*	*164*	47	*1513*	*739*	*370*	61
Oranje		*286*	*147*	35	13	*581*	*274*	*121*	23	*913*	*455*	*268*	18
Barger		d	d	d	w	d	d	d	d	d	d	d	w
Smilder		40	27	40	25	*107*	*75*	25	40	*374*	*202*	40	*104*
Zwiggelter		12	12	35	23	40	39	12	36	*273*	*146*	16	*95*
Orvelter		d	w	31	22	d	w	w	32	w	w	d	*79*
Veene		46	132	132	198	16	116	177	116	d	35	156	218
Haar		58	139	135	199	35	126	180	117	d	46	159	219
Diever		60	140	136	199	40	129	182	117	d	52	162	219
Uffelter		161	201	160	206	151	196	210	125	138	188	238	245
Havelter		223	238	169	208	222	238	220	127	221	237	250	247
Paradijs		260	260	179	211	260	260	230	130	260	260	260	250
Beiler		d	d	w	117	d	d	w	w	d	d	d	w

Te installeren pompcapaciteit in m^3/min.

alternatief b
minimum aantal gemalen

Sluis	Plan	min '76	min -10	min -20	min -50	tus '76	tus -10	tus -20	tus -50	max '76	max -10	max -20	max -50
Rogat		**1825**	**994**	**435**	**211**	**2782**	**1487**	**619**	**273**	**4382**	**2390**	**1097**	**431**
Osse		**1821**	**991**	**434**	**211**	**2765**	**1477**	**616**	**272**	**4365**	**2380**	**1094**	**430**
Nieuwebrug		**1775**	**966**	**426**	**209**	**2647**	**1409**	**598**	**267**	**4237**	**2306**	**1075**	**425**
Noordscheschut		**1651**	**897**	**381**	**194**	**2499**	**1328**	**547**	**249**	**4044**	**2200**	**1011**	**402**
Erica		*726*	*342*	*110*	59	*1154*	*551*	*189*	87	*1887*	*941*	*410*	*165*
Oranje		*326*	*174*	*75*	38	*688*	*349*	*146*	*63*	*1287*	*657*	*308*	*122*
Barger		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Smilder		w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
Zwiggelter		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Orvelter		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Veene		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Haar		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Diever		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Uffelter		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Havelter		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d
Paradijs		w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
Beiler		d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

Te installeren pompcapaciteit in m^3/min.

alternatief c
minimum energiebehoefte

Sluis	Plan	min '76	min -10	min -20	min -50	tus 76	tus -10	tus -20	tus -50	max 76	max -10	max -20	max -50
Rogat		**1246**	**506**	**229**	**117**	**1281**	**663**	**276**	**133**	**1728**	**912**	**417**	**181**
Osse		**1242**	**503**	**228**	**117**	**1264**	**653**	**273**	**132**	**1711**	**902**	**414**	**180**
Nieuwebrug		**1196**	**478**	**220**	**115**	**1146**	**585**	**255**	**127**	**1583**	**828**	**395**	**175**
Noordscheschut		**1072**	**409**	**175**	**100**	**998**	**504**	**204**	**109**	**1390**	**722**	**331**	**152**
Erica		*686*	*188*	43	34	*496*	*222*	51	37	*665*	*319*	*121*	61
Oranje		*286*	20	8	13	30	20	8	13	*65*	35	19	18
Barger		w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
Smilder		40	*154*	*67*	25	*658*	*329*	*138*	*50*	*1222*	*622*	*289*	*104*
Zwiggelter		12	*139*	*62*	23	*591*	*293*	*125*	*46*	*1121*	*566*	*265*	*95*
Orvelter		d	*127*	*58*	22	*518*	*254*	*113*	*42*	*848*	*420*	*212*	*79*
Veene		*365*	*360*	159	81	*1257*	*680*	*290*	126	*2285*	*1253*	*576*	218
Haar		*377*	*367*	162	82	*1276*	*690*	*293*	127	*2305*	*1264*	*579*	219
Diever		*379*	*368*	163	82	*1281*	*693*	*295*	127	*2315*	*1270*	*582*	219
Uffelter		*480*	*429*	187	89	*1392*	*760*	*323*	135	*2532*	*1406*	*658*	245
Havelter		*542*	*466*	196	91	*1463*	*802*	*333*	137	*2615*	*1455*	*670*	247
Paradijs		*579*	*488*	206	94	*1501*	*824*	*343*	140	*2654*	*1478*	*680*	250
Beiler		w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w

Tabel 36 (vervolg)

d = doorstroming
w = waterscheiding
} géén gemaal nodig

1565 nieuw gemaal plaatsen
686 gemaal vergroten
40 gemaal onveranderd handhaven

bestaande gemaal vergroot moet worden of dat het bestaande gemaal voldoende kapaciteit bezit. De sluizen waarbij géén gemaal nodig is kunnen dienst doen als waterscheiding (w) of voor doorstroming (d).

In tabel 37 is voor de 36 varianten aangegeven hoeveel water jaarlijks, meerjarig gemiddeld, moet worden opgepompt door de verschillende gemalen. De hoeveelheden welke bij de sluizen in benedenwaartse richting worden doorgevoerd zijn met een d aangemerkt.
De jaarlijks op te pompen hoeveelheid vormt een belangrijk gegeven voor de berekening van de jaarlijkse energiekosten. Hierop wordt nog teruggekomen.
Er zijn nu per plan drie alternatieven aangegeven waarop het water kan worden aangevoerd. Onderlinge vergelijking van deze a-, b- en c-alternatieven zal moeten uitwijzen welk alternatief per plan het meest gunstig is.
De vergelijking en de beoordeling van de 36 varianten gebeurt stapsgewijs op basis van een tweetal selektiekriteria:

eerste kriterium — "technische uitvoerbaarheid"
In principe zijn alle 36 varianten technisch realiseerbaar. In de aanvang van dit hoofdstuk is echter gesteld dat in eerste instantie zal worden nagegaan in hoeverre het huidige kanalenstelsel gebruikt kan worden zonder de dwarsprofielen te verruimen. Dit uitgangspunt houdt in dat de huidige maximale doorstroomkapaciteiten niet mogen worden overschreden. De knelpunten qua doorstroomkapaciteit worden gevormd door de volgende kanaalpanden:
— 7e pand Verlengde Hoogeveensche Vaart — max. kap. ± 1.100 m^3/min (Noordscheschut - Erica)
— 4e pand Drentsche Hoofdvaart — max. kap. ± 700 m^3/min (Uffelte-Diever).
Vergelijking van deze maximum normen met de aanvoerkapaciteiten van tabel 36 toont aan dat in 12 van de 36 varianten de maximum doorlaatkapaciteit van de kanalen wordt overschreden. De varianten waarin dit het geval is zijn voorshands uit de verdere berekeningen weggelaten.
In tabel 38 zijn deze met een kruisje aangemerkt. Het blijkt o.a. dat tengevolge van dit uitgangspunt het tus '76 plan en de plannen max '76 en max-10 onuitvoerbaar zijn.

tweede kriterium — "minimum kosten"
Uit ekonomisch oogpunt is het alternatief waarbij tegen de laagste kostprijs per m^3 water wordt gepompt te prefereren.
Een gedetailleerde uitwerking van de pompkosten wordt gegeven in hfdst. VIII. Vooruitlopend op dit hoofdstuk wordt hier, op basis van een globale kostenvergelijking, een aantal varianten als minder aantrekkelijk gekwalificeerd. Hiertoe zijn de overgebleven a-alternatieven vergeleken met de c-alternatieven van het overeenkomstige plan, min-10a met min-10c, min-20a met min-20c, enz.
De verwachting is dat de c-alternatieven gunstig uitvallen vanwege de energiebesparing welke in deze varianten wordt nagestreefd. Berekening van de energiekosten heeft echter aangetoond dat de besparing ten opzichte van alternatief-a gering is. Voor het tus-10 plan is de totale energiebehoefte berekend op ca. 3 × 10^6 kWh, meerjarig gemiddeld per groeiseizoen. Stellen we de energiebehoefte van alternatief-a op 100% dan is de behoefte voor de alternatieven -b en -c respektievelijk 108% en 96%. Alternatief-c levert dus ten opzichte van alternatief-a slechts een geringe energiebesparing op. Hiertegenover staat dat in een aantal c-alternatieven alle gemalen langs de Drentsche Hoofdvaart en/of langs het Oranjekanaal moeten worden vergroot terwijl dit in de a-alternatieven niet het geval is. De verwachting is dat de hiermee gepaard gaande extra kosten de besparing op de energiekosten ruimschoots overtreffen. Dit is de reden dat deze varianten zijn geëlimineerd. Het zijn de varianten min-10 c, -20 c, tus-10c, -20c, -50c en max 20c. Ook voor het min-50 plan geldt dat de stichtingskosten van het c-alternatief hoger uitvallen dan van het a-alternatief aangezien het laatstgenoemde kan volstaan met de huidige gemalen.
In de varianten max-50a en max-50c komen de nodige werken geheel overeen. Aangezien het geen zin heeft twee gelijke varianten door te rekenen kan één van de twee afvallen.
Van de c-alternatieven resteert het min'76 plan. Aangezien de a- en de b-alternatieven van dit plan in de eerste selektie reeds zijn afgevallen is het c-alternatief in de berekeningen gehandhaafd.
De plannen welke op grond van deze grove kostenvergelijking afvallen zijn in tabel 38 met een rondje aangegeven.

Zoals gezegd vindt het vervolg van de hier gestarte selektieprocedure, welke tot doel heeft de meest gewenste aanvoerrichting vast te stellen in de verschillende plannen, plaats in par. VIII.2. Hierin worden van de 16 overgebleven varianten de kosten bepaald. De varianten waarvan de kosten het laagste uitvallen worden in eerste instantie als het meest aantrekkelijk geselekteerd.

De uitslag van de selektie in de kostenparagraaf luidt dat de a-alternatieven als het meest aantrekkelijk tevoorschijn komen. Dit betekent dus handhaving van de huidige gemaalkapaciteit en installatie van de resterende kapaciteit langs de Hoogeveensche Vaart zoals in tabel 36 is vermeld. In de meeste plannen houdt dit in dat nieuwe gemalen moeten worden gebouwd bij de Rogatsluis, de Ossesluis, de Nieuwebrugsluis en het Noordscheschut, terwijl de gemalen bij de Ericasluis en de Oranjesluis moeten worden vergroot. In enkele plannen moeten eveneens één of meerdere gemalen langs het Oranjekanaal worden vergroot.
In vier van de negen plannen is de huidige kapaciteit van de gemalen bij de Ericasluis en bij de Oranjesluis voldoende. In het min-50 plan is de huidige toestand zelfs geheel toereikend om de berekende waterbehoefte te dekken. Voor de nadere aanduiding van de kapaciteiten wordt verwezen naar tabel 36.
Naast de hierboven aangegeven mogelijkheden van wateraanvoer via het huidige kanalenstelsel is een berekening uitgevoerd betreffende een alternatieve wijze van wateraanvoer middels een buisleiding.
De berekening, waarin wordt uitgegaan van een buisleiding van Rogatsluis (0.23 m $^-$ N.A.P.) naar Noordscheschut (12.95 m $^+$ N.A.P.), toont aan dat deze transportwijze uit kostenoogpunt onaantrekkelijk is. De jaarlijkse kosten voor de investeringen aan gemalen en buisleidingen, plus de kosten voor energie, onderhoud, beheer en bediening worden, bij een pompkapaciteit van 1500 m^3/min, begroot op ca. 10,7 miljoen gulden. In het volgende hoofdstuk zal blijken

Meerjarig gemiddelde hoeveelheid op te pompen water in 10^6 m^3 per groeiseizoen

	alternatief a											
Sluis	*min '76*	*min -10*	*min -20*	*min -50*	*tus '76*	*tus -10*	*tus -20*	*tus -50*	*max '76*	*max -10*	*max -20*	*max -50*
Rogat	30,203	24,011	13,864	—	45,535	38,369	20,552	11,784	76,837	67,245	42,916	14,908
Osse	30,114	23,940	13,828	0,012 d	45,229	38,099	20,394	11,690	76,525	66,972	42,760	14,808
Nieuwebrug	29,237	23,233	13,422	0,246 d	43,090	36,288	19,366	11,198	74,161	65,007	41,660	14,266
Noordscheschut	26,657	20,848	11,728	1,313 d	40,238	35,525	17,392	9,936	70,383	61,448	39,149	12,614
Erica	12,587	9,375	5,128	3,025	18,171	14,051	9,703	4,163	27,366	23,087	20,035	5,267
Oranje	5,480	4,748	2,065	1,015	10,355	8,547	6,101	1,820	16,716	14,674	12,711	1,398
Barger	4,941 d	3,953 d	1,206 d	w	9,849 d	7,758 d	5,239 d	0,796 d	15,553 d	13,325 d	11,397 d	w
Smilder	0,759	0,745	1,813	1,935	1,912	2,081	1,274	3,218	6,856	5,837	1,957	8,014
Zwiggelter	0,226	0,325	1,565	1,777	0,712	1,066	0,622	2,885	4,976	4,169	0,809	7,349
Orvelter	0,188 d	w	1,381	1,701	0,588 d	w	w	2,550	w	w	1,871 d	5,986
Veene	0,903	4,346	7,311	16,108	0,298	3,614	9,736	9,615	2,151 d	1,085	8,043	17,656
Haar	1,142	4,550	7,431	16,187	0,632	3,885	9,896	9,715	1,781 d	1,383	8,215	17,766
Diever	1,182	4,584	7,450	16,199	0,731	3,985	9,967	9,735	1,606 d	1,549	8,338	17,791
Uffelter	3,213	6,415	8,638	16,884	2,834	6,009	11,322	10,520	2,807	6,194	11,919	20,313
Havelter	4,417	7,381	9,151	17,094	4,117	7,095	11,908	10,753	4,338	7,473	12,618	20,575
Paradijs	5,166	8,057	9,571	17,353	4,847	7,795	12,341	11,018	5,099	8,174	13,051	20,846
Beiler	6,262 d	3,319 d	w	9,509	12,664 d	9,673 d	w	w	29,217 d	24,753 d	8,818 d	w

Meerjarig gemiddelde hoeveelheid op te pompen water in 10^6 m^3 per groeiseizoen

	alternatief b											
Sluis	*min '76*	*min -10*	*min -20*	*min -50*	*tus '76*	*tus -10*	*tus -20*	*tus -50*	*max '76*	*max -10*	*max -20*	*max -50*
Rogat	35,369	32,068	23,435	17,353	50,382	46,156	32,893	22,802	81,936	75,419	55,967	35,754
Osse	35,280	31,997	23,399	17,341	50,076	45,886	32,735	22,708	81,624	75,146	55,811	35,654
Nieuwebrug	34,403	31,290	22,993	17,107	47,937	44,075	31,707	22,216	79,260	73,181	54,711	35,112
Noordscheschut	31,823	28,905	21,299	16,040	45,085	41,312	29,733	20,954	75,482	69,622	52,200	33,460
Erica	13,346	10,120	6,941	4,960	20,083	16,132	10,977	7,381	34,222	28,924	21,992	13,281
Oranje	6,239	5,493	3,878	2,950	12,267	10,628	7,375	5,038	23,572	20,511	14,668	9,412
Barger	5,700 d	4,698 d	3,019 d	1,935 d	11,761 d	9,839 d	6,513 d	4,014 d	22,409 d	19,162 d	13,354 d	8.014 d
Smilder	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
Zwiggelter	0,533 d	0,420 d	0,248 d	0,158 d	1,200 d	1,015 d	0,652 d	0,333 d	1,880 d	1,668 d	1,148 d	0,665 d
Orvelter	0,947 d	0,745 d	0,432 d	0,234 d	2,500 d	2,081 d	1,274 d	0,668 d	6,856 d	5,837 d	3,828 d	2,028 d
Veene	4,263 d	3,711 d	2,260 d	1,245 d	4,549 d	4,173 d	2,605 d	1,403 d	7,250 d	7,089 d	5,008 d	3,190 d
Haar	4,024 d	3,507 d	2,140 d	1,166 d	4,215 d	3,902 d	2,445 d	1,303 d	6,880 d	6,791 d	4,836 d	3,080 d
Diever	3,984 d	3,473 d	2,121 d	1,154 d	4,116 d	3,802 d	2,374 d	1,283 d	6,705 d	6,625 d	4,713 d	3,055 d
Uffelter	1,953 d	1,642 d	0,933 d	0,469 d	2,013 d	1,778 d	1,019 d	0,498 d	2,292 d	1,980 d	1,132 d	0,533 d
Havelter	0,749 d	0,676 d	0,420 d	0,259 d	0,730 d	0,692 d	0,433 d	0,265 d	0,761 d	0,701 d	0,433 d	0,271 d
Paradijs	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
Beiler	10,669 d	10,631 d	7,758 d	5,909 d	15,599 d	15,379 d	11,067 d	7,800 d	27,460 d	27,090 d	19,912 d	12,832 d

d = doorstroming
w = waterscheiding
} Géén gemaal nodig

Tabel 37

Meerjarig gemiddelde hoeveelheid op te pompen water in 10^6 m^3 per groeiseizoen

	alternatief c											
Sluis	*min '76*	*min -10*	*min -20*	*min -50*	*tus '76*	*tus -10*	*tus -20*	*tus -50*	*max '76*	*max -10*	*max -20*	*max -50*
Rogat	23,94	16,739	12,658	9,509	23,022	20,938	15,313	10,988	32,067	29,167	22,701	14,908
Osse	23,85	16,668	12,622	9,497	22,716	20,668	15,155	10,894	31,755	28,894	22,545	14,808
Nieuwebrug	22,97	15,961	12,216	9,263	20,577	18,857	14,127	10,402	29,391	26,929	21,445	14,266
Noordscheschut	20,39	13,576	10,522	8,196	17,725	16,094	12,153	9,140	25,613	23,370	18,934	12,614
Erica	12,59	5,422	2,922	3,025	8,322	6,293	4,464	3,367	11,813	9,762	8,638	5,267
Oranje	5,48	0,795	0,859	1,015	0,506	0,789	0,862	1,024	1,163	1,349	1,314	1,398
Barger	4,94 d	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
Smilder	0,76	4,698	3,019	1,935	11,761	9,839	6,513	4,014	22,409	19,162	13,354	8,014
Zwiggelter	0,23	4,278	2,771	1,777	10,561	8,824	5,861	3,681	20,529	17,494	12,206	7,349
Orvelter	0,19 d	3,953	2,587	1,701	9,261	7,758	5,239	3,346	15,553	13,325	9,526	5,986
Veene	7,17	11,618	8,517	6,599	22,811	21,045	14,975	10,411	42,619	39,163	28,258	17,556
Haar	7,40	11,822	8,637	6,678	23,145	21,316	15,135	10,511	42,989	39,461	28,430	17,766
Diever	7,44	11,856	8,656	6,690	23,244	21,416	15,206	10,531	43,164	39,627	28,553	17,791
Uffelter	9,47	13,687	9,844	7,375	25,347	23,440	16,561	11,316	47,577	44,272	32,134	20,313
Havelter	10,68	14,653	10,357	7,585	26,630	24,526	17,147	11,549	49,108	45,551	32,833	20,575
Paradijs	11,43	15,329	10,777	7,844	27,360	25,218	17,580	11,814	49,869	46,252	33,266	20,346
Beiler	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w

Tabel 37 (vervolg)

	alternatief-a (maximaal gebruik van de huidige gemalen)	*alternatief-b (minimum aantal gemalen)*	*alternatief-c (minimum energie verbruik)*
min '76	x	x	
min-10			o
min-20			o
min-50			o
tus '76	x	x	x
tus-10		x	o
tus-20			o
tus-50			o
max '76	x	x	x
max-10	x	x	x
max-20			o
max-50			o

VERKLARING:
— De met x of o aangegeven varianten komen voorshands te vervallen
— x: kapaciteit van de kanalen is ontoereikend
— o: ekonomisch onaantrekkelijk t.o.v. alternatief-a

Tabel 38

Gemiddelde inrichtingskosten in gld. per ha., bij afstemming van de aanvoer op een 10%-droog jaar.

	lage gronden	*middelhoge gronden*	*hoge gronden*
sekundair aanvoersysteem	ƒ 50,—	ƒ 200,—	ƒ 2.500,—
tertiair aanvoersysteem	ƒ 400,—	ƒ 1000,—	

Tabel 39

DRENTHE

dat gebruik van het reeds aanwezige aanvoercircuit aanmerkelijk goedkoper is. De mogelijkheid dat een buisleiding op kleinere schaal, in regionale voorzieningsprojekten, gunstig uit kan vallen moet echter niet worden uitgesloten. De uitgewerkte berekening van de buisleiding is bijgevoegd in hoofdstuk XIII.

VII.3. Sekundair en tertiair aanvoersysteem

Voor de bepaling van de nodige werken aan het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem moet in principe per inlaatpunt worden bepaald wat de maatgevende aanvoerbehoefte is van het er achter gelegen gebied in het betreffende plan. Zoals reeds eerder is vermeld is deze aanvoerbehoefte te bepalen door kombinatie van de bodemkaart, de plangebiedenkaart en de aanvoernormen van par. IV.17. Op basis van de aanvoerkapaciteit en de gegevens omtrent de huidige toestand van het sekundaire en tertiaire stelsel is vervolgens na te gaan welke aanpassingen nodig zijn om het water naar de plaats van bestemming te transporteren.
Volledige uitwerking van deze opzet zou betekenen dat een zeer groot aantal berekeningen moet worden uitgevoerd. Elk inlaatwerk moet dan bekeken worden met betrekking tot alle 9 overgebleven plannen. Aangezien er ca. 100 inlaatwerken nodig zijn zou dit betekenen dat 900 berekeningen zouden moeten worden uitgevoerd.
Het is echter in dit stadium van de studie niet noodzakelijk dat de berekeningen op een zodanig uitgebreide wijze worden opgezet. Het voornaamste doel van de berekeningen is namelijk inzicht te krijgen in de kosten binnen de waterschappen welke de verschillende watervoorzieningsplannen met zich meebrengen.
Om het rekenwerk te beperken is hiertoe een benaderende werkwijze toegepast. Er zijn binnen de provincie enkele representatieve voorbeeldgebieden uitgekozen en doorgerekend. Hiertoe hebben gediend een gebied in het waterschap Riegmeer ter grootte van 14.510 ha en een gebied in het waterschap de Vledder- en Wapserveense Aa ter grootte van 5.550 ha. Verder is, ter bepaling van de nodige werken en kosten bij watervoorziening van de hoge gronden een hypothetisch voorbeeldgebiedje van 500 ha doorgerekend. De resultaten van al deze berekeningen zijn vermeld in de kostenparagraaf van het volgende hoofdstuk. Extrapolatie van de uitkomsten over de vergelijkbare gebieden binnen de provincie heeft uiteindelijk geleid tot de kosten voor de watervoorziening van de gehele provincie.

Aangezien in het volgende hoofdstuk uitvoeriger op de voorbeeldberekeningen met betrekking tot de inrichting binnen de waterschappen wordt ingegaan, beperken we ons hier tot een beknopt overzicht van de resultaten.
Een algemene beschrijving over de nodige werken is moeilijk te geven. Er zijn namelijk nog 9 plannen en de nodige werken verschillen van plan tot plan. Enerzijds zijn er de '76, -10, -20 en -50 plannen welke verschillen in droogteklasse waarop de aanvoer wordt afgestemd. De hoogste mate van droogte vergt de grootste aanvoerkapaciteit en dus ook de meest ingrijpende aanpassingen van het sekundaire en het tertiaire systeem. Anderzijds zijn er de minimum-, tussen- en maximum-plannen welke verschillen in grootte van het plangebied dat van water wordt voorzien. Des te groter het plangebied des te omvangrijker de werken aan het sekundaire en tertiaire systeem. Naast de verschillen tussen de plannen onderling verschillen ook binnen één plan de nodige werken van gebied tot gebied. Op de lage gronden, waar reeds een uitgebreid waterlopenstelsel aanwezig is, zijn de nodige aanpassingen minder groot dan op de hogere gronden waar de dichtheid van het aanwezige leidingennet gering is.

Om een indruk te geven van de omvang van de nodige werken aan het sekundaire en tertiaire aanvoersysteem zijn in tabel 39 de gemiddelde inrichtingskosten in guldens per ha vermeld zoals die in het volgende hoofdstuk zijn berekend.
De bedragen geven de investering per ha bij afstemming van de aanvoer op een 10%-droog jaar.
Naast het onderscheid sekundair/tertiair systeem is in de tabel onderscheid gemaakt in lage, middelhoge en hoge gronden. De inrichtingskosten voor de hoge gronden, waar nagenoeg geen leidingen aanwezig zijn, zijn in één bedrag gevat. Er wordt met nadruk op gewezen dat de bedragen niet exakt moeten worden geïnterpreteerd. Het zijn afgeronde gemiddelde waarden. Binnen de provincie kunnen aanmerkelijke regionale verschillen voorkomen.
Uit tabel 39 blijkt dat het zwaartepunt van de nodige werken ligt bij het tertiaire aanvoersysteem. De gewenste aanpassingen aan de grotere leidingen binnen de waterschappen, het sekundaire stelstel, zijn in veel gevallen van geringe omvang. Bij het berekenen van de in tabel 39 genoemde bedragen, is gedacht aan de volgende aanpassingen in het aanvoersysteem:

- *Sekundair aanvoersysteem*
- inlaatwerken
  Er is een inventarisatie uitgevoerd naar het aantal en de grootte van de aanwezige inlaatwerken. Tevens is een berekening uitgevoerd omtrent de gewenste situatie met betrekking tot aantal en grootte van de inlaatwerken in de verschillende plannen. Vergelijking van deze twee zaken heeft geleid tot tabel 40.
  Het blijkt dat de gewenste aanpassingen toenemen naarmate het plan dat wordt bekeken is afgestemd op een groter plangebied en op een hogere mate van droogte.
- leidingen
  Ter voorziening van de hogere gedeelten van Drenthe met oppervlaktewater zijn nieuwe leidingen nodig. Het betreft hier voornamelijk de gebieden in de tussen- en de maximum- plannen welke in de huidige situatie niet zijn te voorzien.
  Op de lage gronden kan de watervoorziening meestal plaatsvinden door de bestaande afvoerleidingen.
  De afmetingen van deze leidingen zijn vaak voldoende aangezien de afvoernormen waarop de leidingen zijn gedimensioneerd enkele malen hoger zijn dan de maatgevende aanvoernormen (afvoernormen: 7 à 10 mm/dag; aanvoernormen: 1,5 à 4 mm/dag).
  In een aantal gevallen echter moet het leidinggedeelte direkt na het inlaatwerk worden verruimd.
  Vaak is dit deel van de leiding namelijk berekend op afvoer van een klein gebiedje terwijl de aanvoer welke moet passeren betrekking heeft op

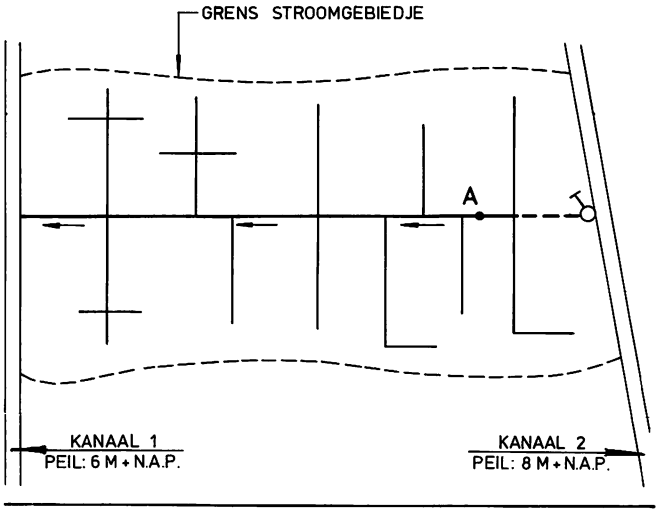
Aantal inlaatwerken

	minimum plannen				*tussen plannen*			*maximum plannen*	
	'76	*-10*	*-20*	*-50*	*-10*	*-20*	*-50*	*-20*	*-50*
kapaciteit voldoende	51	66	83	87	59	78	87	67	85
te vergroten	38	23	6	2	30	11	2	22	4
nieuw te installeren	7	7	7	7	39	39	39	45	45
totaal			96			128		134	

Tabel 40

een veel groter gebied. Het schematisch voorbeeld van fig. 34 moge dit verduidelijken.
Het tussen de kanalen begrensde gebiedje voert af via het geschetste leidingenstelsel naar kanaal 1. Watervoorziening van het gebiedje kan plaatsvinden door een inlaatwerk te projekteren, dat water onttrekt aan het op een hoger peil gelegen kanaal 2. De gestippelde leiding moet hiertoe worden gegraven. Het is nu waarschijnlijk dat de afmetingen van de aanwezige afvoerleiding ter plaatse van de aansluiting onvoldoende zijn.
We bekijken hiertoe als voorbeeld de doorlaatkapaciteit van de leiding ter hoogte van het punt A. De afmetingen van de leiding bij A zijn gebaseerd op de maatgevende afvoer van het rechts van A gelegen gebiedje:
afvoerkapaciteit = maatgevende afvoernorm × oppervlakte rechts van A.
Voor de wateraanvoer moet bij punt A de hoeveelheid kunnen passeren welke nodig is om het links van A gelegen gebied te voorzien:
aanvoerkapaciteit = maatgevende aanvoernorm × oppervlakte links van A.
Indien nu de afvoerkapaciteit in A kleiner is dan de gewenste aanvoerkapaciteit in A dan is verruiming van de leiding noodzakelijk. Dergelijke situaties als hier schematisch weergegeven komen in de praktijk regelmatig voor.
N.B. In vlak gelegen gebieden waarbij de waterinlaat vanuit kanaal 1 kan plaats vinden, is verruiming van het leidingenstelsel uiteraard niet nodig.

Figuur 34.



— duikers en stuwen
Voor de duikers en de stuwen geldt in veel gevallen hetzelfde als hierboven is vermeld voor de leidingen. Dus op de hogere gronden nieuwe stuwen en duikers plaatsen in de nieuw te graven leidingen en in de lage gebieden vergroten van de doorlaatkapaciteit in de leidinggedeelten direkt na de inlaatpunten.

— *Tertiair aanvoersysteem*
— leidingen
Zowel op de lage als op de hogere gronden is in veel gevallen het huidige tertiaire leidingenstelsel onvoldoende om een optimale watervoorziening te kunnen verzorgen.
De leidingen op de hogere gronden moeten voldoen aan de eisen welke gesteld worden met betrekking tot de beregening. In dit kader is van belang dat de maximaal te overbruggen afstand met een moderne haspelautomaat ca. 300 m bedraagt.
De leidingen op de lage gronden hebben primair tot doel de watervoorziening middels infiltratie te verzorgen. Hiertoe is een intensief, goed onderhouden leidingennet vereist.
De nodige werken aan het tertiaire leidingennet bestaan uit:
  — graven van nieuwe leidingen waar verdichting van het net gewenst is
  — verruimen van de leidingen welke onvoldoende kapaciteit bezitten
  — opschonen van leidingen ter verbetering van de doorlaatkapaciteit en op de lage gronden ter verbetering van het infiltrerende vermogen.
— duikers en stuwen
Nieuwe duikers en stuwen moeten worden geplaatst in de nieuw te graven leidingen. Verder moeten de bestaande werken, indien van onvoldoende doorlaatkapaciteit, aangepast worden. Met betrekking tot de situering van de stuwen wordt het wenselijk geacht dat per 0,5 m verval in de leiding één stuw wordt geplaatst.

Algemeen kunnen we nog opmerken dat een belangrijk deel van de investeringskosten wordt veroorzaakt door de grondaankoop welke in veel gevallen nodig is bij de aanleg van nieuwe of bij het verruimen van bestaande leidingen. Verder zijn bij het aanleggen of aanpassen van de inlaatwerken in veel gevallen tijdelijke wegomleggingen noodzakelijk. Ook dit vormt een belangrijke kostenpost.

Voor een nadere omschrijving van de nodige werken en de hiermee gepaard gaande kosten wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk.

VIII. Kosten van aanvullende watervoorziening

VIII.1. Algemeen

Om de verschillende plannen wat betreft hun waarde voor de drentse waterhuishouding met elkaar te kunnen vergelijken en om op grond daarvan een keuze te kunnen doen is het o.m. nodig de kosten van de verschillende alternatieven te kennen. Afhankelijk van de van jaar tot jaar wisselende weersomstandigheden gedurende het zomerseizoen zal de mate, waarin een watervoorzieningssysteem wordt gebruikt, ook van jaar tot jaar variëren en in samenhang daarmee ook de jaarlijkse kosten. Dit maakt het gewenst om te werken met meerjarige gemiddelden van de kosten, gerekend over een lange reeks van jaren.
In dit hoofdstuk zijn de kosten berekend voor de 9 plannen, die na de selektie, toegepast in hoofdstuk VII, zijn overgebleven. Daarbij zijn eerst de investeringskosten berekend, afzonderlijk voor het primaire, het sekundaire en het tertiaire systeem. Vervolgens zijn de jaarlijkse kosten, voortvloeiende uit de investeringen en uit de exploitatie van de werken, bepaald. De resultaten zijn grafisch en tabellarisch weergegeven.

VIII.2. Investeringskosten

VIII.2.1. Investeringskosten primaire aanvoersysteem

De kosten van het primaire aanvoersysteem hebben betrekking op de geprojekteerde gemalen. Voor alle 16 varianten, welke na de selektie in par. VII.2. zijn overgebleven, betrekking hebbend op 9 plannen, zijn deze kosten berekend. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen de kosten voor resp. de mechanische installatie, de elektrische installatie en het bouwkundige deel van de gemalen. In tabel 41 is een voorbeeld

Tabel 41

Investeringskosten voor variant a van het tus-10 plan

gemalen	*opvoer hoogte* H_{st} *m*	*kapaciteit Q* m^3/min *nieuw*	*oud*	*vermogen N kW nieuw*	*oud*	*kosten in* 10^3 *gld. mechan. instal.*	*elektr. instal.*	*bouwk. deel*	*totaal*
1	2	3		4		5	6	7	8
Rogatsluis	2,00	1227		640		1.900	480	4.760	7.140
Ossesluis	3,60	1217		1145		1.900	860	5.520	8.280
Nieuwebrugsluis	6,50	1149		1950		1.780	1.465	6.490	9.735
Noordscheschut	2,15	1068		600		1.655	450	8.210	10.315
Ericasluis	3,10	396	80	320	66	679	273	3.940	4.910
Oranjesluis	2,00	234	40	125	19	403	103	2.012	2.518
Smildersluis	1,90	35	40	18	20	95	24	238	357
Zwiggeltersluis	1,80	—	39	—	19	40	10	100	150
Orveltersluis	1,90	—	—	—	—	—	—	—	—
Veenesluis	1,70	—	116	—	51	120	25	290	435
Haarsluis	2,20	—	126	—	72	130	36	332	498
Dieversluis	2,20	—	129	—	74	133	37	340	510
Uffeltersluis	2,20	—	196	—	113	202	57	518	777
Haveltersluis	2,00	—	238	—	124	248	62	620	930
Paradijssluis	2,40	—	260	—	163	268	81	698	1.047
Beilersluis	1,50	—	—	—	—	—	—	—	—
		5326	1264			9.571	3.963	34.068	47.602
Jaarlijkse kosten						850	352	2.857	4.059

gegeven van de berekening van deze kosten voor variant a van het tus-10 plan. Ter toelichting moge daarbij het volgende dienen.

- opvoerhoogte $H_{statisch}$ — Rekening is gehouden met opmaling boven de sluizen en afmaling beneden de sluizen.
- kapaciteit q — Vermeld zijn de nieuw te installeren kapaciteiten en de reeds aanwezige kapaciteiten voorzover deze in het systeem worden benut.
- vermogen P — Het te installeren vermogen is berekend met de formule

$$P = \frac{\rho \times g \times q \times H_{man}}{\eta}$$

Hierin is:
P: het vermogen in watt,
ρ: de dichtheid van water in kg/m^3 (gesteld op 1000),
g: de versnelling van de vrije val in m/s^2 (gesteld op 9,8),
q: de pompkapaciteit in m^3/s,
H_{man}: de manometrische opvoerhoogte in m (gesteld op 1,2 × H_{stat}),
η: het rendement van de pomp, dimensieloos (gesteld op 0,75),

- kosten mechanische installatie — Deze kosten zijn lineair afhankelijk van de kapaciteit; voor de reeds aanwezige installaties is 2/3 van de vervangingswaarde gerekend.
- kosten elektrische installatie — Deze kosten zijn lineair afhankelijk van het te installeren vermogen; voor de reeds aanwezige installaties is 2/3 van de vervangingswaarde gerekend.
- kosten bouwkundig deel — Deze kosten zijn enerzijds afhankelijk van de kapaciteit en het vermogen van de gemalen en anderszijds van de situatie ter plaatse.

De aldus berekende investeringsbedragen van alle varianten zijn vermeld in tabel 42.

Investeringskosten van de primaire aanvoersystemen in 10^3 gld.

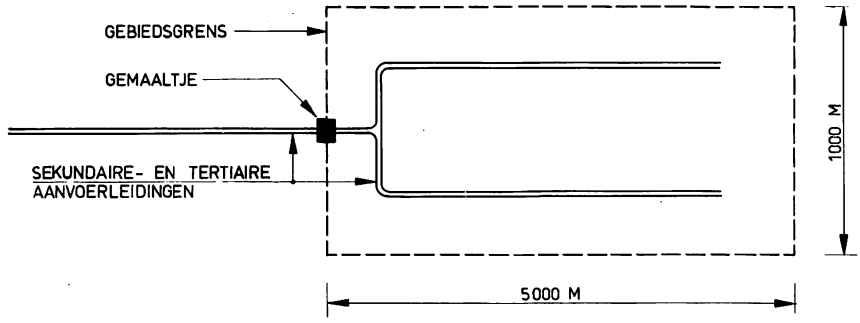
plan + variant	*kosten*	*plan + variant*	*kosten*	*plan + variant*	*kosten*
min'76-c	62.526				
10-a	33.235	tus-10-a	47.602		
10-b	36.010				
20-a	11.998	tus-20-a	23.275	max-20-a	37.789
20-b	16.288	20-b	24.931	20-b	40.150
50-a	5.700	50-a	8.339	50-a	12.886
50-b	7.027	50-b	8.863	50-b	18.975

Tabel 42

Tabel 43

Investeringskosten voor het sekundaire systeem van het tus-10 plan voor een gebied van 14.510 ha in het waterschap Riegmeer.

	hoeveelheid	*eenheidsprijs*	*totale kosten*
Grondaankoop	55.710 m^2	ƒ 5,—	ƒ 278.550,—
Grondverzet	38.470 m^3	3,—	115.410,—
Betuining	1.240 m	20,—	24.800,—
Stapelwerk	930 m	30,—	27.900,—
Herstelwerkzaamheden	1.240 m	10,—	12.400,—
Afrasteringen	6.200 m	4,—	24.800,—
Op te ruimen duikers:			
Ø 0,20 - Ø 0,60	120 m	15,—	1.800,—
Ø 0,70 - Ø 1,00	187 m	30,—	5.610,—
Nieuwe duikers			
Ø 0,40	6 m	60,—	360,—
Ø 0,50	60 m	90,—	5.400,—
Ø 0,80	414 m	195,—	80.730,—
Ø 1,00	210 m	280,—	58.800,—
1.50 x 1.00	221 m	720,—	154.700,—
Afsluiter voor H^{3}2-42			2.000,—
Stuwen in H^{3}2-4	2 st.	21.000,—	42.000,—
Afsluiter/meetschot H^{3}2-4			3.000,—
Inlaatwerk H^{3}2-22			12.000,—
Verhardingen opbreken en herstellen	230 m^2	40,—	9.200,—
Wegomlegging			100.000,—
Aanpassen gemaaltje in H^{3}2-54			P M
Aanpassen gemaaltje in H^{2}2-54			P M
Onvoorzien 2%			ƒ 959.460,—
Kabels en leidingen			19.200,—
			25.000,—
Direktiekosten 15% + afronding			ƒ 1.003.660,—
			151.340,—
Totaal (exkl. B.T.W.)			ƒ 1.155.000,—
Omgeslagen over 14.510 ha is dit ƒ 80,— per ha			



Figuur 35.

VIII.2.2. Investeringskosten sekundaire aanvoersysteem

Aan de bepaling van deze kosten liggen de volgende berekeningen en gegevens ten grondslag:

a. Voor een tweetal voorbeeldgebieden zijn voor het tus'76 plan en het tus-10 plan de kosten berekend. Daarbij is nagegaan welke werken dienen te worden uitgevoerd om de voor deze plannen nodige hoeveelheden water te kunnen aanvoeren. Het ene gebied ter grootte van 14.510 ha ligt in het waterschap Riegmeer, het andere ter grootte van 5.550 ha ligt in het waterschap de Vledder- en Wapserveense Aa. In tabel 43 is als voorbeeld weergegeven de berekening voor het eerstgenoemde gebied voor het tus-10 plan. Tabel 44 geeft het resultaat van de uitgevoerde berekeningen.

plan	*Riegmeer*	*de Vledder- en Wapserveense Aa*	*afgerond gemiddelde*
tus'76	ƒ 282,—/ha	ƒ 192,—/ha	ƒ 235,—/ha
tus-10	ƒ 80,—/ha	ƒ 83,—/ha	ƒ 80,—/ha

Tabel 44

b. Voor een theoretisch voorbeeldgebied ter grootte van 500 ha als weergegeven in fig. 35, behorende tot de hoge gronden die alleen in de maxplannen van water worden voorzien, zijn de inrichtingskosten berekend. Daarbij is er van uitgegaan dat een geheel nieuw aanvoerstelsel wordt aangelegd. In tabel 45 zijn de kosten berekend, deze komen neer op ƒ 2.680,— per ha.

c. Voor alle inlaatwerken is nagegaan of de huidige kapaciteit voldoet aan de eisen, die bij uitvoering van de verschillende plannen gesteld worden.

Tabel 45

Inrichtingskosten van een voorbeeldgebied ter grootte van 500 ha op de hoge gronden bij een wateraanvoer van 2mm/etm.

	hoeveelheid	*eenheidsprijs*	*totale kosten*
Grondaankoop	91.476 m^2	ƒ 5,—	ƒ 457.380,—
Grondverzet	37.800 m^3	3,—	113.400,—
Betuining (20%)	2.520 m	20,—	50.400,—
Stapelwerk (15%)	1.890 m	30,—	56.700,—
Herstelwerkzaamheden (20%)	2.520 m	10,—	25.200,—
Nieuwe duikers ø 0,50	1.512 m	90,—	136.080,—
Afrastering	12.600 m	4,—	50.400,—
Gemaal	7 m^3/min	7.000,—	49.000,—
Stuw	8 st	21.000,—	168.000,—
Verharding opbreken + herst.	150 m^2	40,—	6.000,—
Kabels en leidingen	12.600 m	2,50	31.500,—
			ƒ 1.144.060,—
Onvoorzien 2%			22.880,—
			ƒ 1.166.940,—
Direktiekosten 15% + afronding			175.060,—
Totaal (exklusief B.T.W.)			ƒ 1.342.000,—

Omgeslagen over 500 ha is dit ƒ 2.680,— per ha.

Bij het opzetten van deze begroting zijn o.a. de volgense uitgangspunten gehanteerd:
— voor obstakels en omwegen is 20% extra lengte aan waterlopen gerekend
— 1 dam per 100 m waterleiding; kruinbreedte 8 m; duikerlengte 12 m
— taluds waterleidingen 1 : 1½
— schouwpadbreedte: 1½ m; per m leiding 3m schouwpad.
— waterpeil: 0,40 — 0,90 m - m.v.
— per 0.50 m hoogteverschil in het m.v. 1 stuw;
2 m hoogteverschil over 5000 m resulteert in 8 stuwen op 500 ha
— voor het oppompen van het water is een gemaaltje opgenomen
— K-manning is ± 15 voor de kleine en ± 30 voor de grote leidingen.

De berekende bedragen hebben betrekking op de totale inrichting van het gebiedje, dus sekundaire plus tertiaire leidingen inklusief kunstwerken. Bij wateraanvoernormen van resp. 1 mm/dag en 3 mm/dag zijn de inrichtingskosten per ha ca 10% lager resp. hoger.

Beoordeling van de inlaatwerken in de verschillende plannen

Beoordeling	Plan '76	Min- -10	Min- -20	Min- -50	Tus- -10	Tus- -20	Tus- -50	Max- -20	Max- -50
kapaciteit voldoende	51	66	83	87	59	78	87	67	85
te vergroten	38	23	6	2	30	11	2	22	4
nieuw installeren	7	7	7	7	39	39	39	45	45
Totaal		96			128			134	

Tabel 46

Gemiddelde aanvoernormen in mm/dag

Bodemtype	Plan '76	Min- -10	Min- -20	Min- -50	Tus- -10	Tus- -20	Tus- -50	Max- -20	Max- -50
lage gronden	2,4	1,2	0,6	0,2	1,2	0,6	0,2	0,6	0,2
middelh. gronden	3,8	2,2	0,3	—	2,1	0,3	—	0,5	—
hoge gronden	3,9	2,7	3,0	1,6	2,7	3,0	1,6	3,0	1,6
gemiddelde	2,7	1,4	0,6	0,2	1,5	0,6	0,2	0,7	0,3

Tabel 47

Verder is bekeken welke inlaten nieuw geïnstalleerd moeten worden. Het resultaat is vermeld in tabel 46.

d. Aanvoernormen. In tabel 47 is weergegeven welke aanvoernormen moeten worden gerealiseerd om in de berekende waterbehoeften te kunnen voorzien. Deze normen zijn gebaseerd op het gemiddelde tekort over de droogste maand in het maatgevende droogteklassejaar (zie tabel 23a t/m 23c van par. IV.17.) Uiteraard beïnvloeden deze normen de hoogte van de inrichtingskosten.

Door extrapolatie van de bedragen, vermeld onder a en b, daarbij rekening houdende met de gegevens van c en d zijn de inrichtingskosten gevonden, die zijn weergegeven in tabel 48.
Alhoewel deze bedragen regionaal sterk kunnen verschillen, geven ze een goede indikatie van de gemiddelde inrichtingskosten.

Investeringskosten van de sekundaire aanvoersystemen

Plan	Investering gld/ha	Oppervlakte ha	Totale investering 10^6 gld
min '76	150	93.200	14,0
min-10	50	93.200	4,7
min-20	30	93.200	2,8
min-50	10	93.200	0,9
tus-10	80	137.835	11,0
tus-20	50	137.835	6,9
tus-50	40	137.835	5,5
max-20	65	137.835	9,0
	2300	65.365	150,3
max-50	50	137.835	6,9
	2000	65.365	130,7

Tabel 48

VIII.2.3. Investeringskosten tertiaire aanvoersysteem

In de gebieden, waar momenteel reeds een uitgebreid leidingennet aanwezig is, zijn minder ingrijpende aanpassingen nodig, om de gewenste aanvoer te realiseren, dan in de gebieden waar de dichtheid van het leidingennet gering is. Bij de bepaling van de inrichtingskosten is hiermee rekening gehouden door onderscheid te maken tussen de lage gronden, waar veel leidingen aanwezig zijn, en de middelhoge en hoge gronden, waar weinig leidingen aanwezig zijn.
Voor het tus-10 plan is voor het tertiaire aanvoersysteem een globale kostenberekening uitgevoerd. Hierbij is aangehouden dat voor een goede wateraanvoer op de lage en op de middelhoge gronden ca. 80 m leiding per ha nodig is. De helft van deze lengte is reeds in ruilverkavelingsverband aangelegd of verbeterd. De totale inrichtingskosten (voor grondaankoop, grondverzet, kunstwerken e.d.) zijn als volgt begroot:

— lage gronden ƒ 400,— per ha
— middelhoge en hoge gronden ƒ 1000,— per ha

Bij het tot stand komen van deze bedragen is gebruik gemaakt van praktijkervaringen van de landinrichtingsdienst en de waterschappen. Evenals bij het sekundaire stelsel geldt ook voor deze bedragen dat ze van plaats tot plaats aanzienlijk kunnen verschillen. De bedragen gelden als gemiddelde waarden over het gehele plangebied (137.835 ha).
Bovengenoemde bedragen hebben als uitgangspunt gediend bij de kostenbepaling voor de overige plannen. Hierbij is verder rekening gehouden met de aanvoernormen zoals die bij de behandeling van het sekundaire systeem zijn vermeld (tabel 47). De resultaten van de berekeningen zijn vermeld in tabel 49.

VIII.3. Jaarlijkse kosten

VIII.3.1. Jaarlijkse kosten primaire aanvoersysteem

Er is onderscheid gemaakt tussen de vaste jaarlijkse kosten, voortvloeiende uit de investeringen, en de variabele kosten, voortvloeiende uit de exploitatie van de werken.

a. Vaste jaarlijkse kosten
Deze zijn berekend op annuïteitsbasis met een rentevoet van 8%. Voor de mechanische installaties en

Investeringskosten van het tertiaire aanvoersysteem

Plan	Lage gronden			Middelhoge + Hoge gronden			Totale investering 10^6gld
	Investering gld/ha	Oppervlakte ha	Totale investering 10^6gld	Investering gld/ha	Oppervlakte ha	Totale investering 10^6 gld	
min'76	500	71.955	36,0	1.250	21.245	26,6	62,5
min-10	300	71.955	21,6	750	21.245	15,9	37,5
min-20	250	71.955	18,0	650	21.245	13,8	31,8
min-50	200	71.955	14,4	550	21.245	11,7	26,1
tus-10	400	95.595	38,2	1.000	42.240	42,2	80.5
tus-20	350	95.595	33,5	850	42.240	35,9	69,4
tus-50	300	95.595	28,7	750	42.240	31,7	60,4
max-20	350	95.595	33,5	850	42.240	35,9	69,4
max-50	300	95.595	28,7	750	42.240	31,7	60,4

Tabel 49

voor de elektrische installaties is gerekend met een afschrijvings(= aflossings)termijn van 30 jaar en voor het bouwkundig deel met een termijn van 40 jaar. Voor het tus-10 plan zijn in de voet van tabel 41 de vaste jaarlijkse lasten van de drie onderdelen en van het totaal vermeld. De totaaltelling van deze kosten voor alle varianten is vermeld in kolom 4 van tabel 50.

b. Variabele jaarlijkse kosten

Deze bestaan uit de energiekosten, de bedieningskosten en de beheers- en onderhoudskosten.

— De energiekosten kunnen worden berekend met behulp van de formule

$$E = \frac{\rho \times g \times H_{man}}{3600 \times \eta}$$

Hierin is E de hoeveelheid energie per m^3 op te pompen water in Wh/m^3. Voor de overige faktoren zij verwezen naar par. VIII.2.1. De energiekosten zijn berekend op basis van een geschatte gemiddelde prijs van ƒ 0,15 per kWh. In tabel 51 is als voorbeeld de berekening voor variant a van het tus-10 plan weergegeven.
Het resultaat van de berekeningen voor alle varianten is verwerkt in de kolommen 5 en 6 van tabel 50.

— De bedieningskosten zijn gerelateerd aan:
  — het gemiddeld aantal draaiuren van de gemalen, te vinden door de totale meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheid water (kolom 4 van tabel 51) te delen door de kapaciteit van de gemalen (kolom 3 van tabel 41); de afgeronde resultaten zijn vermeld in kolom 3 van tabel 50;
  — de gesommeerde kapaciteit van alle gemalen (kolom 2 van tabel 50).

De kosten zijn gesteld op ƒ 25,—/uur bij een kapaciteit van 1000 m^3/min. Zo kunnen de bedieningskosten van variant a van het tus-10 plan worden berekend op 550 (uur) × 6,590 (10^3 m^3/min) × ƒ 25,— = ƒ 90.600,—. De resultaten van de berekeningen zijn vermeld in kolom 7 van tabel 50.

— De beheers- en onderhoudskosten zijn samengesteld uit:
  — de kosten van materialen en van derden waarvoor is gerekend op ƒ 3,— per jaar per m^3/min kapaciteit;
  — de loonfaktor in het onderhoud à ƒ 2,— per m^3/min;
  — de kosten van beheer à ƒ 2,— per m^3/min.

In totaal dus ƒ 7,— per m^3/min.

Tabel 51

Meerjarig gemiddeld energieverbruik van de gemalen in variant a van het tus-10 plan

Gemaal	Opvoerhoogte H_{st} m	Energieverbruik per m Wh/m^3	Op te pompen hoeveelheid water 10^6m^3/jaar	Totaal energie verbruik 10^3kWh/jaar
1	2	3	4	5
Rogatsluis	2,00	8,7	38,4	333,8
Ossesluis	3,60	15,7	38,1	598,2
Nieuwe Brugsluis	6,50	28,3	36,3	1.026,9
Noordscheschut	2,15	9,4	35,5	333,9
Ericasluis	3,10	13,5	14,1	189,7
Oranjesluis	2,00	8,7	8,5	74,4
Smildersluis	1,90	8,3	2,1	17,3
Zwiggeltersluis	1,80	7,8	1,1	8,3
Orveltersluis	1,90	8,3	—	—
Veenesluis	1,70	7,4	3,6	26,7
Haarsluis	2,20	9,6	3,9	37,3
Dieversluis	2,20	9,6	4,0	38,3
Uffeltersluis	2,20	9,6	6,0	57,7
Haveltersluis	2,00	8,7	7,1	61,7
Paradijssluis	2,40	10,5	7,8	81,8
Beilersluis	1,50	6,5	—	—
Totaal				2.886,0

Jaarlijkse kosten voor het primaire aanvoersysteem (meerjarig gemiddeld)

Plan en variant	Gesommeerde kapaciteit v/d gemalen	Gem. aantal draaiuren	Vaste kosten	Energie-verbruik	Variabele kosten				Vaste + variabele kosten	Op te pompen water	Kosten opgepompt water
					energie-kosten	bediening	beheer en onderhoud	totale variabele kosten			
	m^3/min	uur	10^3 gld.	10^3kWh	10^3 gld	10^3 gld	10^3 gld	10^3 gld	10^3 gld	10^6m^3	cent/m^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
min '76-c	8504	320	5.327,0	2.150	322,5	68,0	59,5	450,0	5.777,0	35,4	16,4
min-10-a	4419	550	2.830,0	1.945	291,8	60,8	30,9	383,5	3.213,5	32;1	10,1
min-10-b	4364	550	3.070,0	2.123	318,4	60,0	30,6	409,0	3.479,0	32,1	10,8
min-20-a	2082	930	1.024,0	1.414	212,1	48,4	14,6	275,1	1.299,1	23,4	5,5
min-20-b	1861	930	1.385,0	1.550	232,5	43,3	13,0	288,8	1.673,8	23,4	7,1
min-50-a	1455	1400	488,0	1.079	161,8	50,9	10,2	222,9	710,9	17,4	4,1
min-50-b	922	1400	599,0	1.151	172,7	32,3	6,5	211,5	810,5	17,4	4,7
tus-10-a	6590	550	4.059,0	2.886	432,9	90,6	46,1	569,6	4.628,6	46,2	10,0
tus-20-a	2981	930	1.979,0	2.015	302,2	69,3	20,9	392,4	2.371,4	32,9	7,2
tus-20-b	2715	930	2.120,0	2.189	328,4	63,1	19,0	410,5	2.530,5	32,9	7,7
tus-50-a	1451	1400	711,0	1.407	211,0	50,8	10,2	272,0	983,0	22,8	4,3
tus-50-b	1211	1400	756,0	1.524	228,6	42,4	8,5	279,5	1.035,5	22,8	4,5
max-20-a	5156	930	3.220,0	3.575	536,3	119,9	36,1	692,3	3.912,3	56,0	7,0
max-20-b	4995	930	3.421,0	3.827	574,1	116,1	35,0	725,2	4.146,2	56,0	7,4
max-50-a	2443	1400	1.100,0	2.206	330,9	85,5	17,1	433,5	1.533,5	35,8	4,3
max-50-b	1975	1400	1.613,0	2.440	366,0	69,1	13,8	448,9	2.061,9	35,8	5,8

Tabel 50

Beheer en onderhoud zijn ook berekend over de reeds aanwezige gemalen. De resultaten zijn vermeld in kolom 8 van tabel 50.

Het totaal van de variabele kosten is opgenomen in kolom 9 van tabel 50.

c. De totale jaarlijkse kosten
De totaaltelling van de vaste en de variabele jaarlijkse kosten is vermeld in kolom 10 van tabel 50. Vergelijking van de kosten van de a- en de b- varianten van eenzelfde plan leidt tot de konklusie dat de kosten van de a-varianten lager zijn dan die van de b-varianten.De hogere kosten voor bediening, beheer en onderhoud in de a-varianten worden ruimschoots gekompenseerd door de lagere vaste kosten. Bovendien zijn de energiekosten van de a-varianten lager.
De onderlinge kostenvergelijking heeft in eerste instantie geleid tot de keuze voor de a-varianten. Ook de overweging dat bij deze keuze, een grotere bedrijfszekerheid wordt bereikt, aangezien naast de pompketen langs de Hoogeveensche Vaart ook de huidige gemalen langs de Drentsche Hoofdvaart worden benut, heeft hierin meegespeeld. Verder kan worden opgemerkt dat bij een toename van de energieprijzen in de toekomst de a-varianten, t.o.v. de b-varianten steeds aantrekkelijker worden.

De jaarlijkse kosten welke de verschillende plannen met zich meebrengen worden voornamelijk bepaald door de vaste kosten. Deze, op annuïteitsbasis berekende, vaste kosten beslaan 70 à 90% van de totale jaarlijkse kosten.

VIII.3.2. Jaarlijkse kosten sekundaire en tertiaire aanvoersysteem

Ook hier is onderscheid gemaakt tussen vaste en variabele kosten

a. vaste jaarlijkse kosten
Deze kosten zijn berekend op annuïteitbasis met een rentevoet van 8% en een afschrijvings(= aflossings) termijn van 30 jaar. De resultaten zijn vermeld in tabel 52. In kolom 2 zijn de investeringskosten nogmaals vermeld, en in kolom 3 de hiervan afgeleide vaste kosten.

Tabel 52

Kosten voor het sekundaire en het tertiaire systeem in 10^6gld.

Plan	*Investeringskosten*	*Jaarlijkse kosten*		
		Vaste kosten	*Variabele kosten*	*Totale kosten*
1	2	3	4	5
min '76	76,5	6,79	0,37	7,17
min-10	42,2	3,75	0,37	4,12
min-20	34,6	3,07	0,37	3,45
min-50	27,0	2,40	0,37	2,77
tus-10	91,5	8,13	0,55	8,68
tus-20	76,3	6,77	0,55	7,32
tus-50	65,9	5,85	0,55	6,40
max-20	228,7	20,31	1,04	21,35
max-50	198,0	17,59	0,94	18,53

b. variabele jaarlijkse kosten
Deze kosten zijn geraamd op ƒ 2,50 à ƒ 5,— per ha, gerekend over het gebied dat van water wordt voorzien. In dit bedrag zijn samengevoegd de kosten voor bediening, onderhoud en beheer die gemaakt moeten worden na realisering van de plannen. Als gemiddelde kostennorm is aangehouden ƒ 4,— per ha.
De totale variabele kosten zijn nu de volgende:
— minimumplannen:
  93.200 ha à ƒ 4,— = ƒ 372.800 per jaar
— tussenplannen:
  137.835 ha à ƒ 4,— = ƒ 551.340 per jaar
— maximumplannen:
  203.200 ha à ƒ 4,— = ƒ 812.800 per jaar

Er is bij de kostenberekening geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende droogteklassen waarop de plannen kunnen worden afgestemd. Het is te verwachten dat in het min'76 plan de kosten per ha hoger zijn dan in het min-10 plan aangezien er in het eerstgenoemde plan meer water is te verdelen. De reden dat toch het kostenbedrag voor beide plannen gelijk is gesteld, is dat het eerlijk verdelen van een beperkte hoeveelheid beschikbaar water minstens evenveel zo niet meer aandacht en zorg vraagt dan de verdeling van voldoende water.

Ten aanzien van de maximumplannen moet worden opgemerkt dat naast de kostennorm van ƒ 4,— per ha een bedrag in rekening moet worden gebracht voor het oppompen van het water naar de hoogste gebieden in de provincie. In de maximumplannen wordt namelijk de gehele provincie van water voorzien, dus ook de gebieden die niet met behulp van de werking van de zwaartekracht vanuit de kanalen, het primaire systeem, zijn te bereiken. De investeringskosten voor de nodige gemaaltjes en de hiermee gepaard gaande vaste jaarlijkse kosten zijn reeds verwerkt in par. VIII.2.2., en hierboven onder *a.* Onder de variabele kosten moeten voor dit oppompen bedragen worden opgenomen voor energieverbruik, bediening, onderhoud en beheer. Deze kosten zijn als volgt berekend:
— De hoeveelheid water die binnen de waterschappen bij uitvoering van het max-20 plan jaarlijks moet worden opgepompt is te bepalen als het verschil tussen de jaarlijkse (meerjarig gemiddeld) waterbehoeften in het max-20 plan en het tus-20 plan (zie kolom 11 van tabel 50):
  $56{,}0 \times 10^6\,m^3 - 32{,}9 \times 10^6\,m^3 = 23{,}1 \times 10^6\,m^3$.
— De variabele pompkosten voor dit water zijn ± 1 cent per m^3. Deze norm is berekend aan de hand van de cijfers van de kolommen 9 en 11 van tabel 50, waarbij rekening is gehouden met de geringere opvoerhoogte van het water binnen de waterschappen.
— Uit de genoemde gegevens zijn nu de jaarlijkse variabele kosten te berekenen:
  max-20 plan: $23{,}1 \times 10^6\,(m^3/jaar) \times$ ƒ 0,01 (per m^3) = ƒ 231.000
  max-50 plan: $13{,}0 \times 10^6\,(m^3/jaar) \times$ ƒ 0,01 (per m^3) = ƒ 130.000
  De totale jaarlijkse variabele kosten voor de maximumplannen zijn nu:
  max-20 plan: ƒ 812.800 + ƒ 230.000 = ƒ 1.042.800
  max-50 plan: ƒ 812.800 + ƒ 130.000 = ƒ 942.800
  Het totaal der jaarlijkse variabele kosten is vermeld in kolom 4 van tabel 52.

c. totale jaarlijkse kosten

De totale jaarlijkse kosten zijn vermeld in kolom 5 van tabel 52. De bedragen zijn verkregen door samentelling van de vaste en variabele jaarlijkse kosten. Vergelijking van de bedragen in de kolommen 3, 4 en 5 toont aan dat de totale jaarlijkse kosten voor 85 — 95% bestaan uit vaste kosten (voortkomende uit investeringen) en voor 5 — 15% uit variabele kosten (de bedrijfs-, onderhouds- en beheerskosten).

VIII.4. Samenvatting van de investeringskosten en van de jaarlijkse kosten

De investeringskosten, vermeld in tabel 53, zijn ontleend aan de tabellen 42, 48 en 49. De kosten voor het sekundaire en het tertiaire systeem tesamen blijken hoger te zijn dan die voor het primaire systeem. Het verschil is groter naarmate de plannen zijn afgestemd op een geringere mate van droogte, de -20 en -50 plannen. De oorzaak hiervan is dat de kosten voor het primaire systeem bij afnemende kapaciteit sneller afnemen dan de kosten voor het sekundaire en het tertiaire systeem.

De jaarlijkse kosten, vermeld in tabel 54, zijn ontleend aan de tabellen 50 en 52. Vergelijking van de kolommen 8 en 10 toont dat de vaste kosten 80 tot 95% uitmaken van de totale kosten. Dit betekent dat een aanzienlijk deel van de exploitatiekosten een gevolg

Investeringskosten in 10^6 gld

	Aanvoersysteem				
plan	primair	sekundair (s)	tertiair (t)	s + t	totaal
1	2	3	4	5	6
min'76	62,5	14,0	62,5	76,5	139,0
min-10	33,2	4,7	37,5	42,2	75,4
min-20	12,0	2,8	31,8	34,6	46,6
min-50	5,7	0,9	26,1	27,0	32,7
tus-10	47,6	11,0	80,5	91,5	139,1
tus-20	23,3	6,9	69,4	76,3	99,6
tus-50	8,3	5,5	60,4	65,9	74,2
max-20	37,8	159,3	69,4	228,7	266,5
max-50	12,9	137,6	60,4	198,0	210,9

Tabel 53

is van de investeringen, die nodig zijn. Verder geldt ook hier dat in de -20 en in de -50 plannen de vaste kosten voor het sekundaire en het tertiaire systeem sterk overheersen. In het '76 plan en in de -10 plannen is dit overwicht minder groot.

Voor een grafische weergave van de investeringskosten en van de jaarlijkse kosten, in relatie tot de gewenste pompkapaciteit, wordt verwezen naar par. X.4.3. Ook de invloed van het beregeningspercentage komt daar aan de orde.

Jaarlijkse kosten in 10^6 gld.

Plan	*Primair aanvoersysteem*			*Sek. en tert. aanvoersysteem*			*Gehele plan*		
	Vast	*Var.*	*Tot.*	*Vast*	*Var.*	*Tot.*	*Vast*	*Var.*	*Tot.*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
min'76	5,3	0,5	5,8	6,8	0,4	7,2	12,1	0,9	12,9
min-10	2,8	0,4	3,2	3,7	0,4	4,1	6,6	0,8	7,3
min-20	1,0	0,3	1,3	3,1	0,4	3,4	4,1	0,6	4,7
min-50	0,5	0,2	0,7	2,4	0,4	2,8	2,9	0,6	3,5
tus-10	4,1	0,6	4,6	8,1	0,6	8,7	12,2	1,1	13,3
tus-20	2,0	0,4	2,4	6,8	0,6	7,3	8,8	0,9	9,7
tus-50	0,7	0,3	1,0	5,9	0,6	6,4	6,6	0,8	7,4
max-20	3,2	0,7	3,9	20,3	1,0	21,4	23,5	1,7	25,3
max-50	1,1	0,4	1,5	17,6	0,9	18,5	18,7	1,4	20,1

Tabel 54

IX. Baten in de landbouw tengevolge van aanvullende watervoorziening

IX.1. Algemeen

In dit hoofdstuk is een berekeningswijze uitgewerkt met betrekking tot de baten welke in de landbouw zijn te verwachten bij realisering van de verschillende plannen.
In par. IX.2. zijn de bruto meeropbrengsten berekend en wel voor grasland en bouwland. Onder bruto meeropbrengsten wordt verstaan de extra gewasopbrengst, uitgedrukt in kilogrammen en in guldens, tengevolge van de aanvullende vochtvoorziening. De totale bruto meeropbrengst is stapsgewijs berekend. Eerst is de meeropbrengst per mm en per m^3 aanvullende vochtvoorziening bepaald (par. IX.2.1.).
Vervolgens zijn de totale hoeveelheden aan de gewassen toe te dienen water bepaald, per plan, per hydrologische bodemgroep en per type grondgebruik (par. IX.2.2.). Uit de aldus verkregen gegevens is door vermenigvuldiging de totale bruto meeropbrengst per plan berekend (par. IX.2.3.). Tenslotte zijn de randvoorwaarden van de toegepaste berekeningswijze nader toegelicht (par. IX.2.4.).

Toepassing van de watervoorziening gaat gepaard met meerkosten. Onder de meerkosten worden hier verstaan alle kosten welke intern op het landbouwbedrijf moeten worden gemaakt om optimaal van de voorgestelde watervoorziening te kunnen profiteren. Er is in eerste instantie van uitgegaan dat het volledige vochttekort, zoals dit in de verschillende plannen is berekend, wordt aangevuld. Ten aanzien van de bedoelde meerkosten is onderscheid gemaakt tussen beregeningskosten en overige meerkosten. Op beide onderdelen is in par. IX.3. nader ingegaan.
Vervolgens zijn in par. IX.4. de netto meeropbrengsten bepaald, als het verschil tussen de bruto meeropbrengsten en de meerkosten.
Hoewel in hoofdstuk VII slechts negen van de twaalf plannen zijn overgebleven voor nadere bestudering zijn de landbouwbaten voor alle plannen berekend. Daardoor is een vergelijking mogelijk, die een beter inzicht geeft in de faktoren, die van invloed zijn op de grootte van de baten en in de omvang van deze invloed.
Bij de berekening van de netto meeropbrengsten blijkt dat de mate, waarin beregening wordt toegepast, d.w.z. het percentage van de totale oppervlakte kultuurgrond dat wordt beregend, van grote invloed is.
Het totaal van de netto meeropbrengsten per plan valt voor vrijwel alle plannen negatief uit. De rentabiliteit van de beregening heeft daarop een grote invloed. Op dit verschijnsel wordt in hoofdstuk X nader ingegaan. Uiteraard zijn er behalve de baten in de landbouw ook baten in de andere belangengroepen welke van de aanvullende watervoorziening profiteren. Voor deze baten, welke vaak moeilijk in geld zijn uit te drukken, is een benaderende berekeningswijze opgenomen in hoofdstuk XI (evaluatie).

IX.2. De bruto meeropbrengsten

IX.2.1. Meeropbrengsten per mm en per m^3 aanvullende vochtvoorziening per ha, per jaar en per gewas

a. Meeropbrengsten in kg
Voor de berekening van de meeropbrengsten in kilogrammen produkt ten gevolge van de aanvullende vochtvoorziening is de theorie van Rijtema en Endrödi ('70) als uitgangspunt genomen. In deze theorie wordt een relatie aangetoond tussen de verdamping en de totale drogestofproduktie, inklusief de niet geoogste delen. Deze relatie blijkt sterk afhankelijk te zijn van het verzadigingsdeficit van de dampspanning in de lucht tijdens het groeiseizoen. Teneinde dit klimaatseffekt in de beschouwing te betrekken worden de produktieberekeningen uitgevoerd op basis van het verband tussen de gewasproduktie en de relatieve verdamping. De relatieve verdamping is de werkelijke verdamping gedeeld door de potentiële verdamping ($E_{rel} = E_{akt}/E_{pot}$).

Bij de berekening van de kg-meeropbrengsten moet onderscheid worden gemaakt tussen verschillende gewassen. Ten eerste bestaat er het verschil in gewasproduktie door verschil in potentiële (jaarlijkse) verdamping. Zo zal een gewas als zomergraan met een kort groeiseizoen en een jaarlijkse verdamping van ca. 300 mm, minder droge stof produceren dan gras met een langer groeiseizoen en een verdamping van ca. 450 mm. Ten tweede is er verschil tussen de gewasopbrengsten doordat per gewas verschillende delen worden geoogst. Bij gras oogst men het blad (enkele malen per jaar), bij granen oogst men korrel en stro, bij aardappelen en bieten oogst men de ondergrondse delen en soms het blad.

Door Rijtema is voor enkele gewassen de relatie vastgesteld tussen het geoogste produkt en de relatieve verdamping. Deze verbanden zijn door De Laat ('72) in formules uitgedrukt.

	pF op peildatum	Korrel ton/ha	Stro, hooi ton/ha	Knollen ton/ha
wintergraan	pF<2,8	y = 5,58x—0,59	y = 8,88x—1,82	
	pF>3,2	y = 4,05x—0,44	y = 10,41x—1,96	
zomergraan	pF<2,8	y = 5,11x—0,59	y = 8,14x—1,82	
	pF>3,2	y = 3,71x—0,44	y = 9,54x—1,96	
aardappelen:				
— middellaat	—	—	—	y = 54,68x—12,33
— laat	—	—	—	y = 58,08x—15,97
grasland	—	—	$y = 12,0x^2$	—

Tabel 55

De algemene formule luidt $y = f(x)$
met $x = E_{akt}/E_{pot}$
waarin:
- y : gewasopbrengst in ton/ha
- E_{akt}: totale aktuele verdamping in het groeiseizoen in mm
- E_{pot}: totale potentiële verdamping in het groeiseizoen in mm

Voor granen en aardappelen blijkt het verband vrijwel lineair te zijn:
$y = ax + b$
Voor grasland (hooi-opbrengst) werd een kwadratisch verband gevonden:
$y = cx^2$
Alhoewel momenteel de produktie van hooi grotendeels is vervangen door die van voordroogkuil, zijn de meeropbrengstberekeningen uitgevoerd op basis van hooiopbrengsten. Hiermede sluit deze studie aan op de beschikbare onderzoeksresultaten.
In tabel 55 zijn de relaties nader aangeduid.
Opmerkingen bij tabel 55:
- Bij granen wordt de korrel/stro-verhouding nadelig beïnvloed door droogte tijdens de overgang van de vegetatieve naar de generatieve groei (schieten, aarvorming). Daarom is deze verhouding afhankelijk gesteld van de pF in de wortelzône tijdens deze groeifase. Voor wintergranen is dit de pF in begin juni, voor zomergranen het gemiddelde van de pF-waarden van begin juni en half juni.
- De graanopbrengsten zijn inklusief een vochtgehalte van 17%.
- De hooi-opbrengst is inklusief een vochtgehalte van 14% en exklusief 25% beweidings-, winnings- en bewaringsverliezen.

Met behulp van de formules is de meeropbrengst per mm aanvullende vochtvoorziening te bepalen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de meeropbrengst per mm afhankelijk is van de potentiële verdamping in het betreffende jaar, aangezien de formules een relatie geven tussen opbrengst en relatieve verdamping. Bovendien is voor de grasproduktie de hoogte van de relatieve verdamping van invloed op de meeropbrengst per mm omdat het verband tussen opbrengst en relatieve verdamping bij gras niet lineair doch kwadratisch is.
In het kader van deze studie is, ter vereenvoudiging van de berekeningen, getracht per gewas een gemiddelde meeropbrengst per mm aanvullende vochtvoorziening te bepalen. Ter bepaling van de grenzen waartussen de meeropbrengst per mm per gewas zich bevindt is, over een groot aantal jaren, de minimale en de maximale E_{pot} vastgesteld. Voor beide waarden is op basis van de formules van tabel 55 de meeropbrengst per mm berekend. De uitkomsten zijn vermeld in tabel 56. Voor grasland is hierbij tevens onderscheid gemaakt in de hoogte van de relatieve verdamping.

Meeropbrengsten per mm aanvullende vochtvoorziening

	E_{pot} in mm		Meeropbrengst in kg/ha/mm			
	Min.	Max.	Minimaal		Maximaal	
			korrel	stro	korrel	stro
wintergraan (pF <2,8)	310	345	16	26	18	29
wintergraan (pF >3,2)	310	345	12	30	13	34
zomergraan (pF <2,8)	320	355	14	23	16	25
zomergraan (pF >3,2)	320	355	10	27	12	30
aardappelen:			knollen		knollen	
— middellaat	325	350	156		160	
— laat	370	410	142		157	
			hooi		hooi	
gras	440	495				
bij E_{rel} = 0,4			19		22	
0,6			29		33	
0,8			39		44	
1,0			48		54	

Tabel 56

Uit de maximale en de minimale meeropbrengstcijfers van tabel 56 is per gewas een gemiddelde waarde voor de meeropbrengst per mm aanvullende watervoorziening berekend. Het resultaat daarvan is weergegeven in tabel 57. Voor grasland is hierbij E_{rel} = 0,8 als gemiddelde waarde aangehouden. Deze waarde is berekend als gemiddelde waarde over de jaren waarin een vochttekort optreedt, waarbij is aangehouden $E_{rel} \approx 0,6$ in droge jaren en $E_{rel} \approx 1,0$ in natte jaren.

Gemiddelde meeropbrengst in kg/ha/mm aanvullende vochtvoorziening

Wintergraan				Zomergraan				Aardappelen		Gras
pF<2,8		pF>3,2		pF<2,8		pF>3,2		middellaat	laat	hooi
korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro	korrel	stro			
17	27,5	12,5	32	15	24	11	28,5	158	149	41,5

Tabel 57

Op de verkregen resultaten dienen nog enkele korrekties te worden aangebracht. De bovenstaande berekeningswijze is gebaseerd op opbrengstnormen van ca. 10 jaar geleden. De huidige potentiële opbrengstnormen liggen voor de meeste gewassen op een hoger niveau. Het gevolg is dat ook de meeropbrengsten per mm aanvullende vochtvoorziening op een ander niveau liggen. In overleg met de konsulentschappen voor de akkerbouw en voor de rundveehouderij in Drenthe zijn de huidige potentiële op-

brengstnormen vastgesteld. De door Rijtema aangehouden potentiële produktie is terug te vinden in de formules van De Laat door de relatieve verdamping op 1 te stellen ($E_{akt} = E_{pot}$). Beide groepen van waarden zijn weergegeven in tabel 58. Daarin is tevens de procentuele wijziging van de opbrengstnormen vermeld.

Potentiële opbrengstnormen in ton/ha/jaar

		Rijtema '71	*Drenthe '78*	*Procentueel verschil*
wintergraan -	korrel	4,99	5,5	+ 10%
	stro	7,06	4,5	— 36%
zomergraan -	korrel	4,52	5,5	+ 22%
	stro	6,32	4,5	— 29%
aardappelen -	middellaat	42,35	50	+ 18%
	laat	42,11	55	+ 31%
suikerbieten		—	57	—
mais		—	60	—
gras (hooi)		12,0	14,0	+ 17%

Tabel 58

Opmerkingen bij tabel 58:
- Het eerder aangehouden onderscheid tussen de pF-waarden in de wortelzone tijdens de aarvorming van het graan is buiten beschouwing gebleven, aangezien voor deze uitsplitsing geen gegevens voorhanden zijn in Drenthe. Bij de verdere berekeningen is de pF-waarde kleiner dan 2,8 aangehouden.
- De potentiële hooiopbrengst voor Drenthe is berekend, uitgaande van 16 ton droge stof per ha per jaar; dit komt overeen met 18,6 ton hooi met een vochtgehalte van 14%. Rekening houdend met ± 25% beweidings-, winnings- en bewaringsverliezen is dit een netto opbrengst van 14 ton hooi.
- De opbrengst van snijmais is 60 ton/ha, waarvan 15 ton droge stof.

Er is aangenomen dat de procentuele wijziging van de potentiële opbrengst (laatste kolom van tabel 58) een overeenkomstige wijziging in de meeropbrengsten per mm aanvullende vochtvoorziening tot gevolg heeft. De gekorrigeerde meeropbrengsten zijn nu te berekenen door kombinatie van tabel 57 en de laatste kolom van tabel 58. Het resultaat is vermeld in tabel 59.

Gekorrigeerde gemiddelde meeropbrengsten in kg/ha/mm aanvullende vochtvoorziening

Wintergraan		*Zomergraan*		*Aardappelen*		*Gras*
korrel	stro	korrel	stro	middel-laat	laat	hooi
18,7	17,6	18,3	17,0	186,4	196,5	48,5

Tabel 59

In de verdere berekeningen worden de volgende, afgeronde, meeropbrengstnormen als uitgangspunt gehanteerd:
- Granen - korrel: 18,5 kg/ha per mm aanvullende vochtvoorziening.
- Granen - stro: 17,0 kg/ha per mm aanvullende vochtvoorziening.
- Aardappelen - knol: 190 kg/ha per mm aanvullende vochtvoorziening.
- Gras - hooi: 48,5 kg/ha per mm aanvullende vochtvoorziening.

b. Meeropbrengsten in geld

Om de hierboven berekende meeropbrengsten in kg uit te drukken in guldens moeten deze hoeveelheden worden vermenigvuldigd met de prijs van het produkt per kg. De gemiddelde prijs over de afgelopen jaren (t/m 1977) is als maatgevend aangehouden, waarbij rekening is gehouden met de ontwikkeling in het prijsniveau. De als uitgangspunt gehanteerde prijzen zijn vermeld in tabel 60.

Prijzen landbouwprodukten in guldens per kg (inkl. BTW)

Gewas	*Korrel*	*Stro*	*Gewas*	
wintertarwe	0,48	0,09	fabrieks-	
zomertarwe	0,48	0,09	aardappelen	0,11
wintergerst	0,45	0,09	suikerbieten	0,105
zomergerst	0,45	0,09	hooi	0,245
rogge	0,45	0,09	snijmais	0,55 per kg ZW*
haver	0,42	0,075		

*ZW = zetmeelwaarde
Tabel 60

Opmerkingen bij tabel 60:
- De prijzen zijn vastgesteld in overleg met de konsulentschappen voor de akkerbouw en voor de rundveehouderij.
- De hooiprijs is berekend op basis van een prijs van ƒ 0,50 per kg ZW (inkl. ƒ 0,05 eiwittoeslag); 1000 kg hooi (inkl. 14% vocht) bevat 860 kg droge stof, dit komt overeen met 860 × 0,57 = 490 kg ZW eenheden; 490 kg ZW à ƒ 0,50 is ƒ 245,—.

Bovenstaande prijzen gekoppeld aan de meeropbrengsten in kg leveren de geldelijke meeropbrengsten zoals in tabel 61 is aangegeven.

Gemiddelde meeropbrengsten per ha per mm aanvullende vochtvoorziening

Gewas	*Meeropbrengst in kg*	*Prijs per kg*	*Geldelijke meeropbrengst*	
			inkl. BTW	*exkl. BTW*
graan - korrel	18,5	ƒ 0,45	ƒ 8,32	ƒ 7,05
stro	17,0	ƒ 0,085	ƒ 1,45	ƒ 1,23
totaal			ƒ 9,77	ƒ 8,28
aardappelen	190	ƒ 0,11	ƒ 20,90	ƒ 17,71
hooi	48,5	ƒ 0,245	ƒ 11,88	ƒ 10,07

Tabel 61

Opmerkingen bij tabel 61:
- Voor de granen is een gemiddelde prijs aangehouden, uitgaande van de prijzen uit tabel 60 en van de verhouding van de oppervlakten van de onderscheidene granen in het bouwplan van 1977:
  wintertarwe : zomertarwe : zomergerst : rogge : haver als 1 : 5 : 7 : 3 : 8 (Bron: STULM-cijfers).
- Aangezien in de ekonomische analyses de subsidies en de indirekte belastingen niet worden meegenomen, wordt verder gerekend met de bedragen exklusief de B.T.W.

Voor de berekening van de totale baten van de aanvullende vochtvoorziening moeten de bedragen uit de rechter kolom van tabel 61 worden vermenigvuldigd met de jaarlijkse aanvullende vochtvoorziening in mm. Aangezien de berekende aanvullende vochtvoorziening niet per gewas is onderscheiden maar per type grondgebruik, te weten akkerbouw en weidebouw, moeten ook de meeropbrengsten per mm worden uitgedrukt per type grondgebruik:

— Weidebouw
Voor de meeropbrengst in de weidebouw wordt de waarde aangehouden zoals die voor grasland is berekend: ƒ 10,07/ha/mm aanvullende vochtvoorziening.
— Akkerbouw
Voor de meeropbrengst in de akkerbouw is het gemiddelde bouwplan van belang. Het huidige bouwplan bestaat, gemiddeld over geheel Drenthe, uit 30% granen (inkl. maïs) en 70% hakvruchten.
  — Granen
  Het graanareaal omvat naast tarwe, gerst, haver en rogge ca. 20% maïs. Omtrent de meeropbrengsten bij aanvullende vochtvoorziening zijn voor maïs weinig onderzoeksresultaten bekend. Aangezien de maïsproduktie qua drogestofopbrengst, prijs per kg ZW-eenheid, en gebruik als veevoer, vergelijkbaar is met de grasproduktie, is de meeropbrengstwaarde per mm aanvullende vochtvoorziening gelijk gesteld aan die voor gras: ƒ 10,07/ha/mm.
  De gewogen meeropbrengst-waarde over het graanareaal is nu als volgt: (0,2 × ƒ 10,07) + (0,8 × ƒ 8,28) = ƒ 8,63/ha/mm.
  — Hakvruchten
  Het hakvruchtenareaal bestaat voor ± 75% uit fabrieksaardappelen en voor ± 25% uit suikerbieten. Als meeropbrengstnorm wordt voor de bieten, bij gebrek aan onderzoeksresultaten, eenzelfde waarde aangehouden als voor de aardappelen. Deze aanname lijkt aanvaardbaar gezien de overeenkomsten in geoogst produkt, opbrengsten in kg en prijs per kg.
  De gewogen meeropbrengst over het gehele akkerbouwareaal is nu als volgt te bepalen:
  0,3 × (meeropbrengst granen) + 0,7 × (meeropbrengst hakvruchten) = 0,3 × ƒ 8,63 + 0,7 × ƒ 17,71 = ƒ 14,99/ha/mm.

Afgerond kunnen de gemiddelde meeropbrengsten per ha per jaar per mm aanvullende vochtvoorziening worden gesteld op:
— weidebouw: ƒ 10,—
— akkerbouw: ƒ 15,—
Deze bedragen zijn in de verdere berekeningen gehanteerd.
Tenslotte zij nog opgemerkt dat de bedragen betrekking hebben op de meeropbrengsten als gevolg van de netto vochtvoorziening, dus gerelateerd aan het water, dat werkelijk door het gewas wordt verbruikt.

IX.2.2. Meerjarig gemiddelde aanvullende vochtvoorziening in mm en in m³ per plan, per hydrologische bodemgroep, per type grondgebruik

Bij een optimale vochtvoorziening is de aanvullende hoeveelheid water die aan het gewas moet worden verstrekt gelijk aan de netto vochttekorten zoals die in par. IV.2. zijn omschreven en gekwantificeerd voor de verschillende plangebieden in de verschillende droogteklassejaren.
Voor de bepaling van de meeropbrengsten bij uitvoering van elk van de twaalf plannen moet worden uitgegaan van een jaarlijks gemiddelde van de aanvullende vochtvoorziening, berekend over een lange reeks van jaren.
Deze meerjarig gemiddelde hoeveelheid is uiteraard per plan verschillend. Hieronder wordt nader uiteengezet op welke wijze, uitgaande van de cijfers uit par. IV.2., deze hoeveelheid voor elk plan is te berekenen. Het eindresultaat wordt tabellarisch en grafisch weergegeven en omvat per plan per hydrologische bodemgroep per type grondgebruik het meerjarig gemiddelde van de aanvullende vochtvoorziening in mm's en in $10^6 m^3$ per groeiseizoen.
Tevens wordt deze hoeveelheid uitgesplitst naar verstrekkingswijze (infiltratie of beregening), aangezien dit van invloed is op de kosten van de aanvullende vochtvoorziening. Verder is deze verdeling van belang om inzicht te krijgen in het nuttig gebruik van de aanvullende vochtvoorziening nu en in de toekomst. Hierbij speelt namelijk het beregeningspercentage een belangrijke rol. Aan het onderscheid tussen infiltratie en beregening liggen de volgende aannamen ten grondslag (zie ook par. IV.2.2.):
— lage gronden: gewas krijgt z'n vocht door infiltratie en, indien nodig, door aanvullende beregening.
— hogere gronden: beregening is de aangewezen wijze van vochtverstrekking.
Als infiltratienorm is een maximale waarde van 1,5 mm/dag ofwel 45 mm/maand aangehouden.

De meerjarig gemiddelde aanvullende vochtvoorziening is als volgt berekend:
— Er is uitgegaan van de behoeftecijfers, bepaald in par. IV.2.1. en weergegeven in de tabellen 5a t/m 5d, welke betrekking hebben op geheel Drenthe, dus op de max-plannen. Tabel 62 geeft daarvan een verkorte weergave.

Netto vochttekort van het gewas in $10^6 m^3$

Droogte-klassejaar	*Mei*	*Juni*	*Juli*	*Aug.*	*Totaal*
1976	8,3	71,1	139,9	113,9	333,2
10%	1,0	28,4	66,9	—	96,3
20%	1,0	28,3	12,9	—	42,2
50%	—	1,0	7,3	—	8,3

Tabel 62

— Zoals in par. VI.3. is vermeld zijn de aanvoerkapaciteiten van de gemalen afgestemd op de droogste maand in het maatgevende droogteklassejaar. Dit betekent dat de aanvoerkapaciteit ten behoeve van de netto behoefte van de gewassen als volgt is:
max'76 plan: 139,9 × $10^6 m^3$/maand
max-10 plan: 66,9 × $10^6 m^3$/maand
max-20 plan: 28,3 × $10^6 m^3$/maand
max-50 plan: 7,3 × $10^6 m^3$/maand
— Vervolgens is nagegaan hoeveel water in de verschillende droogteklassejaren zal worden opgepompt bij uitvoering van elk van deze plannen. Deze hoeveelheden zijn eenvoudig te bepalen door kombinatie van de gegevens van tabel 62 en de zojuist vermelde gegevens inzake de aanvoerkapaciteit.
Zo zullen bijvoorbeeld bij uitvoering van het max-10 plan (aanvoerkapaciteit 66,9 × $10^6 m^3$/maand) in een jaar als 1976 de volgende hoe-

Totaal ten behoeve van de gewassen op te pompen hoeveelheden water in $10^6 m^3$

Plan	1976	10%-droog jaar	20%-droog jaar	50%-droog jaar
max '76	333,2	96,3	42,2	8,3
max-10	209,0	96,3	42,2	8,3
max-20	93,2	57,6	42,2	8,3
max-50	29,2	15,6	15,6	8,3

Tabel 63

Procentuele aanvulling van het vochttekort

Plan	1976	10%-droog jaar	20%-droog jaar	50%-droog jaar
max'76	100	100	100	100
max-10	62,7	100	100	100
max-20	28,0	59,8	100	100
max-50	8,8	16,2	37,0	100

Tabel 64

veelheden worden opgepompt (in $10^6 m^3$):

mei	juni	juli	aug.	totaal
8,3	66,9	66,9	66,9	209,0

— De aldus berekende hoeveelheden zijn vermeld in tabel 63.

Stellen we de totale aanvoer van het vochttekort voor het max'76 plan op 100%, dan kunnen de gegevens van tabel 63 ook in procenten worden weergegeven als in tabel 64.
Met behulp van tabel 64 en de gegevens van par. IV.2.1. is nu per bodemtype per grondgebruik uit te rekenen hoeveel mm vocht, gemiddeld over een groot aantal jaren, per plan moet worden verstrekt. Deze berekeningswijze wordt hieronder aan de hand van een voorbeeld toegelicht.

Gegeven:
— hydrologische bodemgroep III, laag zand
— grondgebruik grasland
— bodemvoorraad 120 mm
— vochttekort:

1976	10%-droog jaar	20%-droog jaar	50%-droog jaar
180 mm	50 mm	15 mm	0 mm

Berekening:
— kombinatie van de gegevens van tabel 64 en de bovenstaande gegevens levert tabel 65.
— In fig. 36 zijn de resultaten van tabel 65 grafisch weergegeven.
— De oppervlakte begrensd door de kurve enerzijds en de assen anderzijds is nu een maat voor het meerjarig gemiddelde van de aanvullende vochtvoorziening. Voor de 4 maximum plannen zijn de aldus berekende resultaten:

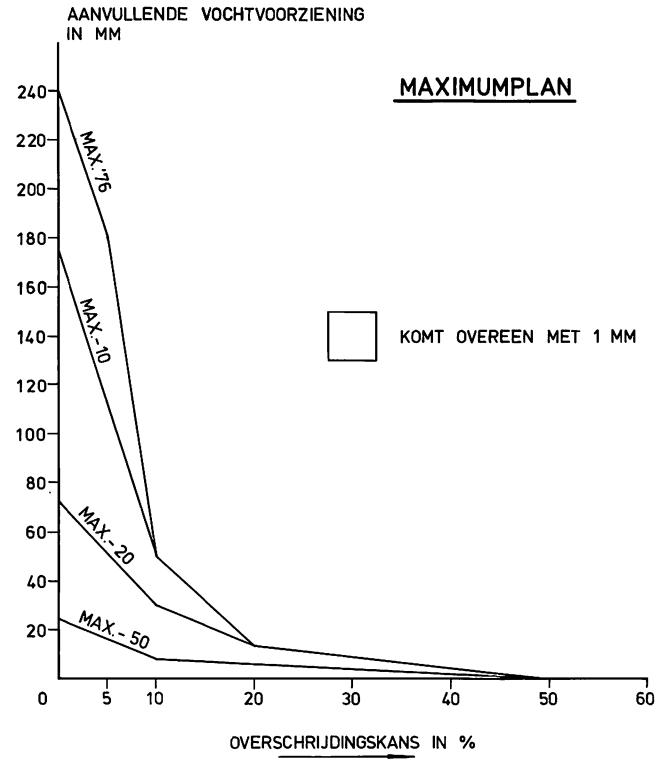
max'76	max-10	max-20	max-50
21 mm	17 mm	9 mm	3 mm

Op deze wijze zijn voor alle 12 plannen per hydrologische bodemgroep, per type grondgebruik de meerjarige gemiddelden van de aanvullende vochtvoorziening bepaald. De resultaten zijn in 12 tabellen weergegeven (per plan één tabel). Als voorbeeld is voor het tus-10 plan tabel 66 opgenomen. De 12 tabellen dienen als uitgangspunt voor de berekening van de totale bruto landbouwbaten.

Aanvullende vochtvoorziening in mm

Plan	1976	10%-droog jaar	20%-droog jaar	50%-droog jaar
max'76	180	50	15	0
max-10	113	50	15	0
max-20	50	30	15	0
max-50	16	8	6	0

Tabel 65



Figuur 36.

Meerjarig gemiddelde van de netto aanvullende vochtvoorziening t.b.v. het gewas in $10^6 m^3$/jaar

Plan	Infiltratie	Beregening	Totaal
min'76	13,7	7,3	21,0
min-10	13,1	3,5	16,6
min-20	8,4	2,1	10,5
min-50	3,7	0,8	4,5
tus'76	18,1	12,5	30,6
tus-10	17,5	6,8	24,3
tus-20	11,1	4,1	15,2
tus-50	4,9	1,6	6,5
max'76	20,9	25,7	46,6
max-10	20,2	16,8	37,0
max-20	12,7	10,5	23,2
max-50	5,5	4,3	9,8

Tabel 67

In tabel 67 is een totaal overzicht gegeven van de resultaten, zoals die voor de 12 plannen zijn berekend. Opvallend is het belangrijke aandeel dat de beregening bij een optimale watervoorziening heeft.

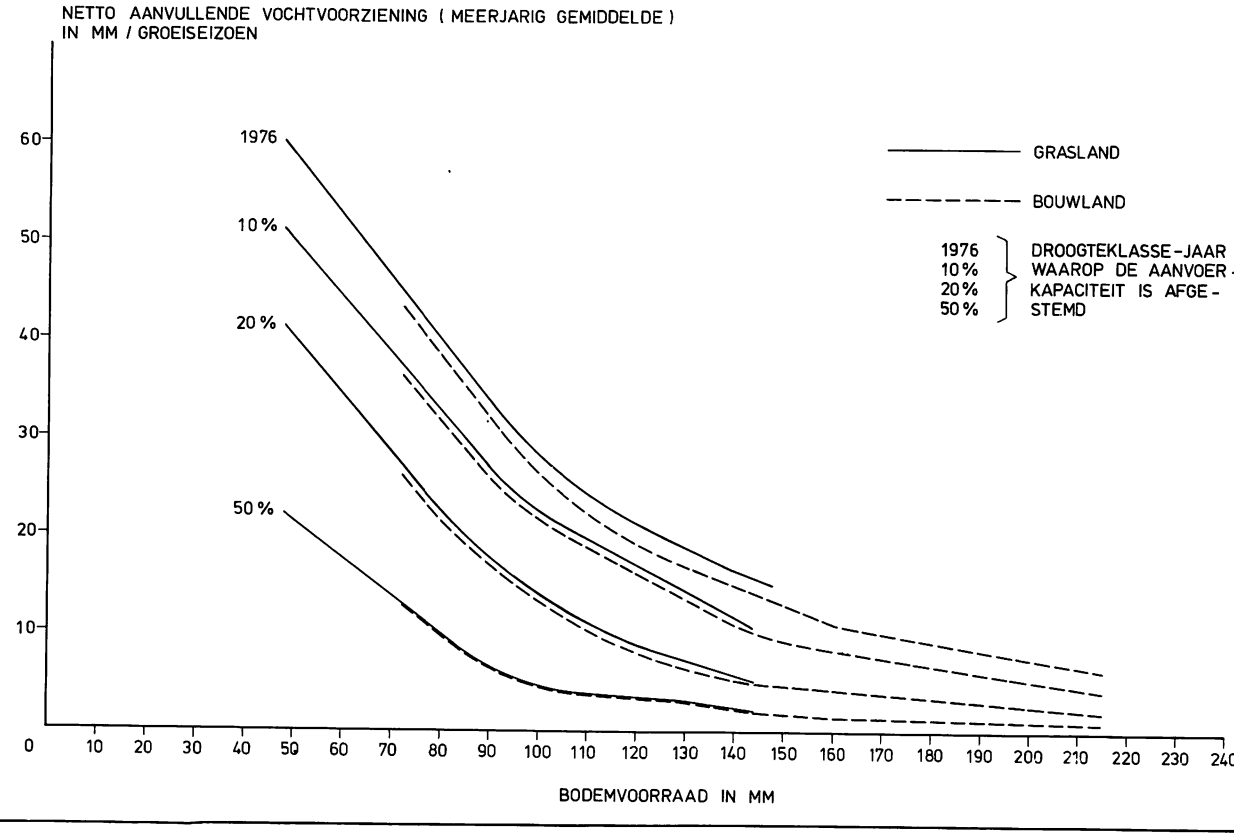
In de figuren 37 en 38 zijn de resultaten van de voor de 12 plannen uitgevoerde berekeningen nog eens grafisch verwerkt.

Tussenplan 10
Netto aanvullende vochtvoorziening v/d gewassen, meerjarig gemiddeld, per groeiseizoen

Hydrologische bodemgroepen met onderverdeling	*Grond-gebruik*	*Opper-vlakte in ha*	*Hoogte-ligging*	*Bodem-voorraad in mm*	*Infiltratie*		*Beregening*		*Totaal*	
					mm	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*	*mm*	*10^6m^3*
I Veengronden										
— met kwel	grasland	4.225	laag	125	15	0,634	—	—	15	0,634
— zonder kwel	grasland	4.250	laag	75	35	1,488	1	0,042	36	1,530
II Veenkoloniale gronden										
— zand	bouwland	9.290	middelhoog	130	—	—	13	1,208	13	1,208
— ca 15 cm veen	bouwland	11.265	laag	160	8	0,901	—	—	8	0,901
— >30 cm veen	bouwland	16.080	laag	215	4	0,643	—	—	4	0,643
— >30 cm veen	grasland	14.840	laag	75	35	5,194	1	0,148	36	5,342
III Lage zandgronden en zandgronden met keileem binnen 125 cm-m.v.										
— laag zand	grasland	5.730	laag	120	17	0,974	—	—	17	0,974
— keileem op 50- 75 cm-m.v.	grasland	3.610	middelhoog	110	—	—	19	0,686	19	0,686
— keileem op 75-100 cm-m.v.	grasland	4.605	middelhoog	125	—	—	15	0,691	15	0,691
— keileem op 100-125 cm-m.v.	grasland	6.540	middelhoog	140	—	—	11	0,719	11	0,719
— keileem op 50- 75 cm-m.v.	bouwland	2.530	middelhoog	155	—	—	9	0,228	9	0,228
— keileem op 75-100 cm-m.v.	bouwland	3.210	middelhoog	170	—	—	7	0,225	7	0,225
— keileem op 100-125 cm-m.v.	bouwland	4.545	middelhoog	185	—	—	7	0,318	7	0,318
IV Venige beekdalgronden										
— veengrond, met kwel	grasland	19.575	laag	125	15	2,936	—	—	15	2,936
— veengrond, zonder kwel	grasland	9.805	laag	75	35	3,432	1	0,098	36	3,530
— moerige gronden	grasland	5.495	laag	125	15	0,824	—	—	15	0,824
— moerige gronden	bouwland	4.330	laag	145	10	0,433	—	—	10	0,433
V Middelhoge zandgronden										
— podzolgronden	grasland	1.265	middelhoog	90	—	—	26	0,329	26	0,329
— podzolgronden	bouwland	770	middelhoog	125	—	—	14	0,108	14	0,108
— enkeerdgronden	bouwland	1.360	middelhoog	120	—	—	16	0,218	16	0,218
VI Hoge zandgronden	grasland	1.385	hoog	50	—	—	50	0,693	50	0,693
	bouwland	3.130	hoog	75	—	—	35	1,096	35	1,096
Totaal		137.835				17,459		6,807		24,266

Tabel 66

Figuur 37.



Figuur 37 geeft de relatie weer tussen de meerjarig gemiddelde aanvullende vochtvoorziening en de bodemvoorraad. Daaruit blijkt het effekt van de keuze van het droogteklassejaar, waarop de kapaciteit van de gemalen wordt afgestemd. Ook komt het verschil tussen grasland en bouwland tot uiting. Bij gelijke bodemvoorraad is de aanvullende vochtbehoefte van bouwland iets lager dan die van grasland. Dit is een gevolg van het kortere groeiseizoen van de granen.
Figuur 38 geeft de relatie weer tussen de meerjarig gemiddelde aanvullende vochtvoorziening en de benodigde pompkapaciteit. Vertikaal zijn de waarden vermeld in tabel 67 uitgezet en horizontaal de gewenste pompkapaciteit zoals die in par. VI.3. is berekend. Opmerkelijk is dat bij vergroting van de pompkapaciteit de op te pompen hoeveelheid water minder dan lineair toeneemt. Zo is bijvoorbeeld voor de overgang van het tus-10 plan naar het tus-'76 plan bijna de dubbele pompkapaciteit nodig (1500 m^3/min → 2800 m^3/min) terwijl er slechts een toename is van 25% van de meerjarig gemiddelde aanvoer (24,3 × 10^6 m^3 → 30,6 × 10^6 m^3).

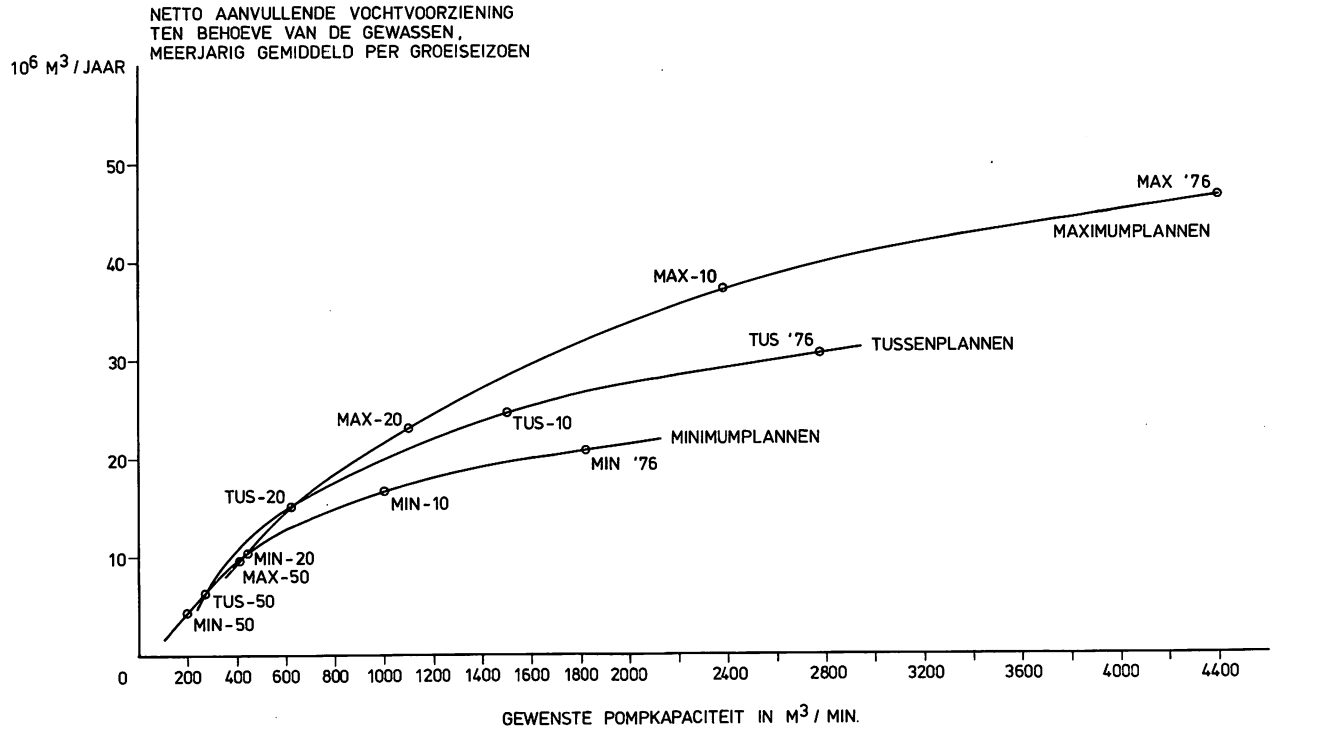
	Weidebouw		*Akkerbouw*		*Totaal*
Plan	*Aanv. vocht-voorz. $10^6 m^3$*	*Bruto meerop-brengst 10^6 gld*	*Aanv. vocht-voorz. $10^6 m^3$*	*Bruto-meerop-brengst 10^6 gld.*	*Bruto meerop-brengst 10^6 gld.*
min'76	16,4	16,4	4,5	6,8	23,2
min-10	13,2	13,2	3,4	5,1	18,3
min-20	8,7	8,7	1,8	2,7	11,4
min-50	3,8	3,8	0,7	1,1	4,9
tus'76	23,5	23,5	7,1	10,6	34,1
tus-10	18,9	18,9	5,4	8,1	27,0
tus-20	12,3	12,3	2,9	4,4	16,7
tus-50	5,3	5,3	1,2	1,8	7,1
max'76	32,4	32,4	14,2	21,3	53,7
max-10	25,7	25,7	11,3	16,9	42,6
max-20	16,7	16,7	6,6	9,8	26,5
max-50	7,1	7,1	2,8	4,2	11,3

Tabel 68

IX.2.3. Totale jaarlijkse geldelijke meeropbrengst, meerjarig gemiddeld per plan

Aan de hand van de in de vorige paragrafen verzamelde gegevens is de totale meeropbrengst op eenvoudige wijze te bepalen. Als voorbeeld volgt hier de batenberekening voor het tus-10 plan.
Bekend uit par. IX.2.1., *sub b:*
meeropbrengst per m^3 netto aanvullende vochtvoorziening:
— weidebouw ƒ 1,—
— akkerbouw ƒ 1,50
Bekend uit par. IX.2.2.:
meerjarig gemiddelde netto aanvullende vochtvoorziening (tabel 66):
— weidebouw 18,9 × 10^6 m^3
— akkerbouw 5,4 × 10^6 m^3
Totale meeropbrengst:
18,9 × 10^6 × ƒ 1,— + 5,4 × 10^6 × ƒ 1,50 = ƒ 27.000.000.—/jaar.
Op overeenkomstige wijze zijn voor alle plannen de meeropbrengsten berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in tabel 68.
Opmerkingen bij tabel 68:
— De waarden voor de aanvullende vochtvoorziening zijn ontleend aan tabel 66 en de overeenkomstige tabellen voor de overige plannen. Het betreft dus de netto meerjarige gemiddelden.
— De berekende baten zijn de bruto meeropbrengsten.

Figuur 38.



IX.2.4. Opmerkingen; mogelijke foutenbronnen en hun invloed

In het onderstaande wordt ingegaan op enkele komplikaties in de gevolgde benaderingswijze en op omstandigheden waarbij de praktijk afwijkt van de theorie.

Extreem vochttekort
In extreem droge perioden kan het voorkomen dat bepaalde gewassen aan een zodanig vochttekort lijden dat ze afsterven. Herbevochtiging hierna heeft uiteraard geen effekt. De werkelijke schade zal in dit geval groter zijn dan de schade welke op grond van het vochttekort wordt berekend.

Vochttekort tijdens een kritieke fase in de groei
Vochttekorten welke optreden tijdens een kritieke periode in de ontwikkeling van een gewas kunnen een meer dan evenredige opbrengstderving tot gevolg hebben. Dit kan zowel in de kwaliteit als in de kwantiteit van het te oogsten produkt tot uitdrukking komen. Het gewas aardappelen met z'n gevoeligheid voor schurft, doorwas en ongewenste loofgroei is hiervan een belangrijk voorbeeld. Bij aardappelen is de vochtvoorziening in de periode van de knolzetting, vooral tijdens en direkt na de bloei, kritiek ten aanzien van kwaliteit, sortering en uiteindelijke opbrengst. Bij een goede vochtvoorziening rijpt het gewas meestal iets eerder af waardoor de kans op een gezonde nateelt wordt vergroot.
Bieten zijn minder gevoelig voor een tijdelijk vochttekort. "Slapende bieten" is een verschijnsel dat jaarlijks wel eens voorkomt. Afsterven van loof mag echter niet voorkomen. Wordt een droogteperiode gevolgd door een periode met voldoende neerslag dan kan door hergroei een daling van het suikergehalte optreden; de opbrengsten in kg kunnen door verlenging van de groeiperiode nog meevallen.
Een vochttekort bij granen in de periode van schieten tot begin bloei geeft lagere opbrengsten, doordat de korrel/stro verhouding nadelig wordt beïnvloed. Tijdens de periode van korrelvulling moet nog voldoende vocht aanwezig zijn, wil de kwaliteit voldoende worden.
Bij grasland kan een beregeningsgift, na maaien en kunstmestvoorziening, de hergroei aanzienlijk versnellen.
Ten aanzien van alle gewassen geldt dat het bodemvochtgehalte tijdens de kiemperiode van grote invloed kan zijn op het eindresultaat. Een te droog zaaibed heeft onvolledige kieming tot gevolg hetgeen in ernstige gevallen herzaai noodzakelijk maakt. Dit betekent extra kosten en opbrengstderving door de inkorting van de groeiperiode.

Bedrijfsintensivering
Een ander aspekt dat bij de batenberekening buiten beschouwing is gebleven is de mogelijke aanpassing van het bedrijf aan de betere watervoorziening. Zo kan bijvoorbeeld op weidebedrijven de veebezetting worden uitgebreid.
Op akkerbouwbedrijven heeft een betere vochtvoorziening vaak een wijziging in het bouwplan tot gevolg. Men gaat minder graan verbouwen en breidt het areaal hakvruchten of grasland uit waardoor de opbrengst van de grond stijgt en de bedrijfsresultaten in de regel gunstiger worden. De teelt van hakvruchten kan maar in beperkte mate worden uitgebreid. Voor grasland geldt deze beperking niet.

De rentabiliteit van bedrijfsaanpassing is iets dat van bedrijf tot bedrijf zal verschillen. Soms zijn de kosten, gepaard gaande met de nodige aanpassingen, zodanig dat het eindresultaat negatief is.

Prijzen
De hoogte van de prijzen, welke voor de produkten zijn aangehouden heeft een belangrijke invloed op de geldelijke meeropbrengst.
Zoals in par. IX.2.1. is vermeld, zijn voor de prijzen gemiddelde waarden aangehouden, waarbij rekening is gehouden met de prijsontwikkeling in de afgelopen jaren. In 1976 is echter gebleken dat bij ernstige vochttekorten de prijzen, als gevolg van een scheve vraag/aanbod verhouding, sterk kunnen stijgen.
Ook al zijn de afwijkingen in minder droge jaren niet zo extreem, toch is het waarschijnlijk dat de aangehouden prijzen een onderwaardering van de meeropbrengsten tot gevolg hebben.

Wateroverlast
Hevige neerslag kort na een beregeningsgift kan tot gevolg hebben dat de te droge situatie omslaat naar een te natte toestand hetgeen de opbrengst in meerdere of mindere mate nadelig beïnvloedt.

Gezien de grote variatie in randverschijnselen en de moeilijkheid om de invloeden hiervan kwantitatief uit te drukken worden bij de verdere berekeningen de bruto meeropbrengsten aangehouden zoals die hierboven zijn berekend. In het kader van deze studie, waarbij het in eerste instantie gaat om een onderlinge vergelijking van de verschillende alternatieve plannen, is deze benadering aanvaardbaar.

IX.3. De meerkosten

IX.3.1. Beregeningskosten

In deze paragraaf worden de beregeningskosten per ha en per m^3 voor de verschillende Drentse omstandigheden vastgesteld. De hoogte van deze kosten is van bedrijf tot bedrijf verschillend en wordt beïnvloed door vele faktoren. In het onderstaande voorbeeld is een berekening opgezet voor een doorsnee landbouwbedrijf waarbij voor elk van de variabele faktoren een gemiddelde waarde is aangenomen. Tevens is een korte beschouwing gewijd aan de invloed van wijzigingen in de variabelen op de beregeningskosten. Tot slot wordt een totaaltelling gegeven van de kosten voor beregening in de verschillende watervoorzieningsplannen. De berekening van het voorbeeldbedrijf ligt hier aan ten grondslag.

Voorbeeldberekening beregeningskosten, voor één bedrijf:
- Stel als gegeven:
  - Bedrijfsoppervlakte - 15 ha
  - Type beregeningsinstallatie - haspelautomaat
  - Kapaciteit van de installatie:
    - maximale beregeningsgift: 35 mm per 10 dagen
    - te beregenen oppervlakte per dag: 15/10 = 1,5 ha
    - benodigde hoeveelheid water per dag: 1,5 ha à 35 mm is 525 m^3

- gewenste kapaciteit van de installatie:
  - bij 12 draaiuren per dag: 525/12 ≈ 45 m³/uur
  - bij 20 draaiuren per dag: 525/20 ≈ 25 m³/uur

- Kostenberekening
  - Investeringen:
    - haspelautomaat met een kapaciteit van ± 30 m³/uur (inkl. pomp etc.) ƒ 22.500,—
    - stationaire motor + ƒ 5.000,—
      ƒ 27.500,—
  - Jaarlijkse lasten hiervan:
    rente: 5,4% van ƒ 27.500,— = ƒ 1.485,—
    afschrijving: de slang wordt in 5 jaar afgeschreven, de overige delen in 10 jaar:
    - slang: 20% van ƒ 7.500,— = ƒ 1.500,—
    - haspel etc.:
      10% van ƒ 20.000,— = + ƒ 2.000,—
      ƒ 3.500,—
  - Onderhoud
    - jaarlijks 2% van de investering:
      2% van ƒ 27.500,— = ƒ 550,—
  - Energie
    De energiekosten zijn afhankelijk van de volgende faktoren:
    - de hoeveelheid water welke per jaar wordt verstrekt
    - de kapaciteit waarmee wordt gepompt
    - de benodigde opvoerhoogte (pompdruk)
    - het rendement van de pomp
      Het aan de pompas benodigde vermogen wordt met de volgende formule berekend:

$$P = \frac{\rho \times g \times q \times H}{\eta}$$

(zie par. VIII.2.1. voor de verklaring van de symbolen).

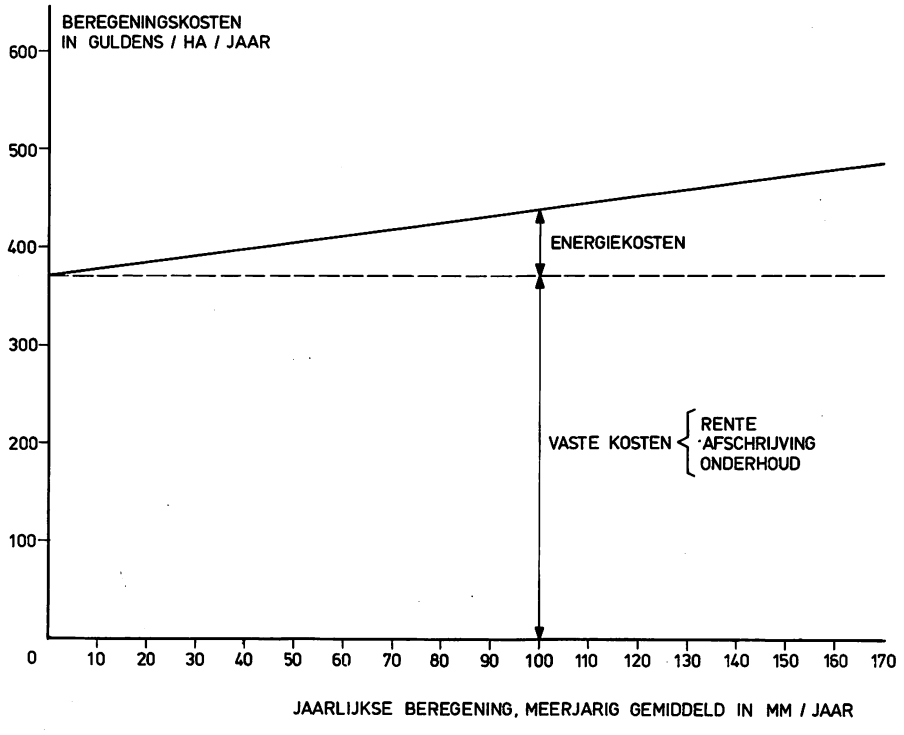
In ons voorbeeld is het benodigde vermogen:

$$P = \frac{1000\ \frac{kg}{m^3} \times 10\ m/s^2 \times \frac{30}{3600}\ m^3/s \times 100\ m}{0{,}5} = 16{,}7\ kW.$$

Het motorvermogen neemt men, bij het gebruik van een stationaire motor, in het algemeen 10% hoger. Indien men deze toeslag niet geeft is er een grote kans op heet worden van de motor en op sterke toename van de slijtage.

De energiekosten per mm beregening zijn nu als volgt te berekenen:
- 1 mm op 15 ha is 150 m³
- voor een gift van 150 m³ moet de installatie 150/30 = 5 uur draaien
- hiertoe is nodig aan energie: 5 × 16,7 = 83,5 kWh (= 300,6 MJ).
- als vuistregel voor het energieverbruik wordt vaak genomen: ⅓ liter gasolie per kWh
- bij een prijs van ƒ 0,37 per liter betekent dit dus ƒ 0,1233 per kWh
- de energiekosten per mm beregening bedragen dus 83,5 × ƒ 0,1233 = ƒ 10,30
  omgerekend naar m³'s is dit 10,30/150 = ƒ 0,069/m³ en per mm per ha is dit ƒ 0,69.
- voor de berekening van de jaarlijkse energiekosten is verder bepalend hoeveel mm gemiddeld per jaar zal worden beregend.
  Deze hoeveelheid is afhankelijk van bodemtype en grondgebruik (zie figuur 37). Indien bijvoorbeeld de netto behoefte, meerjarig gemiddeld, 30 mm bedraagt, dan moet de bruto berege-

Figuur 39.



ning, inklusief 15-20% verliezen, 35 mm zijn. De jaarlijkse energiekosten zijn nu: 35 x ƒ 10,30 = ƒ 360,—.

— De totale jaarlijkse beregeningskosten voor het "voorbeeld" bedrijf zijn nu:

— rente	ƒ 1.485,—
— afschrijving	ƒ 3.500,—
— onderhoud	+ ƒ 550,—
vaste kosten	ƒ 5.535,—
Omgeslagen over 15 ha is dit ca. ƒ 370,— per ha.	
— energie	+ ƒ 360,—
totale kosten	ƒ 5.895,—

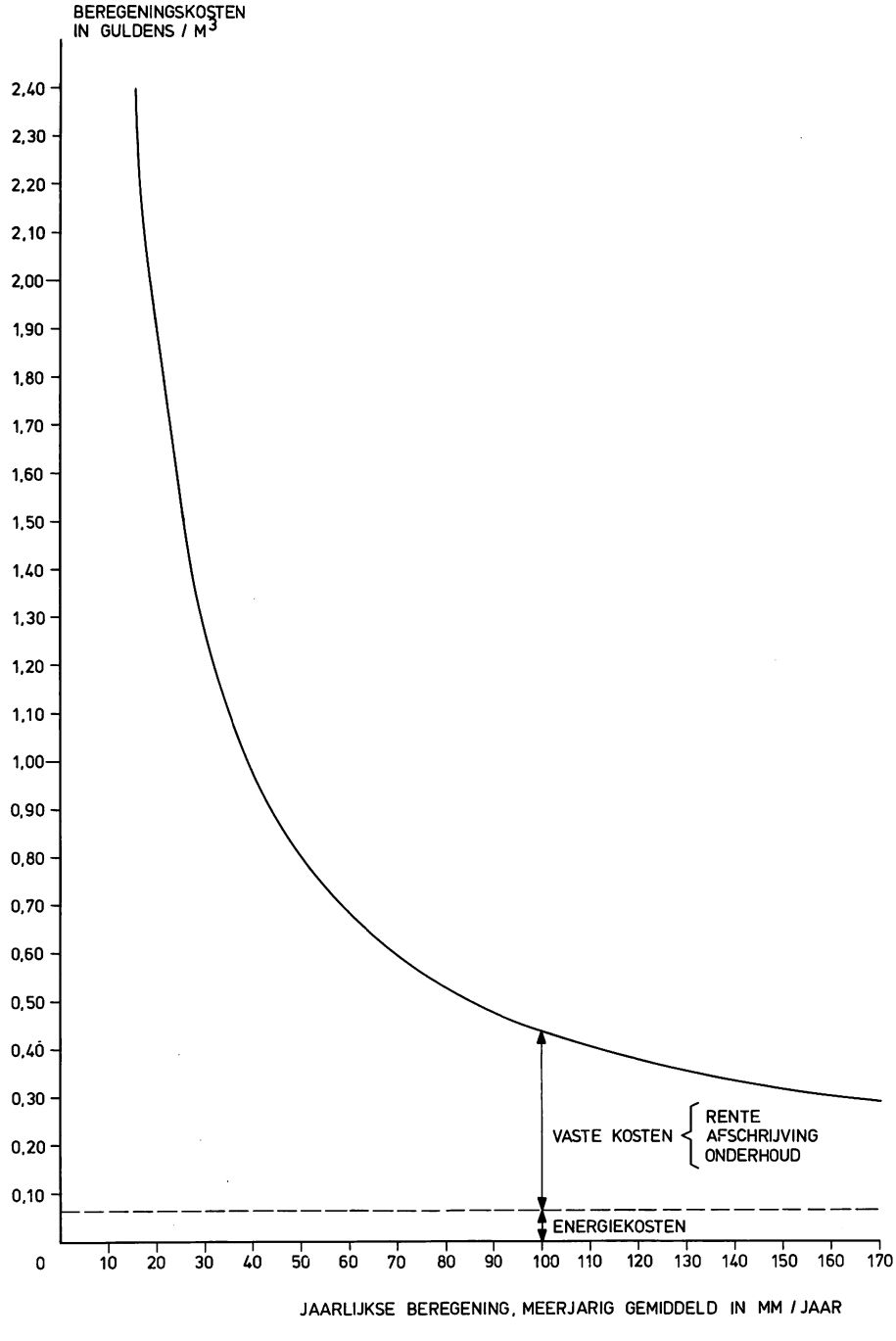
Omgeslagen over 15 ha is dit ca. ƒ 395,— per ha; per netto m^3 is dit:

$$\frac{\text{ƒ } 5.895,—}{30 \text{ mm} \times 15 \text{ ha} \times 10 \text{ m}^3/\text{mm/ha}} = \text{ƒ } 1,31.$$

Opmerkingen betreffende de variabelen die de beregeningskosten beïnvloeden:

— De jaarlijkse beregeningsgift in mm (meerjarig gemiddelde).
De jaarlijkse beregeningsgift beïnvloedt zowel de kosten per ha als de kosten per m^3 beregeningswater. In par. IX.2.2. is het meerjarig gemiddelde van de netto beregeningsbehoefte in mm berekend, voor de verschillende bodemtypen bij een

Figuur 40.



Globale arbeidsbehoefte van verschillende soorten beregeningsinstallaties

Soort installatie	*Manuren per ha per keer beregenen*		*Draaiuren per opstelling*
	Bouwland	*Grasland*	
buis	3,0	2,0	3-5
buis-slang	2,4	1,6	3-5
buis-slang met haspelwagen	1,8	1,2	3-5
slang-slang met haspelwagen	1,2	0,8	3-5
slang met één grote sproeier	—	0,7	1-3
systeem Baars	—	0,8	3-5
draaiende boom	0,8	0,8	3-5
haspelautomaat tot 35 m^3/uur	0,2-0,3	0,2-0,3	10-24
haspelautomaat boven 35 m^3/uur	0,3-0,5	0,3-0,5	6-12

Tabel 69

verschillend grondgebruik (zie tabel 66 en fig. 37). De waarden moeten met 15 à 20% worden vermeerderd om de bruto-beregeningsgift te berekenen. In de figuren 39 en 40 is nu aangegeven hoe, uitgaande van de gegevens van het hierboven behandelde voorbeeld, de beregeningskosten per ha en per m^3 variëren in relatie tot de beregeningsgift.

In fig. 39 is het verband weergegeven tussen de totale beregeningskosten per ha per jaar en de jaarlijkse beregeningsgift in mm. De getallen zijn ontleend aan de bovenstaande voorbeeldberekening. De kosten voor rente, afschrijving en onderhoud zijn konstant verondersteld, en de energiekosten lineair toenemend met de beregeningsgift.
De energiekosten per ha per jaar zijn te berekenen als het produkt van de energiekosten per mm beregening en het aantal mm beregening per jaar: ƒ 0,69/mm/ha x . . . mm/jaar = ƒ . . .,— /ha/jaar. Het aantal mm beregening is aangegeven op de horizontale as in de grafiek. De vaste kosten zijn konstant: ƒ 370,— /ha/jaar.
In fig. 40 is het verband weergegeven tussen de beregeningskosten per m^3 water en de jaarlijkse gift in mm. Deze grafiek is afgeleid uit fig. 39. De energiekosten per m^3 beregening zijn konstant: ƒ 0,069 /m^3. De vaste kosten per m^3 beregening zijn te berekenen als quotiënt van de vaste kosten per ha per jaar en de beregeningsgift in m^3 per ha per jaar:

$$\frac{\text{ƒ } 370{,}-\text{ /ha/jaar}}{\ldots \text{ m}^3\text{/ha/jaar}} = \text{ƒ } \ldots,-/\text{m}^3$$

Vergelijken we de beregeningskosten op gronden met een goede bodemvochtleverantie met de kosten op droogtegevoelige gronden, dan blijkt dat op de goede gronden de kosten per ha lager zijn (door de kleinere beregeningsbehoefte), maar dat de kosten per m^3 water veel hoger liggen.
In hoofdstuk X wordt nader ingegaan op de kosten/baten vergelijking van beregening op de verschillende bodemtypen.

— Type beregeningsinstallatie
Bovenstaande voorbeeld-berekening is opgezet voor een haspelautomaat. Indien wordt uitgegaan van een buizeninstallatie, liggen de kosten aanmerkelijk lager. De investeringskosten zowel als de energiekosten bedragen voor een buizeninstallatie ca. de helft van de overeenkomstige bedragen voor de haspelautomaat. De jaarlijkse kosten per m^3 moeten in dit geval dus ook ongeveer worden gehalveerd.
Een groot nadeel van de buizeninstallatie is echter de grotere arbeidsbehoefte (zie tabel 69.).

In het rekenvoorbeeld kan de boer met een haspelautomaat volstaan met een hoeveelheid arbeid van 0,5 — 1 manuur per dag, terwijl dit met een buizeninstallatie ca. 6 manuur bedraagt. De keuze van het type installatie wordt voornamelijk bepaald door de beschikbare hoeveelheid arbeid op het bedrijf.
De verwachting is dat in de toekomst verreweg het grootste deel van de beregening met behulp van haspelautomaten zal plaatsvinden.

— Bedrijfsgrootte.
In de voorbeeldberekening is uitgegaan van een gemiddelde bedrijfsgrootte van 15 ha beregende oppervlakte. De praktijk zal hiervan afwijken, zowel naar boven als naar beneden. De beregeningskosten op de kleinere bedrijven liggen per ha en per m^3 iets hoger dan de berekende bedragen. Voor de grotere bedrijven geldt het tegengestelde. Dit vloeit voort uit het feit dat bij toenemende bedrijfsgrootte de investeringskosten minder snel toenemen dan de bedrijfsoppervlakte. Voor de berekening van de beregeningskosten over de gehele provincie is de bedrijfsgrootte van 15 ha als norm aangehouden. De verwachting is dat de fouten in de kosten naar boven en naar beneden, elkaar zullen kompenseren.

— Bedrijfsstruktuur.
De volgende bedrijfsstrukturele faktoren kunnen van grote invloed zijn op de beregeningsmogelijkheden: de verkaveling, de percelering, de ontsluiting en de ligging van de percelen ten opzichte van de waterlopen en/of sloten. Een ongunstige situatie ten aanzien van deze faktoren komt tot uiting in een vergrote arbeidsbehoefte. Zo zal vooral het verplaatsen, het afstellen en het kontroleren van de apparatuur veel extra arbeid vragen. Dit is één van de redenen dat men op veel bedrijven de beregening beperkt tot een gunstig gelegen deel van het bedrijfsoppervlak. Ten aanzien van de investerings-, energie-, en onderhoudskosten zijn bovengenoemde bedrijfsstrukturele faktoren van geringe invloed.

— Arbeidskosten.
In de voorbeeldberekening zijn voor de faktor

arbeid geen kosten opgenomen. In een ekonomische evaluatie moet arbeid worden gewaardeerd tegen zijn alternatieve produktiewaarde. De vraag is dus wat deze arbeid zou produceren (kosten) indien ze niet werd aangewend voor de beregening; of wel de produktie welke, ten gevolge van de beregening, achterwege blijft. Aangezien op de meeste bedrijven de beregening niet ten koste zal gaan van andere produktiedoeleinden zijn de arbeidskosten op nul gesteld. De individuele boer is over de waarde van zijn arbeid uiteraard een andere mening toegedaan. Hij zal onder meer door vergelijking van de extra opbrengsten en de hiertoe benodigde extra arbeidsuren besluiten tot wel of niet beregenen.

Totale beregeningskosten (per plan).

Uit bovenstaande beschouwing blijkt dat de kosten per m^3 beregeningswater door diverse faktoren worden beïnvloed.

In eerste instantie worden, als gemiddelde waarden, de bedragen aangehouden zoals ze voor het voorbeeldbedrijf zijn berekend. Hierbij is rekening gehouden met de verschillen in beregeningsbehoefte.

De berekening van de totale beregeningskosten per plan is nu mogelijk door kombinatie van de gegevens vermeld in de tabellen 66 c.s. en gegevens, ontleend aan fig. 40.

— In de genoemde tabellen is, per bodemtype, per type grondgebruik de meerjarig gemiddelde netto beregeningsbehoefte in mm en in m^3 vermeld. Deze hoeveelheden moeten worden vermeerderd met 15-20% verliezen welke tijdens de beregening optreden.

— In fig. 40 is de relatie tussen de meerjarig gemiddelde vochtgift (in mm) en de kosten voor beregening (in guldens per m^3) weergegeven.

Als voorbeeld volgt hier de berekening van de beregeningskosten (meerjarig gemiddeld) voor het tus-10 plan:

— meerjarig gemiddelde van de netto aanvullende vochtvoorziening welke door beregening moet worden verstrekt: $6{,}8 \times 10^6\ m^3$

— bruto beregening: $6{,}8 \times 10^6\ m^3 + 17{,}5\% = 8{,}0 \times 10^6\ m^3$

— omgeslagen over de 71.135 ha, die door middel van beregening van water worden voorzien (zie tabel 66), is dit 11,24 mm.

— de kosten per m^3 zijn nu:

$$\frac{\text{f } 370{,}-\ /\text{ha/jaar}}{(11{,}24 \times 10)\ m^3/\text{ha/jaar}} + \text{f } 0{,}069/m^3 = \text{f } 3{,}36\ /m^3$$

(zie ook fig. 40)

— de totale beregeningskosten zijn dus: $8{,}0 \times 10^6 \times 3{,}36 = \text{f } 26{,}9 \times 10^6$.

Op dezelfde wijze zijn voor de andere elf plannen de beregeningskosten berekend. De resultaten zijn vermeld in tabel 70.

IX.3.2. Overige meerkosten

Onder de overige meerkosten worden verstaan de extra kosten op het landbouwbedrijf welke, naast de beregeningskosten, voortvloeien uit de verbeterde watervoorziening. Ze worden voornamelijk veroorzaakt door de extra bemestings-, oogst-, transport- en bewaringskosten.

Het zal duidelijk zijn dat deze meerkosten, die per gewas en per bodemtype variëren, moeilijk exakt zijn te bepalen. Geschat wordt dat de kosten, gemiddeld over de verschillende gewassen, 5 à 10% van de bruto meeropbrengsten bedragen. Uitgaande van een gemiddeld percentage van 7,5% zijn, aan de hand van

Tabel 70

Jaarlijkse beregeningskosten, meerjarig gemiddeld

Plan	*Beregening*		*Profiterende oppervlakte*	*Bruto beregening*	*Prijs per m^3*	*Totale kosten*
	Netto	*Bruto*				
	$10^6 m^3$	*$10^6 m^3$*	*ha*	*mm*	*gld*	*10^6gld*
min'76	7,3	8,6	80.425	10,65	3,54	30,3
min-10	3,5	4,1	43.705	9,34	4,03	16,4
min-20	2,1	2,5	43.705	5,73	6,53	16,4
min-50	0,8	0,9	21.245	4,41	8,46	7,9
tus'76	12,5	14,7	121.755	12,05	3,14	46,1
tus-10	6,8	8,0	71.135	11,24	3,36	26,9
tus-20	4,1	4,9	71.135	6,84	5,48	26,7
tus-50	1,6	1,9	42.240	4,45	8,38	15,8
max'76	25,7	30,2	185.800	16,26	2,34	70,7
max-10	16,8	19,7	125.200	15,79	2,41	47,6
max-20	10,5	12,3	125.200	9,85	3,83	47,2
max-50	4,3	5,1	93.100	5,46	6,85	34,8

Tabel 71

Jaarlijkse meerkosten, meerjarig gemiddeld in 10^6 guldens

		Min-				*Tus-*				*Max-*			
Meerkosten	*Plan*	*'76*	*-10*	*-20*	*-50*	*'76*	*-10*	*-20*	*-50*	*'76*	*-10*	*-20*	*-50*
beregeningskosten		30,3	16,4	16,4	7,9	46,1	26,9	26,7	15,8	70,7	47,6	47,2	34,8
overige meerkosten		1,7	1,4	0,9	0,4	2,6	2,0	1,2	0,5	4,0	3,2	2,0	0,8
totale meerkosten		32,1	17,8	17,2	8,3	48,6	28,9	27,9	16,3	74,7	50,8	49,2	35,7

de bruto meeropbrengsten uit tabel 68, de overige meerkosten berekend. Deze zijn vermeld in tabel 71.

IX.3.3. Totale meerkosten

De totale meerkosten zijn te berekenen als de som van de beregeningskosten en de overige meerkosten. Deze kosten zijn weergegeven in tabel 71. Tot slot moet worden opgemerkt dat hier geen meerkosten in rekening zijn gebracht voor extra slootonderhoud dat door de boer gepleegd moet worden om optimaal van de watervoorziening te profiteren. Deze kosten zijn meegenomen in de kosten voor het tertiaire leidingenstelsel.

IX.4. De netto meeropbrengsten

Onder de netto meeropbrengsten worden hier verstaan de netto baten welke op het landbouwbedrijf zijn te verwachten indien de voorgestelde watervoorziening volledig wordt aangewend.

Basisvergelijking: Netto meeropbrengst = bruto meeropbrengst — meerkosten. De bruto meeropbrengst en de meerkosten zijn behandeld in de paragrafen IX.2 en IX.3; in de tabellen 68 en 71 zijn de respektievelijke eindbedragen vermeld. Kombinatie van de gegevens uit deze beide tabellen levert de gezochte netto meeropbrengst; deze wordt weergegeven in tabel 72.

Op grond van de resultaten, vermeld in de laatste kolom van tabel 72, waarin voor de aanvoer van water tot aan de kavels nog geen kosten in rekening zijn gebracht, zou men tot de konklusie komen dat — behoudens bij het min-10 plan — de toepassing van de watervoorziening een onrendabele zaak is. Een dergelijke konklusie is echter te voorbarig. De oorzaak van de negatieve netto meeropbrengsten ligt voornamelijk bij de hoge beregeningskosten. Deze kosten worden grotendeels veroorzaakt door de vaste kosten welke gepaard gaan met de investering. Vooral op de gronden waar het gemiddelde jaarlijkse watertekort gering is, resulteert dit in hoge kosten per m^3 beregeningswater (zie fig. 40). Dit geldt met name voor de van nature vochthoudende gronden en voor de gronden die ten dele door infiltratie van water kunnen worden voorzien. Het beregenen van deze gronden, waarbij de kosten per m^3 watergift hoger zijn dan de meeropbrengsten per m^3, leidt tot een ongunstige beïnvloeding van de netto meeropbrengsten (tabel 72). Een nader onderzoek hiernaar is dus gewenst en komt in hoofdstuk X aan de orde.

Plan	*Bruto meeropbrengsten 10^6 gld*	*Meerkosten 10^6 gld*	*Netto meeropbrengsten 10^6 gld*
min'76	23,2	32,1	— 8,9
min-10	18,3	17,8	+ 0,5
min-20	11,4	17,2	— 5,8
min-50	4,9	8,3	— 3,4
tus'76	34,1	48,6	— 14,5
tus-10	27,0	28,9	— 1,9
tus-20	16,7	27,9	— 11,2
tus-50	7,1	16,3	— 9,2
max'76	53,7	74,7	— 21,0
max-10	42,6	50,8	— 8,2
max-20	26,5	49,2	— 22,7
max-50	11,3	35,7	— 24,4

Tabel 72

X. De omvang van de beregening en de invloed daarvan

X.1 Algemeen

Tot nog toe is in deze studie er steeds van uitgegaan dat alle landbouwgronden, in de bij realisering van de plannen van water te voorziene gebieden, zullen worden bediend. In par. IX. 4. blijkt dat dan de netto meeropbrengsten in de landbouw ongunstig uitvallen en wordt aangeduid dat dit voortvloeit uit de ongunstige kosten/baten verhouding van beregening van vochthoudende gronden en van mede door infiltratie van water te voorziene gronden. Dit is de reden dat in het kader van deze studie is nagegaan wat de gevolgen zijn, van het beperken van het te beregenen oppervlak. Daarbij zijn zowel de gevolgen ten aanzien van de wateraanvoer als ten aanzien van de kosten en baten van de afzonderlijke plannen bezien.
Eerst is nagegaan op welke gronden beregening bedrijfsekonomisch gezien wel, en op welke gronden zij niet rendabel is (par. X.2.1.). Vervolgens is nagegaan wat de invloed is van een beperking van het door beregening van water te voorziene areaal tot die gronden waarop zij rendabel wordt geacht, op de vochtbehoefte (par. X.2.2.), op de pompkapaciteit (par. X.2.3.) en op de netto meeropbrengsten (par. X.2.4.). Tenslotte zijn de resultaten van de berekeningen nog eens grafisch weergegeven (par. X.2.5.).
Om de invloed van een beperking van het te beregenen areaal te kunnen plaatsen in het kader van deze studie is het nodig inzicht te hebben in de huidige omvang van de beregening en in de te verwachten ontwikkelingen. Hierop is ingegaan in par. X. 3. In deze paragraaf zijn beregeningspercentages vastgesteld voor de nabije en de verdere toekomst.
Vervolgens is de invloed van deze geschatte beregeningspercentages op de waterbehoefte en op de pompkapaciteit (par. X. 4.1.) behandeld, daarna de invloed op de baten in de landbouw (par. X.4.2.) en tenslotte de invloed op de kosten van wateraanvoer (par. X.4.3.).

X.2. Rendabele en onrendabele beregening

X.2.1. Op welke gronden is beregening rendabel?

In onderstaande beschouwing is nagegaan op welke gronden, bij welke wijze van grondgebruik en bij welke aanvoerkapaciteit van het water beregening rendabel is. Onder rendabel wordt hier verstaan de beregening waarbij de meeropbrengsten op het landbouwbedrijf hoger zijn dan de meerkosten. Dit probleem is op grafische wijze opgelost. In de figuren 41 en 42 zijn voor respektievelijk de weidebouw en de akkerbouw de beregeningskosten en de bruto meeropbrengsten weergegeven in relatie tot de bodemvochtvoorraad. Vertikaal zijn de jaarlijkse kosten en baten aangegeven, berekend over een lange reeks van jaren, de meerjarige gemiddelden dus. Horizontaal is de bodemvoorraad aangegeven, d.w.z. de hoeveelheid vocht die in de bodem beschikbaar is voor het gewas. Voor beide gebruiksvormen, akkerbouw en weidebouw, zijn de berekeningen uitgevoerd voor de vier droogteklassejaren waarop de aanvoerkapaciteit in de verschillende plannen is afgestemd. Hierbij is verondersteld dat, indien de gemaalkapaciteit wordt afgestemd op bijvoorbeeld een 10%-droog jaar, ook de beregening deze droogteklasse als grens heeft te aanvaarden. Het blijkt dat deze beperking van de beregeningskapaciteit een zeer nadelige invloed heeft op het rendement van de installaties.
De twee figuren zijn getekend op basis van de cijfers van de paragrafen IX. 2. en IX. 3.:

- de relatie bruto meeropbrengst/ bodemvoorraad door kombinatie van de tabellen 66 c.s. of fig. 37 en de meeropbrengstnormen van par. IX. 2. 1.
- de relatie beregeningskosten/bodemvoorraad door kombinatie van de tabellen 66 c.s. of fig. 37 en de beregeningskosten van par. IX.3.1. (fig. 39).

De snijpunten van de lijnen geven aan bij welke bodemvoorraad de beregeningskosten gelijk zijn aan de meeropbrengsten. Is de bodemvoorraad groter dan deze "kritieke" waarde, dan is de beregening onrendabel. De kritieke bodemvoorraden zijn vermeld in tabel 73.
Aan de hand van deze tabel en de bekende bodemvoorraden (tabel 66 c.s.) is na te gaan op welke gronden beregening rendabel is. Dit blijkt slechts het geval te zijn op de hoge gronden (hydrologische bodemgroep VI) in de '76 plannen en de -10 plannen. In de -20 plannen en de -50 plannen is de beregening nergens rendabel. Dit wordt veroorzaakt door de lage

Tabel 73

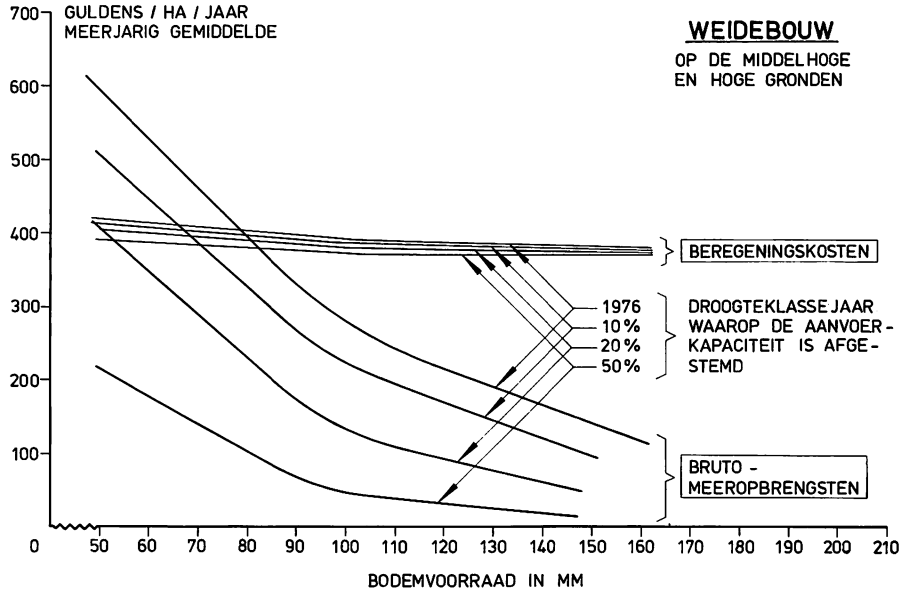
	Kritieke bodemvoorraad	
Plan	*Weidebouw*	*Akkerbouw*
min'76, tus'76 en max'76 plan	80 mm	105 mm
min-10, tus-10 en max-10 plan	65 mm	95 mm
min-20, tus-20 en max-20 plan	50 mm	70 mm
min-50, tus-50 en max-50 plan	—	—

aanvoerkapaciteit in deze plannen. Bij de uitvoering van deze plannen, waarbij de aanvoerkapaciteit is afgestemd op resp. het 20%-droog jaar en het 50%-droog jaar wordt namelijk in drogere jaren onvoldoende water aangevoerd voor optimale beregening. Dit heeft tot gevolg dat de bruto meeropbrengsten aanmerkelijk dalen. De kosten van de beregening dalen ook enigszins, doch in veel mindere mate (zie fig. 41 en 42). De oppervlakten, waarvan de beregening als rendabel kan worden aangemerkt, zijn vermeld in tabel 74. In deze tabel is ook aangegeven welke oppervlakten moeten worden beregend wanneer alle landbouwgronden binnen het in het betreffende plan opgenomen gebied van water moeten worden voorzien, hetgeen in de voorafgaande beschouwingen steeds het uitgangspunt is geweest. Naast de oppervlakten in ha zijn ook de percentages vermeld, die zij uitmaken van het totale areaal kultuurgrond (203.200 ha) in de provincie.

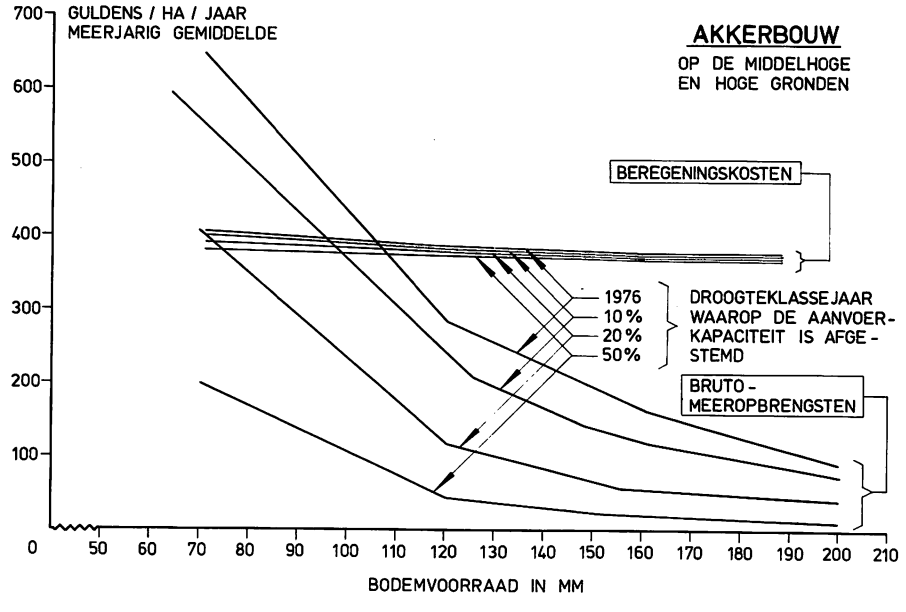
Opmerkingen:

— Uit de figuren 41 en 42 zou men kunnen konkluderen dat er een scherpe grens bestaat tussen de wel en de niet rendabele beregening. Dit is echter niet het geval. Algemeen wordt aanvaard dat beregening op de goede vochthoudende gronden onrendabel is en op de sterk droogtegevoelige gronden rendabel. Een exakte grens hiertussen is echter niet te bepalen. Hierbij spelen zoveel, vaak in de tijd variërende, faktoren

Figuur 41.



Figuur 42.



Oppervlakte beregening in ha en in procenten van de totale oppervlakte landbouwgrond (≈ 203.200 ha)

	Met alleen de rendabele beregening		*Bij "volledige" vochtvoorziening*	
Plan	*ha*	*%*	*ha*	*%*
min'76	1.970	1,0	80.425	39,6
min-10	1.970	1,0	43.705	21,5
min-20	—	—	43.705	21,5
min-50	—	—	21.245	10,5
tus'76	4.515	2,2	121.755	59,9
tus-10	4.515	2,2	71.135	35,0
tus-20	—	—	71.135	35,0
tus-50	—	—	42.240	20,8
max'76	16.700	8,2	185.800	91,4
max-10	16.700	8,2	125.200	61,6
max-20	—	—	125.200	61,6
max-50	—	—	93.100	45,2

Tabel 74

een rol dat een vaste waarde voor de kritieke bodemvoorraad niet is vast te stellen. Desondanks geven de waarden van tabel 73 een aanvaardbare indikatie voor deze grens.

— Bij de berekening van de beregeningskosten zijn voor de aanvoer van het oppervlaktewater geen kosten opgenomen. Deze kosten zijn in het algemeen het hoogst voor de hoge droogtegevoelige gronden. Doorberekening van deze kosten betekent dat de oppervlakte rendabele beregening nog verder afneemt. In deze paragraaf is dit verder buiten beschouwing gebleven.

— De figuren 41 en 42 en dus ook tabel 73 gelden alleen voor de middelhoge en de hoge gronden, waar de watervoorziening alleen door middel van beregening is te realiseren. Op de lage gronden, waar ook infiltratie naar het gewas plaats heeft, is de rentabiliteit van de beregeningsapparatuur geringer. Weinig beregening per jaar betekent namelijk dat de kosten per m^3 hoog zullen zijn.

— Uit de figuren 41 en 42 blijkt het belang voor de rentabiliteit van de beregening van het beschikbaar zijn van water, ook in de zeer droge jaren. Aangezien voor de aanvoer van oppervlaktewater in dergelijke jaren omvangrijke infrastruktu-rele voorzieningen zouden moeten worden getroffen moet ook overwogen worden of het mogelijk is deze piekbehoefte uit het grondwater te dekken.

— In fig. 42 is voor de akkerbouw een gemiddeld batenbedrag aangehouden d.w.z. een batenbedrag voor het gemiddelde bouwplan. Dit is niet geheel juist. De baten voor de hakvruchten liggen iets boven en voor de granen iets beneden dit gemiddelde.

— In het beslissingsproces over het wel of niet beregenen speelt de individuele boer een belangrijke rol. Hij laat zich hierbij niet leiden door nationaal-ekonomische overwegingen. Voor hem gelden primair de bedrijfsresultaten waarbij faktoren als de kontinuïteit van het bedrijf, de belastingvoordelen bij het doen van investeringen, de wens tot intensivering, markt- en prijsontwikkelingen, het arbeidsaanbod e.d. van belang zijn. Daarnaast heeft hij te maken met wettelijke regelingen omtrent het onttrekken van grond- of oppervlaktewater.

X.2.2. Invloed van de beperking van de te beregenen oppervlakte op de vochtbehoefte

In par. X. 2. 1. is gebleken dat slechts de beregening op de hoge gronden, hydrologische bodemgroep VI, rendabel wordt geacht. In tabel 75 is weergegeven de invloed van een beperking van de beregening tot deze gronden op de behoefte aan aanvullende watervoorziening.
In kolom 2 zijn ter vergelijking aangegeven de hoeveelheden, die bij volledige beregening moeten worden aangevoerd, als berekend in par. IX.2.2. en weergegeven in tabel 67. In kolom 10 is aangegeven met welke percentages de in kolom 2 aangegeven hoeveelheden worden verminderd bij beperking van de beregening tot de bedoelde hoge gronden.
In tabel 76 is vervolgens aangegeven wat de invloed is op de totale aanvullende watervoorziening, zoals die in par. VI.4. is berekend voor alle belangengroepen tezamen. In kolom 2 zijn aangegeven de laatstbe-

Tabel 75

Meerjarig gemiddelde netto aanvullende vochtvoorziening t.b.v. de landbouw in $10^6 m^3$ per jaar

	Inklusief de onrendabele beregening	*Exklusief de onrendabele beregening*							
		Weidebouw			*Akkerbouw*				
Plan	*Totaal*	*Infiltratie*	*Beregening*	*Totaal*	*Infiltratie*	*Beregening*	*Totaal*	*Totaal*	*Afname in % (2→9)*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
min'76	21,0	11,8	0,4	12,2	1,8	0,5	2,4	14,6	30
min-10	16,6	11,6	0,3	11,9	1,5	0,5	2,0	13,9	16
min-20	10,5	7,6	—	7,6	0,8	—	0,8	8,4	20
min-50	4,5	3,4	—	3,4	0,3	—	0,3	3,7	18
tus'76	30,6	15,8	0,8	16,6	2,3	1,3	3,6	20,2	34
tus-10	24,3	15,5	0,7	16,2	2,0	1,1	3,1	19,2	21
tus-20	15,2	10,1	—	10,1	1,0	—	1,0	11,1	27
tus-50	6,5	4,5	—	4,5	0,4	—	0,4	4,9	25
max'76	46,6	18,4	2,4	20,7	2,5	5,2	7,7	28,5	39
max-10	37,0	18,0	2,0	20,0	2,1	4,4	6,6	26,6	28
max-20	23,2	11,6	—	11,6	1,1	—	1,1	12,7	45
max-50	9,8	5,1	—	5,1	0,4	—	0,4	5,5	44

Meerjarige gemiddelden van de totale aanvullende vochtvoorziening in $10^6 m^3$ per jaar

Plan	Inklusief de onrendabele beregening	Onrendabele beregening		Exklusief de onrendabele beregening	Procentuele afname
		Netto	Bruto	(2-4)	(2→5)
1	2	3	4	5	6
min'76	35,4	6,4	7,0	28,4	20
min-10	32,1	2,7	3,1	29,0	10
min-20	23,4	2,1	2,4	21,0	10
min-50	17,4	0,8	0,9	16,5	5
tus'76	50,4	10,4	11,4	39,0	23
tus-10	46,2	5,1	5,9	40,3	13
tus-20	32,9	4,1	4,7	28,8	14
tus-50	22,8	1,6	1,9	20,9	8
max'76	81,9	18,1	19,9	62,0	24
max-10	75,4	10,4	12,0	63,4	16
max-20	56,0	10,5	12,1	43,9	22
max-50	35,8	4,3	5,1	30,7	14

Tabel 76

Gewenste pompkapaciteit

Plan	Inklusief de onrendabele beregening m^3/min	Ten behoeve van de onrendabele beregening m^3/min	Exklusief de onrendabele beregening m^3/min (2-3)	Procentuele afname (2→4)
1	2	3	4	5
min'76	1825	787	1038	43
min-10	994	168	826	17
min-20	435	69	366	16
min-50	211	9	202	4
tus'76	2782	1303	1479	47
tus-10	1487	315	1172	21
tus-20	619	123	496	20
tus-50	273	19	254	7
max'76	4382	2139	2243	49
max-10	2390	620	1770	26
max-20	1097	356	741	32
max-50	431	67	364	15

Tabel 77

doelde hoeveelheden als vermeld in tabel 34. In kolom 6 is aangegeven met welk percentage deze hoeveelheden worden verminderd bij beperking van de beregening tot de genoemde hoge gronden.

X.2.3. *Invloed van de beperking van de te beregenen oppervlakte op de gewenste pompkapaciteit*

Bij het achterwege blijven van de onrendabele beregening zal ook de gewenste pompkapaciteit afnemen. Deze is evenals in par. VI.3. berekend op basis van de vochtbehoefte gedurende de droogste maand in het groeiseisoen. Voor de berekening van de afname van de gewenste pompkapaciteit is nagegaan in welke mate de vochtbehoefte in deze maand afneemt wanneer de onrendabele beregening achterwege blijft. Deze berekening is uitgevoerd door kombinatie van de gegevens van tabel 73 en die van de tabellen 5a t/m 5d. De verliezen die bij de beregening zouden optreden zijn daarin verdiskonteerd. In tabel 77 zijn de resultaten weergegeven.
In kolom 2 is de in par. VI.3. berekende pompkapaciteit, vermeld in tabel 30, nogmaals weergegeven. In kolom 5 is de procentuele vermindering van deze kapaciteit weergegeven bij beperking van de beregening tot hetgeen rendabel wordt geacht.

X.2.4. *Invloed van de beperking van de te beregenen oppervlakte op de netto meeropbrengsten*

De kosten en de baten in de landbouw worden in sterke mate beïnvloed door de omvang van de beregening. Nalaten van de onrendabele beregening heeft de volgende gevolgen:

- De bruto meeropbrengsten nemen af door de vermindering van de hoeveelheid aanvullend toegediend water. De resterende bruto meeropbrengsten zijn bepaald door kombinatie van de gegevens van tabel 75, kolommen 5 en 8, met de meeropbrengstnormen van par. IX.2.1. , weidebouw ƒ 1,— en akkerbouw ƒ 1,50 per m^3 netto aanvullende vochtvoorziening.
- De meerkosten nemen af doordat zowel de beregeningskosten als de overige meerkosten verminderen.
  De beregeningskosten zijn berekend met behulp van de gegevens van tabel 75 en die van fig.39.
  De overige meerkosten zijn evenals in par. IX.3.2. gesteld op 7,5% van de bruto meeropbrengsten.

Invloed van de beregening op de meerjarig gemiddelde opbrengsten in de landbouw in 10^6 gld per jaar

Plan	*Inklusief de onrendabele beregening*	Exklusief de onrendabele beregening				
			Meerkosten			*Netto meer-opbrengst*
	Netto meer-opbrengst	*Bruto meer-opbrengst*	*Beregening*	*Overige*	*Totaal (4+5)*	(3-6)
1	2	3	4	5	6	7
min'76	— 8,9	15,8	0,8	1,2	2,0	13,8
min-10	+ 0,5	14,9	0,8	1,1	1,9	13,0
min-20	— 5,8	8,8	—	0,7	0,7	8,1
min-50	— 3,4	3,9	—	0,3	0,3	3,6
tus'76	—14,5	22,0	1,8	1,7	3,5	18,5
tus-10	— 1,9	20,8	1,8	1,6	3,4	17,4
tus-20	—11,3	11,6	—	0,9	0,9	10,7
tus-50	— 9,2	5,1	—	0,4	0,4	4,7
max'76	—21,0	32,3	6,8	2,4	9,2	23,1
max-10	— 8,2	29,9	6,7	2,2	8,9	21,0
max-20	—22,7	13,2	—	1,0	1,0	12,2
max-50	—24,4	5,7	—	0,4	0,4	5,3

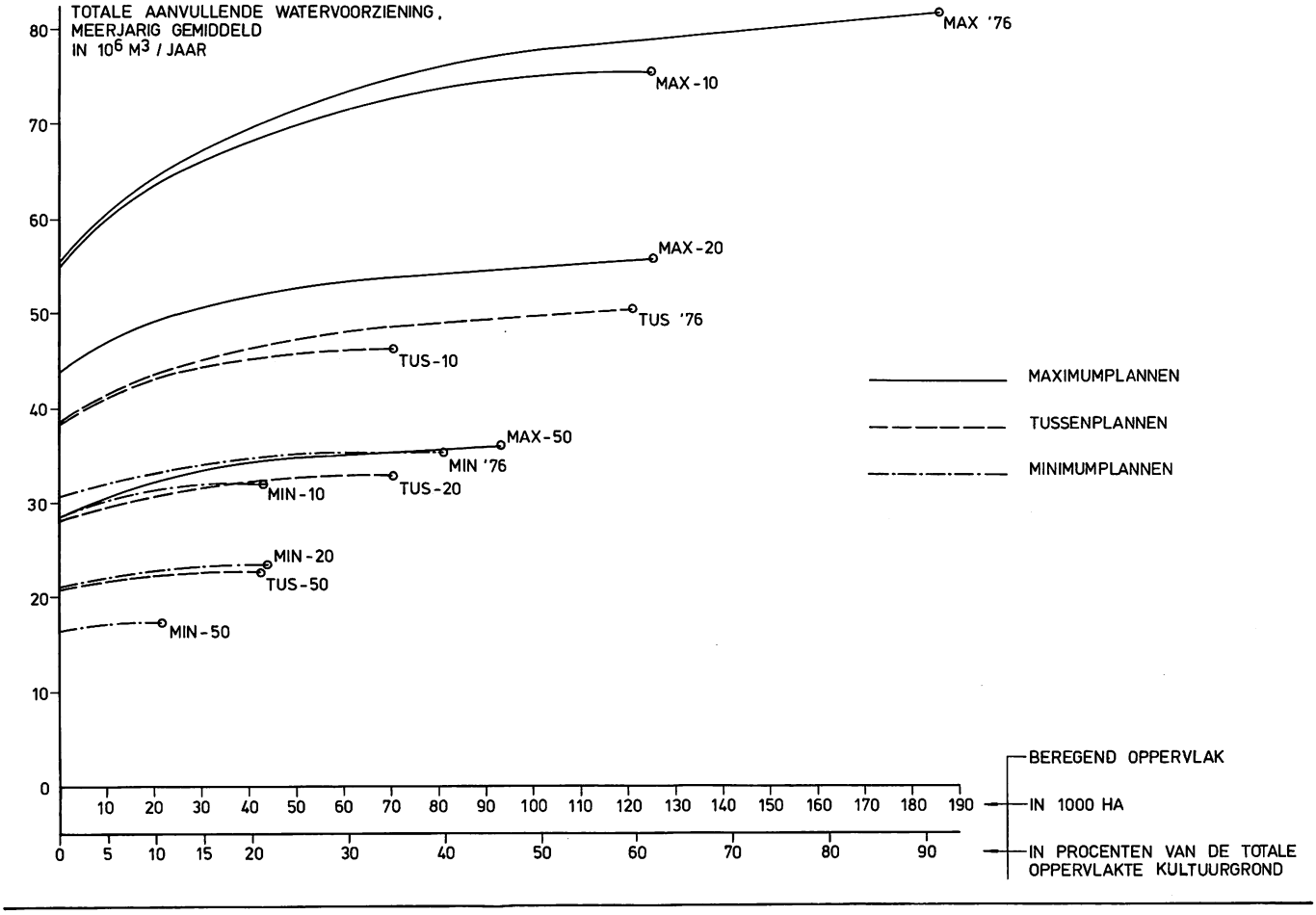
Tabel 78

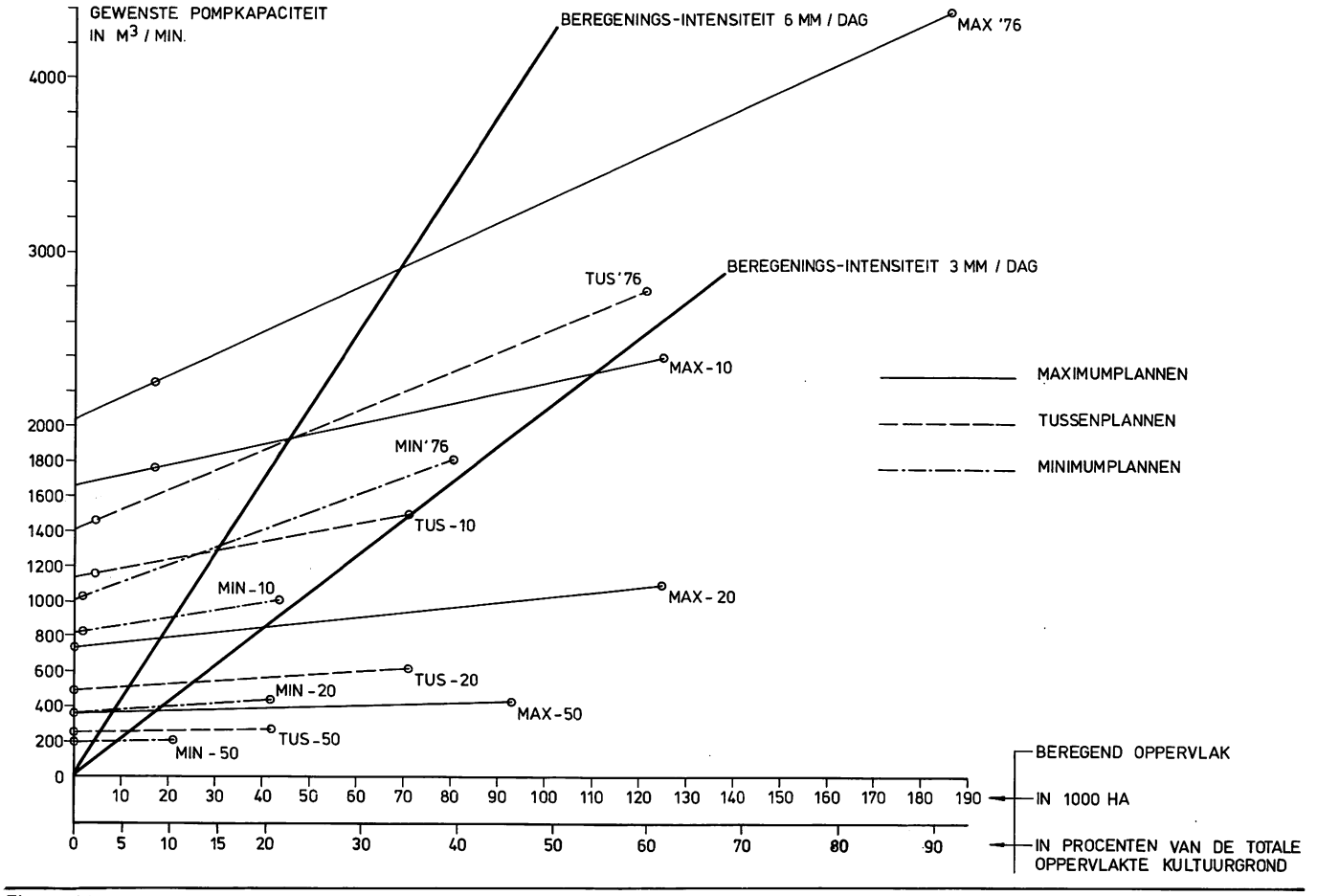
De resultaten zijn weergegeven in tabel 78.
Bij vergelijking van de kolommen 2 en 7 blijkt dat het achterwege laten van de onrendabele beregening een belangrijke positieve invloed heeft op de jaarlijkse netto meeropbrengsten in de landbouw. Nogmaals zij hierbij aangetekend dat voor de aanvoer van het water tot aan de kavels nog geen kosten in rekening zijn gebracht.

X.2.5. Grafische weergave van de invloeden van de beperking van de te beregenen oppervlakte

Ter verduidelijking van de invloed van het beregeningspercentage op de resultaten zijn de onder par. X.2.2. t/m par. X.2.4. behandelde effekten gra-

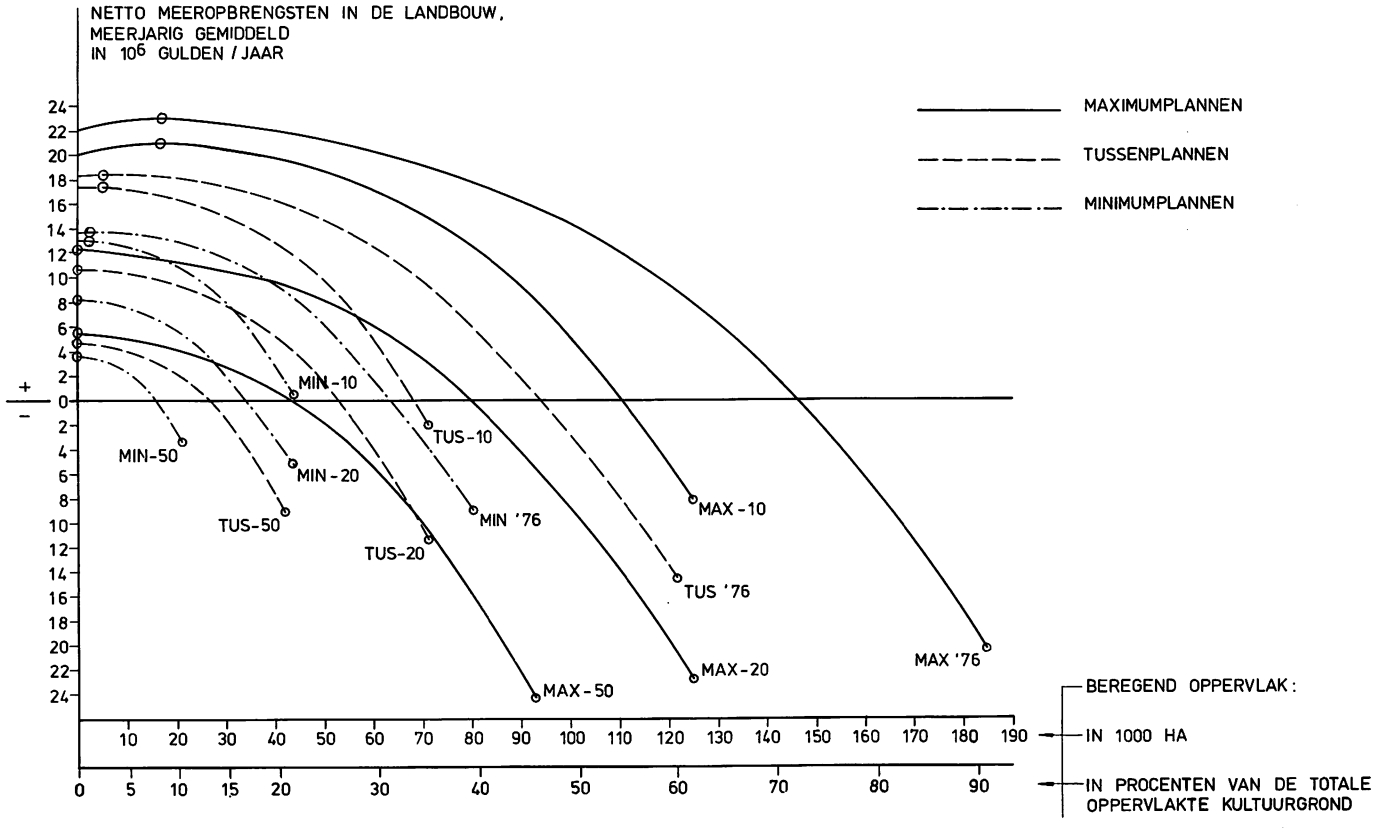
Figuur 43.





Figuur 44.

Figuur 45.



fisch weergegeven. Aan de hand daarvan is het mogelijk bij verschillende beregeningspercentages een schatting te geven van de hoeveelheid water die gemiddeld per jaar moet worden opgepompt (fig. 43), van de gewenste pompkapaciteit (fig. 44) en van de bijbehorende landbouwbaten (fig. 45).
In de drie figuren is horizontaal de beregende oppervlakte aangegeven (zie ook tabel 74). Verder zijn ze als volgt tot stand gekomen.

Fig. 43, meerjarig gemiddelde aanvullende watervoorziening:
Vertikaal is de totale meerjarig gemiddelde aanvullende vochtvoorziening aangegeven, ontleend aan de kolommen 2 en 5 van tabel 76.
Het verloop van de kurven is gebaseerd op de aanname dat bij uitbreiding van de te beregenen oppervlakte eerst de meest droogtegevoelige gronden aan bod komen en in een volgend stadium de betere, meer vochthoudende gronden. Dit verklaart dat de helling van de lijnen van links naar rechts afneemt. Aan de hand van de gegevens van de tabellen 66 c.s. zijn verschillende punten van de figuur berekend.

Fig. 44, de gewenste pompkapaciteit:
Vertikaal is de gewenste pompkapaciteit uitgezet, afgeleid van de kolommen 2 en 5 van tabel 77. Op basis van de 2 punten per plan is een lineair verband uitgezet. Hiermee wordt de gezochte relatie redelijk benaderd.
De figuur is geldig indien slechts de berekende vochttekorten, en wel gelijkmatig verdeeld naar tijd en plaats, worden aangevuld. Dit uitgangspunt is in de praktijk alleen dan te realiseren wanneer strenge regels ten aanzien van het gebruik van de beregeningsapparatuur worden gehanteerd. De beregeningsinstallaties die momenteel in gebruik zijn bezitten namelijk veelal een kapaciteit van 5 à 7 mm per dag, gebaseerd op droge omstandigheden en 12 à 20 sproeiuren per dag. Indien de beregening zonder beperkingen zou kunnen plaats vinden dan is in droge perioden per 1000 ha beregende oppervlakte een pompkapaciteit nodig van ca 42 m³/min. Deze waarde kan nog oplopen wanneer installaties worden gebruikt met een nog grotere overkapaciteit. Indien een beregeningsschema wordt opgesteld waarbij ook 's nachts wordt gesproeid, kan de piekbehoefte worden teruggebracht tot 3 à 4 mm per dag. Ter illustratie is de pompkapaciteit aangegeven die nodig zou zijn om alleen de te beregenen oppervlakte van water te voorzien wanneer men gaat sproeien met een kapaciteit van resp. 3 mm en 6 mm per dag (de vette lijnen). Het blijkt dat het beregeningspercentage en de wijze van beregenen een belangrijke invloed hebben op de gewenste pompkapaciteit.

Fig. 45, netto meeropbrengsten:
Vertikaal is het meerjarig gemiddelde van de netto meeropbrengst aangegeven, afgeleid van de kolommen 2 en 7 van tabel 78. De lijnen vertonen het tegengestelde beeld van fig. 43, afnemende waarden bij toename van de beregende oppervlakte. De neergaande helling van de lijnen neemt van links naar rechts toe omdat de beregeningskosten steeds zwaarder gaan wegen: betere gronden→geringer vochttekort → hogere kosten per m³ beregeningswater.
Tenslotte zij nog vermeld dat bovenstaande beschouwing betrekking heeft op het gebruik van het oppervlaktewater. Beregening met grondwater is nog niet in beschouwing genomen. In de slotbeschouwing wordt hier nog op teruggekomen.

X.3. De omvang van de beregening nu en in de toekomst

X.3.1. Algemeen

Om hetgeen in het bovenstaande is opgemerkt omtrent de invloed van de omvang van de beregening te kunnen plaatsen in het kader van deze studie is het nodig inzicht te hebben in de huidige situatie t.a.v. de toepassing van de beregening en in de toekomstige ontwikkeling daarvan. Het huidige beregeningspercentage is van belang in verband met de gewenste kapaciteit van de eventueel te stichten gemalen op korte termijn. Het toekomstige beregeningspercentage heeft invloed op de gewenste kapaciteit in een wat verdere toekomst.

X.3.2. Het huidige beregeningspercentage

Een goed inzicht omtrent de omvang van de huidige beregening is verkregen door de enquête welke na de droge zomer van 1976 onder de boeren is gehouden (lit. 40). Om een indruk te geven omtrent de beregening en de bevloeiing in Drenthe volgen hieronder de voornaamste gegevens uit deze enquête:

— Aantal bedrijven waar in 1976 een installatie is gebruikt : 670.
Dit is 2,7% van het totale aantal landbouwbedrijven.
— Gemiddelde pompkapaciteit per installatie:
beregening — 76,4 m³/uur
bevloeiing — 134,0 m³/uur
— Gesommeerde kapaciteit van de installaties:
beregening — 18.024 m³/uur≈ 300 m³/min
bevloeiing — 60.322 m³/uur≈ 1000 m³/min +
1300 m³/min

— Aantal gebruikte installaties naar type grondgebruik:

	akkerbouw	weidebouw	tuinbouw	totaal
beregening	81	184	9	274
bevloeiing	74	409	3	486
totaal	155	593	12	760

— Oppervlakte van de bedrijven die een installatie gebruikten:

akkerbouw	weidebouw	tuinbouw	totaal
6.777 ha	10.794 ha	123 ha	17.694 ha

Het totaal beslaat 8,7% van de oppervlakte kultuurgrond; landelijk is dit 20%
— Werkelijk beregende en bevloeide oppervlakte in 1976 in ha:

	akkerbouw	weidebouw	tuinbouw	totaal
beregening	868	2366	34	3268
bevloeiing	292	2888	5	3185
totaal	1160	5254	39	6453

Het totaal beslaat 3,2% van het kultuurgrondareaal; landelijk is dit 12%; globaal kan worden

gesteld dat de boeren met een installatie een derde deel tot de helft van hun bedrijfsareaal irrigeren; het zwaartepunt ligt in de weidebouw.

— De verdeling, in procenten van de oppervlakte, naar herkomst van het gebruikte water is als volgt:

	oppervlaktewater	grondwater
beregening	68,6%	31,3%
bevloeiing	95,0%	4,9%
gemiddelde	82 %	18 %

Landelijk ligt deze verdeling op respectievelijk 70% en 30%.

— Totale vochtgift in mm, gewogen gemiddelde over het van water voorziene oppervlak in 1976: 150 — 200 mm.
Landelijk bedraagt deze waarde ca 300 mm; de giften nemen gewoonlijk toe in de volgorde akkerbouw, weidebouw, tuinbouw.

— De glastuinbouw was niet in de enquête betrokken.

Op grond van deze gegevens is het beregeningspercentage, ten tijde van de eventuele installatie van de nieuwe gemalen, geschat op 5 á 10% van de totale oppervlakte kultuurgrond.

X.3.3. *Het toekomstige beregeningspercentage*

In verband met de vraag naar water in de toekomst is het nodig een schatting te maken van de te verwachten uitbreiding van de beregening. Het beregeningspercentage in de toekomst is primair afhankelijk van de houding van de boer. Deze zal bij de beslissing omtrent de aanschaf van een installatie beïnvloed worden door vele faktoren zoals de te verwachten kosten en baten, de sociaal-ekonomische situatie op het bedrijf, de markt- en prijsontwikkelingen, de weersomstandigheden enz.
Ook de overheid kan door zijn beleid de ontwikkeling van de beregening op diverse wijzen beïnvloeden. Gezien de vele, moeilijk voorspelbare variabelen welke een rol spelen, kan een schatting van het toekomstige beregeningspercentage, niet meer zijn dan een grove benadering.
In het konsept rapport van de landelijke werkgroep Watervoorziening Landbouw (lit. 36) worden de volgende cijfers genoemd (tabel 79):

Geraamde oppervlakte die in de toekomst zal worden beregend (1990)

L.E.I.-gebied	*Akkerbouw*	*Weidebouw*	*Tuinbouw*
Noordelijk weidegebied	35%	35%	—
Noordelijk zandgebied	49%	45%	—
Oostelijk zandgebied	21%	60%	—
Veenkoloniën	47%	30%	75%
Landelijk gemidd.	29%	47%	75%

Tabel 79

Uit de enquête van 1976 is gebleken dat, ten opzichte van het landelijk gemiddelde de beregening in Drenthe duidelijk achterblijft. Dit lagere beregeningspercentage heeft waarschijnlijk een natuurlijke oorzaak. Klimatologisch gezien neemt Drenthe namelijk binnen Nederland een natte plaats in. Ten opzichte van de zuidelijke provincies en van de kustprovincies is de gemiddelde verdamping iets lager en de gemiddelde neerslag iets hoger. Voorts zijn de in Drenthe voorkomende zandgronden over het algemeen iets vochthoudender dan die in het zuiden van het land. Ook de vaak ondiep voorkomende leemlaag heeft in dit opzicht een gunstig effekt. Tenslotte is de gedachte uitbreiding van het areaal aan landschapsparken, reservaten en beheersgebieden een faktor die een beperkende invloed zal hebben op de toename van de beregening. Er moet worden aangenomen dat in deze gebieden geen beregening zal worden toegepast. Op grond van bovenstaande overwegingen is aangenomen dat de toekomstige beregenings-percentages voor Drenthe als volgt zullen zijn:

akkerbouw	weidebouw	tuinbouw
20 - 30%	30 - 50%	75%

Indien we verder veronderstellen dat ca 20% van deze beregening uit het grondwater zal plaatsvinden resteert de volgende beregening uit oppervlakte water:

akkerbouw	weidebouw	tuinbouw
16 - 24%	24 - 40%	60%

Als gemiddelde over het gehele areaal kultuurgrond is dit 20 - 30%.

X.4. De invloed van de gekozen beregeningspercentages op . . .

X.4.1. *. . . de waterbehoefte en de pompkapaciteit*

Een beperking van de door beregening van aanvullend water te voorziene oppervlakte kultuurgrond re-

Tabel 80

Plan	*Meerjarig gemiddelde totale aanvullende watervoorziening $10^6 m^3$/jaar*			*Gewenste pompkapaciteit m^3/min*		
	5-10% bereg.	*20-30% bereg.*	*optimale bereg.*	*5-10% bereg.*	*20-30% bereg.*	*optimale bereg.*
min'76	32,3	35,0	35,4	1160	1520	1825
min-10	30,8	32,1	32,1	880	994	994
min-20	22,5	23,4	23,4	390	435	435
min-50	17,3	17,4	17,4	200	211	211
tus'76	42,6	47,3	50,4	1580	1980	2782
tus-10	42,0	45,7	46,2	1220	1380	1487
tus-20	30,0	32,7	32,9	520	580	619
tus-50	22,0	22,8	22,8	260	273	273
max'76	62,7	71,3	81,9	2225	2680	4382
max-10	62,0	70,0	75,4	1750	1960	2390
max-20	48,0	52,7	56,0	780	880	1097
max-50	31,3	34,9	35,8	380	400	431

sulteert in een beperking van het meerjarig gemiddelde van de aan te voeren hoeveelheden water (par. X. 2. 2.) en ook van de gewenste pompkapaciteit (par. X. 2. 3.). In het onderstaande is aangegeven welke hoeveelheden meerjarig gemiddeld moeten worden aangevoerd en welke de benodigde pompkapaciteit is in de verschillende plannen bij:

— 5 - 10% beregening: het beregeningspercentage dat op korte termijn is te verwachten (1980);
— 20 - 30% beregening: het beregeningspercentage dat in de toekomst is te verwachten (1990).

Daartoe zijn de genoemde percentages ingeschat in resp. de figuren 43 en 44. De resultaten zijn weergegeven in tabel 80.

X.4.2. . . . de baten van aanvullende watervoorziening in de landbouw

Een beperking van de door beregening van aanvullend water te voorziene oppervlakte kultuurgrond resulteert ook in een wijziging van de baten. In het onderstaande is aangegeven wat de baten van wateraanvoer zijn voor de verschillende plannen bij:

— 5 - 10% beregening
— 20 - 30% beregening

Een inschatting van deze percentages in figuur 45 levert de gegevens, vermeld in tabel 81.

Plan	*Meerjarig gemiddelde netto meeropbrengsten in de landbouw 10^6gld/jaar*		
	5-10% beregening	*20-30% beregening*	*optimale beregening*
min'76	13,3	6,1	— 8,9
min-10	12,0	0,5	0,5
min-20	6,8	— 5,8	— 5,8
min-50	0,5	— 3,4	— 3,4
tus'76	18,3	14,8	— 14,5
tus-10	17,0	9,8	— 1,9
tus-20	9,9	1,4	— 11,2
tus-50	3,3	— 9,2	— 9,2
max'76	23,1	21,2	— 21,0
max-10	20,9	18,8	— 8,2
max-20	11,6	8,1	— 22,7
max-50	4,6	— 1,8	— 24,4

Tabel 81

Tabel 82

Investeringskosten in 10^6 gld bij 5-10% beregening

Plan	*Primair aanvoer systeem*	*Sekundair en tertiair aanvoer-systeem*	*Totaal*
1	2	3	4
min'76	39,8	48,1	87,9
min-10	29,4	40,6	70,0
min-20	10,8	34,2	44,9
min-50	5,4	27,0	32,4
tus-10	39,0	88,3	127,4
tus-20	19,6	73,4	92,9
tus-50	7,9	65,9	73,8
max-20	26,9	209,2	236,1
max-50	11,4	191,4	202,8

X.4.3. . . . de kosten van aanvullende watervoorziening

Een beperking van de door beregening van aanvullend water te voorziene oppervlakte kultuurgrond betekent ook een beperking van de kosten van wateraanvoer, zoals die in hoofdstuk VIII zijn berekend. Dit geldt zowel voor de vaste als voor de variabele kosten, immers de kapaciteit van de werken wordt kleiner en de aan te voeren hoeveelheden worden minder (par. X.4.1.).

In het onderstaande is aangegeven wat de kosten van wateraanvoer bedragen voor de verschillende plannen bij:

— 5 - 10% beregening
— 20 - 30% beregening

In de tabellen 82 en 83 zijn de investeringskosten vermeld op overeenkomstige wijze als in tabel 53. In de tabellen 84 en 85 zijn de jaarlijkse kosten vermeld op gelijke wijze als in tabel 54. De kosten zijn op gelijke wijze berekend als in par. VIII.2. en par. VIII.3. De berekening is uitgevoerd met behulp van de in par. X.4.1. bepaalde invloed van het beregeningspercentage op de meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheden en op de gewenste pompkapaciteit.

Toelichting op de tabellen 82 t/m 85

— kosten primair aanvoersysteem
  — investeringskosten
    De investeringskosten van het primaire systeem zijn nagenoeg recht evenredig met de gewenste pompkapaciteit. De bedragen van de tabellen 82 en 83 zijn berekend door de investeringskosten uit tabel 53 met een zelfde percentage te verlagen als waarmee de gewenste pompkapaciteit afneemt (zie tabel 80).
  — jaarlijkse kosten
    — vaste jaarlijkse kosten
      De vaste jaarlijkse kosten zijn berekend aan de hand van de investeringsbedragen, op dezelfde wijze als in paragraaf VIII.3.1. is vermeld.
    — variabele jaarlijkse kosten
      — energiekosten
        De energiekosten zijn berekend door de in tabel 50 aangegeven energiekosten te verminderen met hetzelfde percentage als waarmede de meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheid water af-

Tabel 83

Investeringskosten in 10^6 gld bij 20-30% beregening

Plan	*Primair aanvoer-systeem*	*Sekundair en tertiair aanvoer-systeem*	*Totaal*
1	2	3	4
min'76	52,1	63,5	115,6
min-10	33,2	42,2	75,4
min-20	12,0	34,6	46,6
min-50	5,7	27,0	32,7
tus-10	44,2	90,4	134,6
tus-20	21,8	76,3	98,1
tus-50	8,3	65,9	74,2
max-20	30,3	219,6	249,9
max-50	12,0	194,7	206,7

Jaarlijkse kosten in 10^6 gld bij 5-10% beregening

Plan	Primair aanvoersysteem			Sek. en tert. aanvoersysteem			Gehele plan		
	Vast	Var.	Totaal	Vast	Var.	Totaal	Vast	Var.	Totaal
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
min'76	3,4	0,4	3,8	4,3	0,4	4,6	7,7	0,8	8,4
min-10	2,5	0,4	2,9	3,6	0,4	4,0	6,1	0,7	6,8
min-20	0,9	0,3	1,2	3,0	0,4	3,4	4,0	0,6	4,6
min-50	0,5	0,2	0,7	2,4	0,4	2,8	2,9	0,6	3,5
tus-10	3,3	0,5	3,8	7,8	0,6	8,4	11,2	1,1	12,2
tus-20	1,7	0,4	2,0	6,5	0,6	7,1	8,2	0,9	9,1
tus-50	0,7	0,3	0,9	5,9	0,6	6,4	6,5	0,8	7,3
max-20	2,3	0,6	2,9	18,6	1,0	19,6	20,9	1,6	22,5
max-50	1,0	0,4	1,3	17,0	0,9	17,9	18,0	1,3	19,3

Tabel 84

Jaarlijkse kosten in 10^6 gld bij 20-30% beregening

Plan	Primair aanvoersysteem			Sek. en tert. aanvoersysteem			Gehele plan		
	Vast	Var.	Totaal	Vast	Var.	Totaal	Vast	Var.	Totaal
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
min'76	4,4	0,4	4,9	5,6	0,4	6,0	10,1	0,8	10,9
min-10	2,8	0,4	3,2	3,7	0,4	4,1	6,6	0,8	7,3
min-20	1,0	0,3	1,3	3,1	0,4	3,4	4,1	0,6	4,7
min-50	0,5	0,2	0,7	2,4	0,4	2,8	2,9	0,6	3,5
tus-10	3,8	0,6	4,3	8,0	0,6	8,6	11,8	1,1	12,9
tus-20	1,9	0,4	2,2	6,8	0,6	7,3	8,6	0,9	9,6
tus-50	0,7	0,3	1,0	5,9	0,6	6,4	6,6	0,8	7,4
max-20	2,6	0,6	3,2	19,5	1,0	20,5	22,1	1,7	23,8
max-50	1,0	0,4	1,4	17,3	0,9	18,2	18,3	1,4	19,7

Tabel 85

neemt (zie tabel 80). Er is dus een lineair verband aangehouden tussen energiekosten en op te pompen hoeveelheid water.

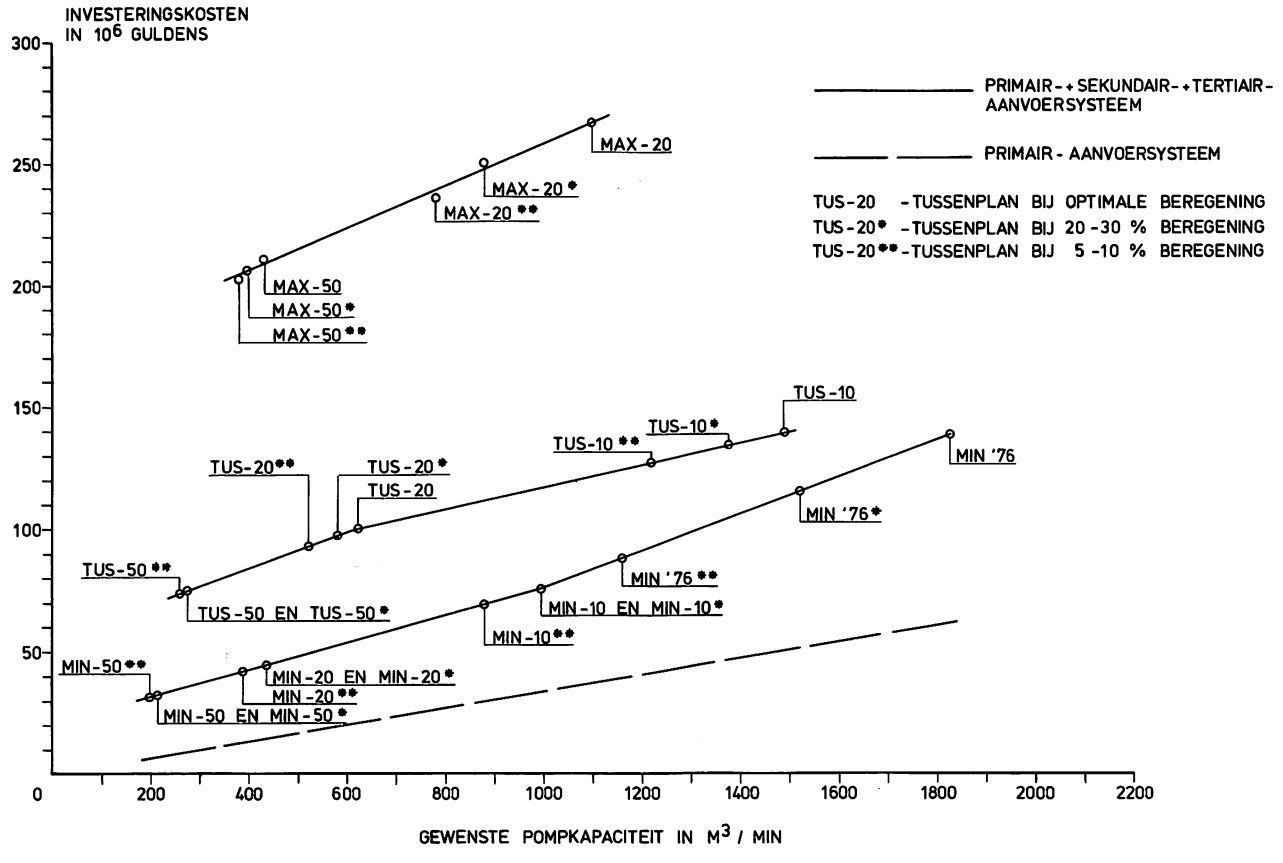
— beheers- en onderhoudskosten
De beheers- en onderhoudskosten zijn op dezelfde wijze berekend als in par. VIII.3.1. is omschreven. Hiertoe is eerst de gesommeerde kapaciteit van de gemalen berekend. Deze is op grafische wijze gevonden door de bekende gesommeerde kapaciteiten (tabel 50) uit te zetten tegen de gewenste pompkapaciteiten. Inschatting van de pompkapaciteiten uit tabel 80 in de grafiek geeft nu de gesommeerde kapaciteit van de gemalen bij de verschillende beregeningspercentages.

— bedieningskosten
De bedieningskosten zijn berekend op de in par. VIII.3.1. aangegeven wijze.
Het aantal draaiuren is hiertoe berekend als quotiënt van de meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheid water en de gewenste pompkapaciteit (tabel 80).
De berekening van de gesommeerde pompkapaciteit is hierboven reeds omschreven.

— kosten sekundair en tertiair aanvoersysteem.

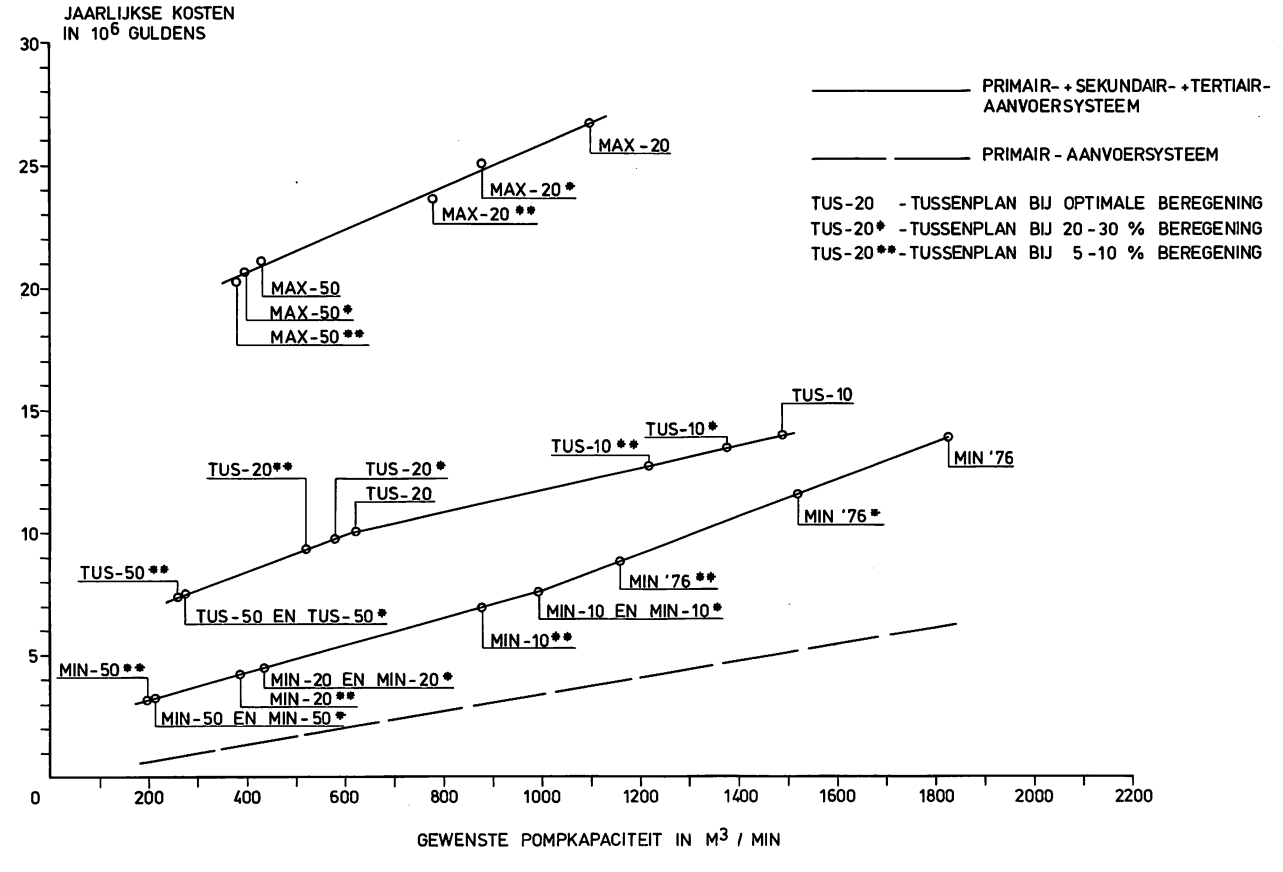
— investeringskosten
De te maken kosten voor het sekundair en tertiair systeem wijzigen voornamelijk doordat, als gevolg van het lagere beregeningspercentage, de gewenste aanvoernorm afneemt. De bij optimale beregening berekende gemiddelde aanvoernormen zijn vermeld in tabel 47. Deze aanvoernormen nemen bij afname van het beregeningspercentage even sterk af als de gewenste pompkapaciteit (tabel 80).
De teruggang van de investeringskosten is nu bepaald door in een grafiek het verband uit te zetten tussen de aanvoernormen uit tabel 47 en de investeringskosten uit de tabellen 48 en 49. Door inschatting van de nieuwe aanvoernormen in de grafieken zijn de gezochte investeringsbedragen benaderd.

— jaarlijkse kosten
De vaste jaarlijkse lasten zijn berekend op een wijze zoals in par. VIII.3.2. is beschreven. De variabele jaarlijkse kosten zijn, evenals in par. VIII.3.2. gesteld op f 4,—/ha/jaar.
Slechts de variabele kosten in de twee maximum plannen zijn enigszins verlaagd, aangezien binnen de waterschappen minder water behoeft te worden opgepompt. De afname van de hiertoe benodigde pompkosten is evenredig gesteld aan de afname



Figuur 46.

Figuur 47.



van de op te pompen hoeveelheid water (tabel 80).

In de figuren 46 en 47 zijn de kosten, zoals die in de paragrafen VIII.2. en VIII.3. en in deze paragraaf zijn berekend grafisch weergegeven in relatie tot de gewenste pompkapaciteit:

— figuur 46: vertikaal - investeringskosten in 10^6 gld (tabellen 53, 82 en 83)
horizontaal
- de gewenste pompkapaciteit in m^3/min (tabel 80).

— figuur 47: vertikaal - jaarlijkse kosten in 10^6 gld (tabellen 54, 84 en 85)
horizontaal
- de gewenste pompkapaciteit in m^3/min. (tabel 80).

Tussen de punten welke de verschillende plannen aangeven is rechtlijnig geïnterpoleerd.
De getrokken lijnen geven de totale kosten voor de wateraanvoer (weergave van de laatste kolommen uit de zes kostentabellen).
Het blijkt dat de minimumplannen, de tussenplannen en de maximumplannen elk op een afzonderlijke, nagenoeg rechte, lijn liggen.

Om een beeld te geven van de verdeling van de totale kosten over enerzijds het primaire systeem en anderzijds het sekundaire en tertiaire systeem is de kostenlijn voor het primaire systeem afzonderlijk in de grafieken weergegeven (de onderbroken lijn).
Het blijkt dat de kosten van het primaire systeem nagenoeg lineair toenemen bij vergroting van de pompkapaciteit, onafhankelijk van het type plan dat wordt gekozen.
De afstand tussen de onderbroken lijn en de getrokken lijnen is een maat voor de kosten van het sekundaire en tertiaire systeem.
Opmerkelijk is de sterke toename van de kosten voor het sekundaire en tertiaire systeem in de volgorde minimumplan → tussenplan → maximumplan. De oorzaak hiervan is gelegen in de hoge inrichtingskosten per ha bij de watervoorziening van de hogere gronden.

De invloed van het beregeningspercentage op de kosten is groter naarmate de plannen zijn afgestemd op een hogere mate van droogte.
Dit wordt veroorzaakt door de aanname in de berekeningen dat de beregening wordt afgestemd op dezelfde droogteklasse als de pompkapaciteit van de gemalen. Dit betekent namelijk automatisch dat een afnemend beregeningspercentage in de '76 plannen een sterkere afname van de gewenste pompkapaciteit tot gevolg heeft dan bijvoorbeeld in de -10 plannen.

Het valt verder op dat een aantal plannen in de grafieken samenvallen. Als voorbeeld beschouwen we hier het tus - 50 plan en het tus - 50* plan. Het samenvallen van deze twee plannen wordt veroorzaakt doordat in het tus - 50 plan slechts 20% van het oppervlak kultuurgrond wordt beregend (zie tabel 74). De stap naar het tus - 50* plan betekent dus geen teruggang in de vochtvoorziening.

XI. Evaluatie

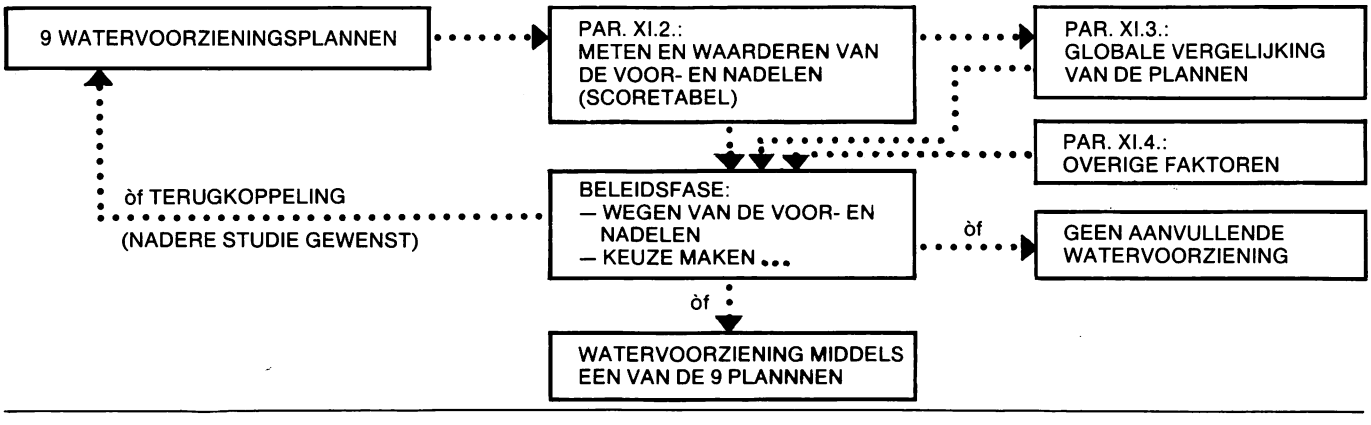
XI.1. Algemeen

In de voorafgaande hoofdstukken zijn in een aantal alternatieve plannen de mogelijkheden aangegeven tot verbetering van de watervoorziening van Drenthe. In de hoofdstukken VIII, IX en X zijn de kosten en de baten van deze plannen beschreven en voorzover mogelijk gekwantificeerd. De baten ten gunste van de belangengroepen buiten de landbouw zijn in deze hoofdstukken niet behandeld. Een benaderingswijze hieromtrent volgt in par. XI.2.
In dit evaluatiehoofdstuk is nu getracht de kosten en de baten van de verschillende plannen zodanig op te stellen dat het beleid, na het toekennen van de gewichten aan de verschillende posten, een beeld kan krijgen van de absolute en van de relatieve aantrekkelijkheid van de plannen.
Het evaluatiehoofdstuk is bedoeld als een stuk gereedschap met behulp waarvan door het beleid beslissingen kunnen worden genomen omtrent de te prefereren wijze van wateraanvoer naar Drenthe. Het probleem waarvoor het beleid zich in eerste instantie ziet gesteld is samen te vatten in de volgende twee vragen:

1. Moet er, met behulp van gemalen, water naar Drenthe worden aangevoerd? zo ja,
2. Op welke wijze en met welke kapaciteit?

Voor de beantwoording van de eerste vraag is een absoluut waardeoordeel omtrent de watervoorzieningsplannen nodig. Algemeen gesteld betekent dit dat de netto baten van de watervoorzieningsplannen moeten worden vergeleken met de netto baten welke elders in de ekonomie zijn te behalen bij aanwending van dezelfde produktiemiddelen. Met behulp van de scoretabel, waarin de kosten en de baten van de plannen zijn gerangschikt, is voor het beleid de mogelijkheid geschapen een oordeel te vormen over het absolute belang van de aanvullende watervoorziening. Hierop wordt in het vervolg van dit hoofdstuk teruggekomen.
Voor de beantwoording van de tweede vraag is een relatief waardeoordeel over de plannen voldoende. Het gaat hierbij om de aantrekkelijkheid van de plannen ten opzichte van elkaar.
Evenals bij de absolute beoordeling spelen ook bij deze relatieve beoordeling de gewichten welke men aan de verschillende kosten en baten toekent een belangrijke rol. Zo kan de rangvolgorde van de 9 plannen verschillend zijn indien men een hoog dan wel een laag gewicht toekent aan bijvoorbeeld de landbouwbaten. In par. XI.3. zal dit nader worden uiteengezet.
Aangezien het toekennen van de gewichten een beleidszaak is, betekent dit dat het voor de technische werkgroep niet mogelijk is een definitieve uitspraak te doen over de relatieve aantrekkelijkheid van de plannen.
Om toch enig inzicht te verschaffen in deze rangvolgorde is in par. XI.3. op basis van de scoretabel en enkele schattingen omtrent de waarden en de gewichten een proefberekening opgezet. De door middel van deze berekening gevonden rangvolgorde van de plannen kan dienen als basis voor het beleid.
In par. XI.4. wordt een kort overzicht gegeven van de overige faktoren welke bij de uiteindelijke beslissing een rol kunnen spelen zoals werkgelegenheidsaspekten, milieuaspekten, financiële konsekwenties, enz.
Ter verduidelijking is de aanpak van het evaluatieprobleem hieronder nogmaals schematisch weergegeven:

Figuur 48.



Zoals in figuur 48 is aangegeven worden de uitgangspunten voor de beleidsbeslissing gevormd door:

- de scoretabel (par. XI.2.)
- de op basis van de scoretabel en enkele aannamen ten aanzien van waarden en gewichten uitgevoerde proefberekening (par. XI.3.)
- de overige faktoren welke bij de beoordeling van de plannen een rol spelen (par. XI.4.)

Het beleid kan aan de hand van deze gegevens, na het toekennen van de gewichten, besluiten tot:

- geen gemalen oftewel geen aanvullende vochtvoorziening óf
- watervoorziening middels één van de 9 plannen (of middels een tussenvorm) óf
- terugkoppeling, indien nadere studie wordt gewenst.

XI.2. Meten en waarderen van de effekten van de aanvullende watervoorziening

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de kosten en de baten van de watervoorziening met betrekking tot alle hierbij betrokken belangengroepen.
Voor een goed begrip is het gewenst eerst enkele veel gebruikte termen nader te omschrijven:

effekt

De invloed welke de aanvullende vochtvoorziening heeft op de afzonderlijke belangengroepen, bijvoorbeeld: de extra gewasopbrengst in de landbouw.

meten

Het kwantificeren van het effekt in oorspronkelijke dimensies, bijvoorbeeld: de extra gewasopbrengst uitgedrukt in kilogrammen.

waarderen

Het toekennen van een zekere waarde aan het gemeten effekt, bijvoorbeeld: x kg extra opbrengst à y gulden per kg geeft een totale waarde van x maal y gulden. Het gemeten effekt maal de waardering per eenheid geeft de totale waarde van het effekt. Het is gebruikelijk de waardering aan te geven in geldeenheden. Aangezien echter vele effekten moeilijk in geld zijn uit te drukken wordt ook wel gebruik gemaakt van een puntensysteem.

wegen

Het toekennen van een zeker gewicht aan de gewaardeerde effekten. Bij het wegen worden de doeleinden of belangengroepen onderling gerelateerd, bijvoorbeeld: men kan van mening zijn dat een gulden meeropbrengst in de landbouw een ander belang heeft dan een gulden meeropbrengst in de scheepvaart. Dit verschil kan men nu tot uiting brengen door het toekennen van meer of minder gewicht aan de verschillende guldens. Het wegen, ofwel het toekennen van gewichten, is een beleidskwestie.

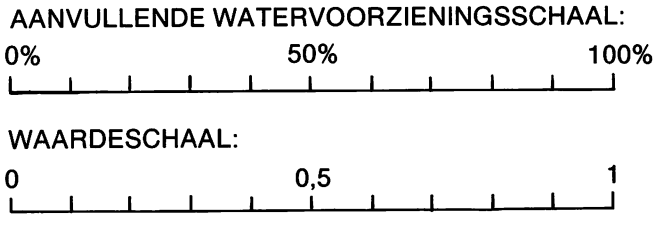
kosten/baten

De begrippen kosten en baten moeten in dit hoofdstuk ruim worden geïnterpreteerd. Ze worden hier gebruikt voor alle voor- en nadelen welke met de plannen gepaard gaan. Ook de moeilijk in geld te waarderen effekten worden hier dus onder begrepen.

De eindresultaten van het meten en het waarderen van de effekten van de watervoorzieningsplannen zijn vermeld in de scoretabel (tabel 88).
In deze tabel is per belangengroep aangegeven wat het gewaardeerde effekt is dat na realisering van de verschillende plannen wordt verwacht.
De landbouwbaten en de kosten voor de wateraanvoer zijn in geld uitgedrukt terwijl de baten voor de belangengroepen 2 t/m 12 zijn aangegeven door middel van een letterscore, voorafgegaan door een koëfficient tussen nul en één. Het feit dat de baten van de belangengroepen 2 t/m 12 niet in geld zijn uitgedrukt heeft verschillende oorzaken. Ten eerste geldt dat voor een aantal belangengroepen het effekt van de aanvullende watervoorziening moeilijk is te voorspellen of te meten. Wat is bijvoorbeeld het effekt van de wateraanvoer op de rekreatie? Ten tweede doen zich moeilijkheden voor bij het waarderen van de effekten. Ook al zouden we bijvoorbeeld de waterkwaliteitsverbetering ten gevolge van de doorspoeling kennen, dan resteert nog de moeilijkheid om aan dit effekt een geldswaarde toe te kennen.

Om toch een onderlinge vergelijking van de plannen mogelijk te maken zijn de baten van de belangengroepen 2 t/m 12 op een relatieve wijze gewaardeerd. Hiertoe is als volgt gehandeld:

- Per belangengroep is aangegeven hoeveel m^3 water jaarlijks meerjarig gemiddeld, zal worden verstrekt in de verschillende plannen. Deze hoeveelheid is vervolgens uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid welke nodig is voor de watervoorziening van de belangengroep in het max'76 plan. De voorziening in het max'76 plan komt bij benadering overeen met de optimale aanvullende watervoorziening.
- De waarde van het effekt bij optimale aanvullende watervoorziening is aangegeven middels een letterscore. Hiervoor is steeds de beginletter van de belangengroep gekozen. De V voor veedrenking, de Z voor ziekte- en onkruidbestrijding enz.
- De waardering indien geen aanvullende watervoorziening plaatsvindt is op nul gesteld.
- Voor de waardering van de effekten tussen de grenzen nul en optimale aanvullende watervoorziening is bij benadering een lineair verband verondersteld tussen waardering en aanvullende watervoorziening. Aan het slot van het hoofdstuk blijkt dat de lineaire benaderingswijze in het kader van deze studie acceptabel is. Afwijkingen van het lineaire verband hebben namelijk een zeer geringe invloed op de uitkomst van de evaluatie.



De aanvullende watervoorzieningsschaal geeft het percentage van de optimale aanvullende watervoorziening in de betreffende belangengroep.
De waardeschaal geeft de bijbehorende koëfficient welke voorafgaat aan de letterscore.

Voorbeeld:
Voor optimale watervoorziening van het vee is aan-

Verdeling van de aanvullende watervoorziening over de belangengroepen, meerjarig gemiddeld, in $10^6 m^3$/jaar en in procenten van het max'76 plan

Plannen	*Min '76*		*Min-10*		*Min-20*		*Min-50*		*Tus-10*		*Tus-20*		*Tus-50*		*Max-20*		*Max-50*	
Belangengroepen	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*	*$10^6 m^3$*	*%*
1. Landbouwgewassen																		
— bij optimale beregening	21,0	45	16,6	36	10,5	23	4,5	10	24,3	52	15,2	33	6,5	14	23,2	50	9,8	21
— bij 20-30% beregening	20,0	43	16,6	36	10,5	23	4,5	10	24,0	51	15,0	32	6,5	14	19,0	41	9,0	19
— bij 5-10% beregening	17,0	36	15,5	33	9,8	21	4,5	10	21,0	45	13,0	28	6,0	13	15,0	32	7,0	15
2. Veedrenking	0,3	50	0,3	50	0,3	50	0,3	50	0,4	70	0,4	70	0,4	70	0,6	100	0,6	100
3. Ziekte- en onkruidbestrijding	0,02	50	0,02	50	0,02	50	0,02	50	0,03	70	0,03	70	0,03	70	0,04	100	0,04	100
4. Glastuinbouw	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100	0,5	100
5. Buiten provincie	0,74	100	0,67	91	0,5	68	0,32	43	0,67	91	0,5	68	0,32	43	0,5	68	0,32	43
6. Scheepvaart	3,7	100	3.7	100	3,7	100	3,7	100	3,7	100	3,7	100	3,7	100	3,7	100	3,7	100
7. Drink- en industriewatervoorziening	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8. Doorspoeling	4,0	100	4,0	100	4,0	100	4,0	100	4,0	100	4,0	100	4,0	100	4,0	100	4,0	100
9. Natuurgebieden (nat)	0,20	100	0,16	80	0,10	50	0,04	20	0,16	80	0,10	50	0,04	20	0,10	50	0,04	20
10. Rekreatie	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100	?	100
11. Stoominjektie	0,3	100	0,3	100	0,3	100	0,3	100	0,3	100	0,3	100	0,3	100	0,3	100	0,3	100
12. Aanvulling grondwatervoorraad*)	4,7	24	5,3	28	4,0	21	4,0	21	10,8	56	8,1	42	7,2	38	17,8	93	13,4	70
13. Verdampingsverliezen*)	4,0	40	4,5	45	3,5	35	3,8	38	5,3	53	4,1	41	3,9	39	9,3	93	7,2	72
Totale aanvullende vochtvoorziening (exkl 3, 7, 8 en 10)																		
— bij optimale beregening	35,4	43	32,1	39	23,4	29	17,4	21	46,2	56	32,9	40	22,8	28	56,0	68	35,8	44
— bij 20-30% beregening	35,0	43	32,1	39	23,4	29	17,4	21	45,7	56	32,7	40	22,8	28	52,7	64	34,9	43
— bij 5-10% beregening	32,3	39	30,8	38	22,5	27	17,3	21	42,0	51	30,0	37	22,0	27	48,0	59	31,3	38

*) Bij optimale beregening

Tabel 86

vullend 0,6 × 10^6 m^3 water per jaar nodig. Aanvoer van deze hoeveelheid, welke plaatsvindt in de max-plannen, krijgt de waarde V. In de tus-plannen, waarbij slechts een deel van Drenthe van oppervlaktewater wordt voorzien, is de aanvullende hoeveelheid berekend op 0,4 × 10^6 m^3/jaar. Dit is 70% van de optimale hoeveelheid. De waardering in deze plannen is dus 0,7 V. In de min-plannen is de aanvullende watervoorziening 0,3 × 10^6 m^3/jaar en is de waarde dus 0,5 V.

Op deze wijze is aan de belangengroepen 2 t/m 12 in de scoretabel een relatieve waarde toegekend. Op de absolute waarde van de letterscores wordt aan het slot van deze paragraaf nader ingegaan.

De basis voor de waarderingsmethode wordt dus gevormd door de meerjarig gemiddelde aanvullende watervoorziening zoals die reeds in par. VI.5. is vermeld. In tabel 86 zijn deze waarden nogmaals weergegeven.
Per belangengroep is naast de aanvullende watervoorziening in 10^6 m^3 per jaar de procentuele waarde aangegeven en wel zodanig dat het max'76 plan steeds op 100% is gesteld. Dit plan geeft bij benadering de optimale aanvullende watervoorziening weer. Er is bij de cijfers met betrekking tot de landbouwgewassen onderscheid gemaakt in verschillende beregeningspercentages. Dit onderscheid heeft nagenoeg geen invloed op de aanvullende watervoorziening van de overige belangengroepen. Alleen de wegzijgingsverliezen en de verdampingsverliezen, respektievelijk de posten 12 en 13, zullen bij de lagere beregeningspercentages iets lager zijn. Met deze verschillen is hier geen rekening gehouden. Ten aanzien van de totaaltelling moet worden opgemerkt dat hierin de hoeveelheden voor de ziekte- en onkruidbestrijding, de drink- en industriewatervoorziening, de doorspoeling en voor de rekreatie niet zijn opgenomen om dubbeltellingen te voorkomen (zie ook par. VI.5.).

Nadere bestudering van tabel 86 toont ons dat de belangengroepen zijn samen te voegen tot 4 typen:

a. belangengroepen welke in alle plannen in verschillende mate van water worden voorzien:
   1. Landbouwgewassen
   12. Aanvulling van het grondwater

b. belangengroepen welke in verschillende mate van water worden voorzien afhankelijk van de droogteklasse waarop het plan is afgestemd:
   5. Buiten de provincie
   9. Natuurgebieden

c. belangengroepen welke in verschillende mate worden voorzien afhankelijk van de grootte van het plangebied:
   2. Veedrenking
   3. Ziekte- en onkruidbestrijding

d. belangengroepen welke in alle plannen in dezelfde en wel voldoende mate van water worden voorzien:
   4. Glastuinbouw
   6. Scheepvaart
   8. Doorspoeling
   10. Rekreatie
   11. Stoominjektie.

In tabel 87 is, op basis van de cijfers uit tabel 86, de verdeling van de aanvullende watervoorziening over de verschillende groepen a, b, c en d vermeld. Groep a. is hierbij gesplitst in landbouwwater en aanvulling van het grondwater. Het nut van deze herindeling komt in par. XI.3. nader aan de orde, wanneer het gaat om een inzicht te krijgen in de gevolgen van wijzigingen in de baten welke men aan bepaalde belangengroepen toekent.

Het laatste deel van deze paragraaf is gewijd aan de scoretabel. Hierboven is reeds kort op enkele aspekten van deze tabel ingegaan. Zoals gezegd is de tabel een weergave van de gewaardeerde effekten welke bij uitvoering van de watervoorzieningsplannen zijn te verwachten. Zowel de positieve effekten (de baten) als de negatieve effekten (de kosten) zijn in de tabel opgenomen.

Alvorens de afzonderlijke posten van de scoretabel nader toe te lichten volgt hier een korte algemene uiteenzetting over de kosten en baten welke men aan een projekt moet toerekenen.
Bij een ekonomische evaluatie van een projekt zijn de toenamen in opbrengsten en in kosten, welke voortvloeien uit de realisering van het projekt, van belang. Het gaat om een vergelijking tussen de situatie welke zich zal voordoen mét het projekt en de situatie zónder het projekt. Zonder het projekt betekent in deze studie de toestand welke zich voordoet bij gebruik van de huidige waterhuishoudkundige infrastruktuur doch waarbij geen gebruik wordt gemaakt van de aanwezige gemalen oftewel geen water naar Drenthe wordt opgepompt. Deze situatie wordt hier aangeduid als de nul-situatie of de nul-variant.

Algemeen:
Indien de kosten en de baten mét het projekt worden voorgesteld door K_m en B_m en de kosten en baten zonder het projekt door K_z en B_z dan moet als bate aan het projekt worden toegerekend $B_m - B_z$ en als kosten $K_m - K_z$.
Het netto effekt van het projekt op de ekonomie is nu te schrijven als $(B_m - B_z) - (K_m - K_z)$. Dit is dus de toename van de baten minus de toename van de kosten. In deze studie zijn de kosten verder opgesplitst in K_1 en K_2:
K_1: de kosten voor de wateraanvoer middels het primaire, het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem.
K_2: alle overige kosten welke gemaakt worden bij het gebruik van het water, verder aangeduid als produktiekosten.

De scoretabel is nu als volgt opgezet:

Kosten
Aan de kostenzijde zijn de kosten opgenomen voor de wateraanvoer middels het primaire, het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem.
In symbolen: $K_{1m} - K_{1z}$.
Dit is dus de toename van de kosten ten opzichte van de nul-situatie.

Baten
Aan de batenzijde zijn per belangengroep de netto baten vermeld.
In symbolen: $(B_m - B_z) - (K_{2m} - K_{2z})$.
Hierin is $B_m - B_z$ de toename van de bruto opbrengst, ook wel aangeduid als de bruto meeropbrengst.
$K_{2m} - K_{2z}$ is de toename van de produktiekosten ten gevolge van het gebruik van het water.

Verdeling van de aanvullende watervoorziening, meerjarig gemiddeld, in $10^6 m^3$/jaar

	a) Faktoren welke in alle plannen in verschillende mate worden voorzien				*b) Faktoren welke verschillend worden voorzien, afhankelijk van de droogteklasse waarop het plan is afgestemd*	*c) Faktoren welke verschillend worden voorzien afhankelijk van de grootte van het plangebied*	*d) Faktoren welke in alle plannen in dezelfde mate worden voorzien*
	1. Landbouwgewassen			*12. Aanvulling grondwater*	*5. Buiten provincie* *9. Natuurgebieden*	*2. Veedrenking* *3. Ziekte- en onkruidbestrijding*	*4. Glastuinbouw* *6. Scheepvaart* *8. Doorspoeling* *10. Rekreatie* *11. Stoominjektie*
	optimale bereg.	*20-30% bereg.*	*5-10% bereg.*				
	1	2	3	4	5	6	7
min'76	21,0	20,0	17,0	4,7	0,9	0,3	8,5
min-10	16,6	16,6	15,5	5,3	0,8	0,3	8,5
min-20	10,5	10,5	9,8	4,0	0,6	0,3	8,5
min-50	4,5	4,5	4,5	4,0	0,4	0,3	8,5
tus-10	24,3	24,0	21,0	10,8	0,8	0,4	8,5
tus-20	15,2	15,0	13,0	8,1	0,6	0,4	8,5
tus-50	6,5	6,5	6,0	7,2	0,4	0,4	8,5
max-20	23,2	19,0	15,0	17,8	0,6	0,6	8,5
max-50	9,8	9,0	7,0	13,4	0,4	0,6	8,5

Tabel 87

Bovenstaande uitgangspunten vormen de achtergronden van de waarderingen welke vermeld zijn in de scoretabel. Hieronder worden deze waarderingen per belangengroep puntsgewijs toegelicht:

1. Landbouwgewassen
De netto baten tengevolge van de aanvullende vochtvoorziening van de landbouwgewassen zijn ontleend aan par. IX.4. en aan par. X.4.2. De bedragen zijn berekend als de bruto meeropbrengsten minus de meerkosten voor de produktie:
In symbolen: $(B_m - B_z) - (K_{2m} - K_{2z})$.
$B_m - B_z$ zijn de extra opbrengsten als gevolg van de verbeterde watervoorziening. $K_{2m} - K_{2z}$ zijn de extra kosten welke met de extra produktie gepaard gaan. Het zijn o.a. de beregeningskosten en de extra oogst-, transport-, en verwerkingskosten.

N.B. De kosten voor de aanvoer van het water middels het primaire, sekundaire en tertiaire aanvoersysteem zijn opgenomen aan de kostenzijde van de scoretabel. Dit geldt ook voor de volgende belangengroepen.

2. Veedrenking
Aangezien zowel met als zonder aanvoerprojekt het vee van water zal worden voorzien zijn de bruto opbrengsten in beide gevallen gelijk. Dat wil zeggen:
$B_m - B_z = 0$.
De baten van de aanvullende watervoorziening voor de veedrenking worden dan ook niet veroorzaakt door extra produktie maar door besparingen welke plaats vinden in de produktiekosten: $K_{2z} - K_{2m}$.
In de "met" situatie krijgt de boer voldoende water in de sloten ter beschikking. In de "zonder" situatie is dit niet het geval. Er moet op een alternatieve meestal duurdere wijze, water worden aangevoerd. Met andere woorden $K_{2z} > K_{2m}$. De bepaling van de geldwaarde van de besparing is achterwege gebleven. De besparingen zijn aangeduid middels een letterscore zoals in het begin van deze paragraaf is beschreven. Als baten in de max-plannen is de waarde V toegekend. Op basis van de cijfers uit tabel 86 is vervolgens de score in de tus-plannen en in de min-plannen respektievelijk op 0,7 V en 0,5 V gesteld.

3. Ziekte- en onkruidbestrijding
Het positieve effekt van de aanvullende watervoorziening voor deze faktor is op dezelfde wijze te benaderen als hierboven voor de veedrenking is beschreven. Algemeen kunnen we stellen dat het voordeel in dergelijke situaties gelijk is aan de besparing ten opzichte van de meest gunstige alternatieve voorzieningswijze in de nul-situatie.
De waardering in de scoretabel is als volgt:
max-plannen: Z; tus-plannen: 0,7 Z; min-plannen: 0,5 Z.

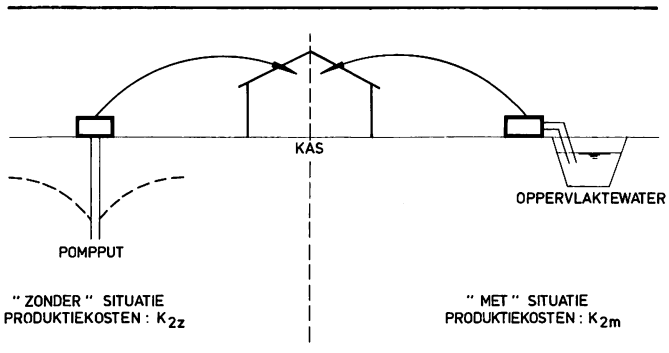
4. Glastuinbouw
De baten in de glastuinbouw zijn op verschillende manieren te berekenen, afhankelijk van de ontwikkeling welke zich zal voordoen in de nul-situatie:
— Stellen we de optimale watervoorziening van de glastuinbouw als een noodzakelijk gegeven dan zijn de baten van de aanvoerplannen weer op dezelfde wijze te benaderen als voor de veedrenking is beschreven. De bruto opbrengsten

Tabel 88

Scoretabel (waardering van de effekten van de aanvullende watervoorziening)

	min'76	*min-10*	*min-20*	*min-50*	*tus-10*	*tus-20*	*tus-50*	*max-20*	*max-50*
	Baten: $B = (B_m - B_z) - (K_{2m} - K_{2z})$								
1. Netto landb. baten (gewassen)									
— bij optim. bereg. (10^6 gld)	— 8,9	0,5	— 5,8	— 3,4	— 1,9	— 11,3	— 9,2	— 22,7	— 24,4
— bij 20-30% bereg. (10^6 gld)	6,1	0,5	— 5,8	— 3,4	9,8	1,4	— 9,2	8,1	— 1,8
— bij 5-10% bereg. (10^6 gld)	13,3	12,0	6,8	0,5	17,0	9,9	3,3	11,6	4,6
2. Veedrenking	0,5 V	0,5 V	0,5 V	0,5 V	0,7 V	0,7 V	0,7 V	V	V
3. Ziekte- en onkruidbestrijding	0,5 Z	0,5 Z	0,5 Z	0,5 Z	0,7 Z	0,7 Z	0,7 Z	Z	Z
4. Glastuinbouw	G	G	G	G	G	G	G	G	G
5. Buiten provincie	B	0,9 B	0,7 B	0,4 B	0,9 B	0,7 B	0,4 B	0,7 B	0,4 B
6. Scheepvaart	S	S	S	S	S	S	S	S	S
7. Drink- en industriewatervoorz.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8. Doorspoeling	D	D	D	D	D	D	D	D	D
9. Natuurgebieden (nat)	N	0,8 N	0,5 N	0,2 N	0,8 N	0,5 N	0,2 N	0,5 N	0,2 N
10. Rekreatie	R	R	R	R	R	R	R	R	R
11. Stoominjektie	St	St	St	St	St	St	St	St	St
12. Aanvulling grondwater	0,24 A	0,28 A	0,21 A	0,21 A	0,56 A	0,42 A	0,38 A	0,93 A	0,70 A
	Kosten: $K = K_{1m} - K_{1z}$								
13. Wateraanvoerkosten (in 10^6 gld/jaar)									
— optimale beregening									
— prim. systeem	5,8	3,2	1,3	0,7	4,6	2,4	1,0	3,9	1,5
— sek./tert. systeem	7,2	4,1	3,4	2,8	8,7	7,3	6,4	21,4	18,5
— totaal	12,9	7,3	4,7	3,5	13,3	9,7	7,4	25,3	20,1
— bij 20-30% beregening									
— prim. systeem	4,9	3,2	1,3	0,7	4,3	2,2	1,0	3,2	1,4
— sek./tert. systeem	6,0	4,1	3,4	2,8	8,6	7,3	6,4	20,5	18,2
— totaal	10,9	7,3	4,7	3,5	12,9	9,6	7,4	23,8	19,7
— bij 5-10% beregening									
— prim. systeem	3,8	2,9	1,2	0,7	3,8	2,0	0,9	2,9	1,3
— sek./tert. systeem	4,6	4,0	3,4	2,8	8,4	7,1	6,4	19,6	17,9
— totaal	8,4	6,8	4,6	3,5	12,2	9,1	7,3	22,5	19,3

zijn "met" en "zonder" uitvoering van de plannen gelijk:
$B_m - B_z = 0$.
De voordelen worden veroorzaakt door de besparing op de produktiekosten. Figuur 49 verduidelijkt dit nog eens:



Figuur 49.

Met aanvullende watervoorziening kan de kas vanuit het oppervlaktewater worden voorzien: produktiekosten K_{2m}. Stel dat zónder aanvullende watervoorziening de voorziening middels een pompput het goedkoopste alternatief is: produktiekosten K_{2z}.
De baten van de aanvullende watervoorziening zijn dan gelijk aan:
$K_{2z} - K_{2m}$.
Opmerking: de kosten moeten ruim worden geïnterpreteerd. Ook de schade welke het gevolg is van de grondwateronttrekking moet in K_{2z} worden meegenomen.

— Het is ook mogelijk, als alternatieve oplossing in de nul-situatie, de onvoldoende watervoorziening als gegeven te aanvaarden. In dit geval wijzigt de batenbeoordeling. Zowel de bruto opbrengst als de produktiekosten in de situatie zonder aanvoerprojekt zullen lager uitvallen. De baten ten gevolge van het aanvoerprojekt zijn nu gelijk aan de extra produktie minus de extra produktiekosten welke hiermee gepaard gaan:
$(B_m - B_z) - (K_{2m} - K_{2z})$.

Het blijkt dat de voordelen van de aanvullende watervoorziening afhankelijk zijn van de ontwikkeling welke zich voordoet in de situatie zonder uitvoering van de plannen.
Algemeen geldt dat elk plan moet worden beoordeeld ten opzichte van het gunstigste alternatief in de "zonder" situatie. Om dit gunstigste alternatief te vinden moeten verschillende oplossingen worden doorgerekend.

In de scoretabel zijn als baten een waarde G opgenomen. Deze waarde is voor alle plannen gelijk aangezien in alle plannen de glastuinbouw optimaal van water wordt voorzien.

5. Buiten de provincie
De wateraanvoer naar de gebieden buiten de provincie komt voornamelijk ten goede aan de landbouw. De baten kunnen op dezelfde wijze worden benaderd als in hfdst. IX voor de Drentse landbouw is beschreven. In deze studie is een dergelijke berekening voor de gebieden buiten de provincie niet uitgevoerd.
De baten bij optimale vochtvoorziening zijn in de scoretabel op B gesteld. De waardering in de -10, -20 en -50 plannen is aan de hand van tabel 86 gesteld op 0,9B, 0,7B en 0,4B.

6. Scheepvaart
Het nuttige effekt van de peilbeheersing in de scheepvaartkanalen is als volgt onder te verdelen:

a. de meeropbrengsten uit de vrachtvaart: $B_m - B_z$. Indien niet gepompt wordt zullen zich praktisch ieder jaar beperkingen voordoen ten aanzien van de scheepvaart. Deze beperkingen hebben betrekking op de diepgang en op de mogelijkheden tot schutten. In de meeste jaren zal de scheepvaart in de hoge panden gedurende de zomermaanden geheel zijn gestremd aangezien de natuurlijke voeding van deze panden gering is.
b. de besparing op de produktiekosten: $K_{2z} - K_{2m}$. Enerzijds zijn de produktiekosten in de nul-variant laag, aangezien er weinig schuttingen plaatsvinden, weinig schepen varen, weinig wordt geladen en gelost, etc. Anderzijds zullen de produktiekosten in deze situatie worden verhoogd indien het transport op een duurdere alternatieve wijze wordt verzorgd. Verder kunnen de kosten, indien niet wordt gepompt, toenemen doordat extra onderhoud- en herstelwerkzaamheden aan beschoeiingen moeten worden uitgevoerd. Bij ernstige peilonderschrijdingen kunnen, door het wegvallen van de waterdruk aan de kanaalzijde de beschoeiingen naar binnen worden gedrukt. Indien $K_{2z} > K_{2m}$, hetgeen te verwachten is, betekent dit dat een besparing op de produktiekosten plaatsvindt.
c. de extra mogelijkheden voor de rekreatievaart. De baten hiervan zijn moeilijk in geld te waarderen.

In de scoretabel is de gesommeerde waarde van de aanvullende watervoorziening op S gesteld. Deze is voor alle plannen gelijk.

7. Drink- en industriewatervoorziening
Aan de plannen zijn met betrekking tot de drink- en industriewatervoorziening geen baten toegekend. Er is vanuit gegaan dat zonder aanvullende watervoorziening dezelfde onttrekkingen mogelijk zijn.
De onttrekkingen hebben grondwaterstandsverlagingen tot gevolg, hetgeen in droge perioden kan leiden tot schade aan landbouw en natuur. Het water dat wordt gewonnen wordt echter, zij het op een andere plaats, weer geloosd en kan dan dienst doen bij de watervoorziening.
Ter vereenvoudiging van de berekeningen is aangehouden dat de schade ten gevolge van de onttrekkingen en de baten ten gevolge van de lozingen elkaar opheffen. Er dient te worden opgemerkt dat deze redenering ten aanzien van Drenthe niet geheel in overeenstemming is met de realiteit. Een deel van het binnen de provincie gewonnen grondwater wordt namelijk buiten de provincie geloosd, zoals bijvoorbeeld de winningen ten behoeve van de Groningse watervoorziening bij De Groeve, Nietap en De Punt.

8. Doorspoeling
Het nuttig effekt van de watervoorzieningsplannen met betrekking tot de doorspoeling wordt gevormd door de kwaliteitsverbetering van het water ten opzichte van de situatie indien niet gepompt wordt.
In dit laatste geval zal nagenoeg elk jaar gedurende

een aantal maanden de kwaliteit van het oppervlaktewater niet voldoen aan de gestelde normen. De slechte kwaliteit heeft een nadelige invloed op het milieu, de volksgezondheid en op de rekreatiemogelijkheden, terwijl ook landbouw en natuur beperkingen ondervinden ten aanzien van het gebruik van dit water.
Het totale nuttige effekt van de kwaliteitsverbetering is moeilijk in geld uit te drukken. In de scoretabel is in alle plannen de waarde D toegekend.

9. Natuurgebieden
Het positieve effekt van de plannen met betrekking tot de "natte" natuurgebieden is gelijk aan de schade welke door de aanvullende watervoorziening kan worden voorkomen. Het effekt kan worden gemeten door inventarisatie van de flora en de fauna en beoordeling van de resultaten aan de hand van kriteria als zeldzaamheid, soortenrijkdom e.d. De kosten welke gemaakt moeten worden voor het verstrekken van het water of voor het instellen van bufferzônes, $K_{2m} - K_{2z}$, moeten op de baten in mindering worden gebracht.
In de scoretabel is het positieve effekt bij optimale aanvulling op N gesteld. De waardering in de -10, -20 en -50 plannen is aan de hand van tabel 86, geschat op respektievelijk 0,8 N, 0,5 N en 0,2 N.

10. Rekreatie
De positieve effekten van de aanvullende watervoorziening ten behoeve van de rekreatie zijn in absolute waarde gelijk aan de nadelige gevolgen welke optreden indien niet wordt gepompt.
De nadelige gevolgen bestaan uit beperkingen ten aanzien van zwemmen, vissen, varen e.d. welke optreden doordat de kwaliteit en/of de kwantiteit van het oppervlaktewater te wensen overlaat.
Evenals voor de scheepvaart en de doorspoeling reeds is opgemerkt zullen zich bijna elk jaar gedurende een aantal zomermaanden in meerdere of mindere mate beperkingen voordoen.
In de scoretabel is de waarde van de aanvullende vochtvoorziening voor alle plannen op R gesteld. Hierin mogen de voordelen welke voor de rekreatie reeds in S en in D zijn opgenomen niet worden meegeteld.

11. Stoominjektie
Het positieve effekt van de plannen met betrekking tot de stoominjektie is gelijk aan de besparingen op de produktiekosten: $K_{2z} - K_{2m}$.
In de "zonder" situatie zal de N.A.M. vaker gebruik moeten maken van de alternatieve toevoer uit het grondwater dan in de "met" situatie.
De nadelige invloed hiervan op de landbouw en de natuur moet als kostenfaktor worden meegenomen in de produktiekosten. Veronderstellen we verder dat de overige produktiekosten bij gebruik van oppervlaktewater of van grondwater nagenoeg gelijk zijn, dan zijn de baten in absolute zin dus gelijk aan deze verhoging van de produktiekosten in de nul-variant. In de scoretabel is de waardering, welke voor alle plannen gelijk is, met St aangeduid.

12. Aanvulling van de grondwatervoorraad
Het positieve effekt van de aanvulling van het grondwater, welke plaats zal vinden bij uitvoering van de plannen, bestaat uit de verruiming van de winningsmogelijkheden. De vergroting van de ondergrondse voorraad kan van belang zijn voor verschillende doeleinden. Hierbij wordt met name gedacht aan een toename van de winningen ten behoeve van de drink- en industriewatervoorziening en aan een toename van de onttrekkingen ten behoeve van de landbouw.
Met betrekking tot de landbouw wordt gewezen op de mogelijkheden welke worden geschapen om ook de watervoorziening van de hogere delen van Drenthe, welke middels oppervlaktewater moeilijk zijn te bereiken, te verbeteren.
Voor de berekening van het positieve effekt van de aanvulling moet worden nagegaan wat de toekomstige behoefte is aan extra grondwater en wat de kosten en baten zijn wanneer men deze hoeveelheid wint in een toestand met of zonder realisatie van de plannen. Ook het geheel of gedeeltelijk achterwege laten van de extra winningen moet als alternatieve mogelijkheid worden bestudeerd. De baten van elk plan moeten namelijk worden bepaald ten opzichte van de meest gunstige alternatieve oplossing in de nul-situatie.
In de scoretabel is per plan een verschillende waarde toegekend, gerelateerd aan de omvang van de aanvulling van de grondwatervoorraad.
De waarde voor het max'76 plan, waarbij een aanvulling is berekend van $19{,}2 \times 10^6$ m³/jaar is op A gesteld.

13. Kosten van de wateraanvoer
De kosten welke onder dit punt in de scoretabel zijn opgenomen betreffen de extra kosten welke gemaakt moeten worden om de aanvullende watervoorziening middels het primaire, het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem te doen plaatsvinden: $K_{1m} - K_{1z}$. De kosten zijn uitvoerig behandeld in hfdst. VIII en in par. X.4.3.
Zoals hierboven is vermeld zijn de extra kosten voor het gebruik van het water, $K_{2m} - K_{2z}$, als negatieve baten aan de batenzijde van de scoretabel verwerkt.

De positieve en de negatieve effekten van de faktoren welke niet in de scoretabel zijn opgenomen doch wel een rol kunnen spelen bij de beoordeling van de plannen komen in par. XI.4. aan de orde.

XI.3. Vergelijking van de plannen aan de hand van de scoretabel (tabel 88)

De vergelijking van de plannen op basis van de scoretabel geschiedt door voor elk plan de baten minus de kosten te berekenen. Het plan waarvoor dit verschil, afgekort B-K, maximaal is, is het meest aantrekkelijk.
Onder B wordt verstaan de gesommeerde baten uit de scoretabel. Onder K wordt verstaan de gesommeerde kosten uit de scoretabel. Om B-K, ook wel aangeduid als het netto planeffekt, te kunnen berekenen moeten de waarden in de scoretabel eerst nog enigszins worden aangepast:
- Ten eerste moeten alle kosten en baten in dezelfde eenheden worden uitgedrukt, hetzij in geld hetzij middels een puntensysteem.
- Ten tweede moet aan de aldus verkregen waarderingen een gewicht worden toegekend.

Zoals ook reeds in par. XI.1. is vermeld is deze laatste stap, het wegen van de verschillende doeleinden, een beleidszaak.

Om inzicht te krijgen in de aantrekkelijkheid van de 9

plannen ten opzichte van elkaar is hieronder een voorbeeldberekening opgezet. Het blijkt dat op basis van de scoretabel en enkele aannamen omtrent waarden en gewichten van de verschillende doeleinden een redelijk oordeel is te geven over de rangvolgorde van de plannen.

Als eerste stap in de berekening is tabel 89 opgesteld. Deze tabel geeft per plan de baten minus de kosten: B-K. Zoals vermeld wordt B-K gebruikt als selektiekriterium bij het bepalen van de rangvolgorde van de plannen. De tabel is rechtstreeks afgeleid van de scoretabel. In de kolommen 1, 2 en 3 zijn de in guldens gewaardeerde kosten en baten van elkaar afgetrokken. Dit is uiteraard slechts geoorloofd wanneer aan de baten-gulden hetzelfde gewicht wordt toegekend als aan de kosten-gulden (eerste aanname). In de kolommen 4, 5, 6 en 7 zijn de baten van de belangengroepen 2 t/m 12 vermeld met behulp van dezelfde letterscore als in de scoretabel. De indeling van de tabel in de groepen a, b, c en d is overeenkomstig de indeling welke in par. XI.2. is beschreven. De reden hiertoe is dat deze rangschikking een snel inzicht mogelijk maakt in de invloed welke veranderingen of onnauwkeurigheden in de waardering van de effekten hebben op de relatieve aantrekkelijkheid van de plannen. Hierop wordt nog teruggekomen.
Om de vergelijking tussen de plannen te kunnen voltooien moeten alle kosten en baten in eenzelfde eenheid worden uitgedrukt. Hiertoe is de tweede, zeer grove, aanname gedaan: stel de gemiddelde waarde van de aanvullende watervoorziening ten behoeve van de belangengroepen 2 t/m 12 op ƒ 0,10 per m^3. Door deze aanname krijgen de letterscores de waarden zoals vermeld in tabel 90.
Invulling van de waarden van tabel 90 in tabel 89 levert tabel 91. De kolommen 1, 2 en 3 van tabel 91 geven nogmaals de netto landbouwbaten minus de wateraanvoerkosten bij de verschillende beregeningspercentages. Kolom 4 geeft de gesommeerde baten van de belangengroepen 2 t/m 12 bij de waardering van ƒ 0,10/m^3.
In de kolommen 5, 6 en 7 zijn de bedragen samengesteld tot het netto planeffekt B-K.
Beoordelen we nu de aantrekkelijkheid van de plannen aan de hand van de kolommen 5, 6 en 7 dan blijkt dat B-K slechts bij het lage beregeningspercentage gunstig uit de bus komt. Dat de kolommen 5 en 6 negatief uitvallen is voornamelijk een gevolg van het reeds eerder gesignaleerde feit dat op de betere gronden, welke meerjarig gemiddeld slechts een geringe aanvullende vochtvoorziening behoeven, de beregening middels de dure haspelautomaten nationaal-ekonomisch gezien onrendabel is.

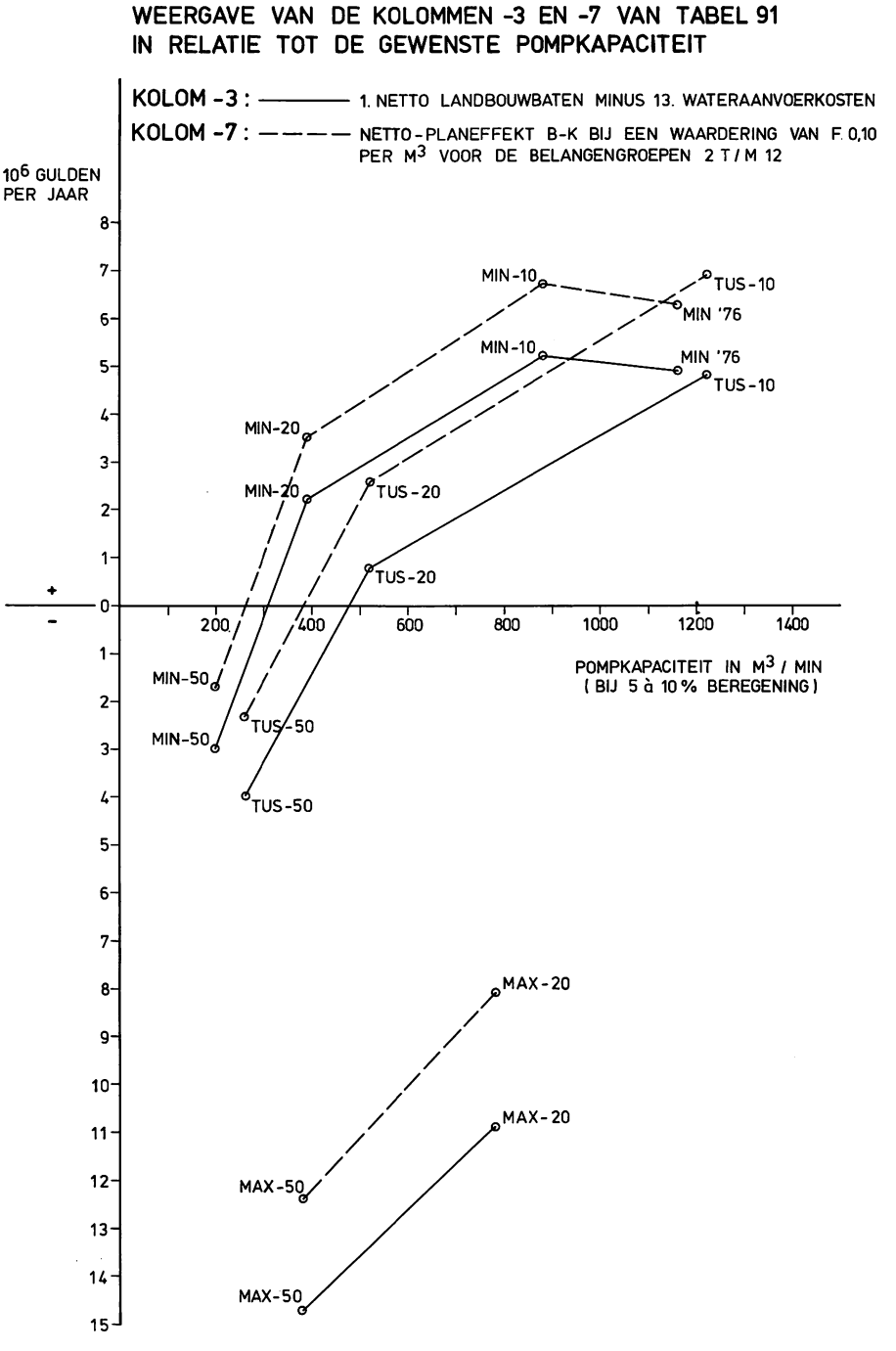
Uit de kolommen 3 en 7 blijkt dat, bij beperking van de beregening tot de droogtegevoelige gronden, een aantal plannen positief uitvalt.
Om een betere vergelijking tussen de plannen mogelijk te maken en om een inzicht te krijgen in de gewenste pompkapaciteit zijn de kolommen 3 en 7 van tabel 91 in figuur 50 grafisch uitgezet tegen de bijbehorende pompkapaciteiten zoals berekend in par. VI.3. en par. X.4.1.
In figuur 50 zijn de min-plannen onderling verbonden door rechte lijnen. Hetzelfde is gedaan bij de tus-plannen en de max-plannen. Door deze lineaire interpolatie is het mogelijk een indruk te krijgen van de resultaten welke bij verschillende pompkapaciteiTabel 89

Baten minus kosten: B – K							
a) Effekten welke per plan verschillen			*12. Aanvulling grondwatervoorraad*	*b) Effekten welke verschillen afhankelijk van de droogteklasse waarop het plan is afgestemd*	*c) Effekten welke verschillen afhankelijk van de grootte van het plangebied*	*d) Effekten welke in alle plannen gelijk zijn*
1. Netto landbouwbaten minus 13. Wateraanvoerkosten (in 10^6 gld/jaar)				*5. Buiten provincie 9. Natuurgebieden*	*2. Veedrenking 3. Ziekte- en onkruidbestr.*	*4. Glastuinbouw 6. Scheepvaart 8. Doorspoeling 10. Rekreatie 11. Stoominjektie*
optim. bereg.	*20-30% bereg.*	*5-10% bereg.*				
1	2	3	4	5	6	7
min'76 plan – 21,8	– 4,8	+ 4,9	+ 0,24 A	+ B + N	+ 0,5 V + 0,5 Z	+ G + S + D + R + St
min-10 plan – 6,8	– 6,8	+ 5,2	+ 0,28 A	+ 0,9 B + 0,8 N	+ 0,5 V + 0,5 Z	+ G + S + D + R + St
min-20 plan – 10,5	– 10,5	+ 2,2	+ 0,21 A	+ 0,7 B + 0,5 N	+ 0,5 V + 0,5 Z	+ G + S + D + R + St
min-50 plan – 6,9	– 6,9	– 3,0	+ 0,21 A	+ 0,4 B + 0,2 N	+ 0,5 V + 0,5 Z	+ G + S + D + R + St
tus-10 plan – 15,2	– 3,1	+ 4,8	+ 0,56 A	+ 0,9 B + 0,8 N	+ 0,7 V + 0,7 Z	+ G + S + D + R + St
tus-20 plan – 21,0	– 8,2	+ 0,8	+ 0,42 A	+ 0,7 B + 0,5 N	+ 0,7 V + 0,7 Z	+ G + S + D + R + St
tus-50 plan – 16,6	– 16,6	– 4,0	+ 0,38 A	+ 0,4 B + 0,2 N	+ 0,7 V + 0,7 Z	+ G + S + D + R + St
max-20 plan – 48,0	– 15,7	– 10,9	+ 0,93 A	+ 0,7 B + 0,5 N	+ V + Z	+ G + S + D + R + St
max-50 plan – 44,5	– 21,5	– 14,7	+ 0,70 A	+ 0,4 B + 0,2 N	+ V + Z	+ G + S + D + R + St

Waardering van de letterscores in 10^6 gld/jaar indien de gemiddelde waarde per m^3 aanvullende watervoorziening ƒ 0,10 bedraagt											
"groep"	a	b		c				d			
belangengroep	12	5	9	2	3	4	6	8	10	11	
letterscore	A	B	N	V	Z	G	S	D	R	St	
10^6 gld/jr/letterscore	1,92	0,074	0,02	0,06	0,004	0,05	0,37	0,40	?	0,03	
10^6gld/jr/"groep"	1,92	0,09		0,06				0,85			

Tabel 90

Figuur 50.



	1. Netto landbouwbaten minus 13. Wateraanvoerkosten in 10^6 gld/jaar			Gesommeerde baten van de overige belangengroepen (2 t/m 12) bij een waardering van ƒ 0,10 per m^3 aanvullende watervoorz. in 10^6 gld/jaar	Netto planeffekt: B — K in 10^6 gld/jaar		
	optim. bereg.	20-30% bereg.	5-10% bereg.		Optim. bereg. kolom (1+4)	20-30% bereg. kolom (2+4)	5-10% bereg. kolom (3+4)
	1	2	3	4	5	6	7
min'76	— 21,8	— 4,8	+ 4,9	+1,44	— 20,4	— 3,4	+ 6,3
min-10	— 6,8	— 6,8	+ 5,2	+1,49	— 5,3	— 5,3	+ 6,7
min-20	— 10,5	— 10,5	+ 2,2	+1,34	— 9,2	— 9,2	+ 3,5
min-50	— 6,9	— 6,9	— 3,0	+1,32	— 5,6	— 5,6	— 1,7
tus-10	— 15,2	— 3,1	+ 4,8	+2,05	— 13,1	— 1,0	+ 6,9
tus-20	— 21,0	— 8,2	+ 0,8	+1,76	— 19,2	— 6,4	+ 2,6
tus-50	— 16,6	— 16,6	— 4,0	+1,65	— 14,9	— 14,9	— 2,3
max-20	— 48,0	— 15,7	— 10,9	+2,75	— 45,2	— 12,9	— 8,1
max-50	— 44,5	— 21,5	— 14,7	+2,29	— 42,2	— 19,2	— 12,4

Tabel 91

ten zijn te verwachten. De getrokken lijnen geven de netto landbouwbaten minus de wateraanvoerkosten (kolom 3). De gestippelde lijnen geven het netto planeffekt B-K (kolom 7). De afstand tussen de bij elkaar behorende getrokken en gestippelde lijnen is dus een maat voor de baten in de belangengroepen 2 t/m 12 (kolom 4).

Op basis van het B-K kriterium is nu de rangvolgorde van de plannen vastgesteld, waarbij een indeling is gemaakt in drie groepen:

— Veelbelovende plannen: tus-10, min-10, min'76
— Matige plannen: min-20, tus-20
— Slechte plannen: min-50, tus-50, max-20, max-50

De aantrekkelijkheid van de plannen neemt in bovenstaande reeks van boven naar beneden af.

Ter kompletering van deze beoordeling moet vervolgens worden nagegaan wat de gevoeligheid van deze rangvolgorde is met betrekking tot de gedane aannamen. Wat is de invloed op de rangvolgorde wanneer een wijziging wordt aangebracht in de waarderingen of in de gewichten welke in de voorbeeldberekening zijn aangenomen? Om een indruk te krijgen van deze gevoeligheid is hieronder, bij wijze van voorbeeld, uitgerekend wat het effekt is op B-K wanneer voor de veedrenking niet ƒ 0,10/m^3 maar ƒ 0,20/m^3 als waardering voor de aanvullende vochtvoorziening wordt aangehouden.
Alle overige cijfers worden verondersteld gelijk te blijven.
Aan de veedrenking zijn bij volledige aanvulling van het tekort en een waarde van ƒ 0,10/m^3 baten toegekend van V = ƒ 0,10/m^3 × 600.000 m^3/jaar = ƒ 60.000,—/jaar.
Bij een waarde van ƒ 0,20/m^3 zijn deze baten V_1 = ƒ 120.000,—/jaar.
Wat betekent dit nu voor B-K van de verschillende plannen?
In het min'76 plan zijn de baten voor de veedrenking 0,5 V, zoals blijkt uit tabel 89. Deze baten zijn bij een waarde van ƒ 0,10 en ƒ 0,20 per m^3 respektievelijk:
0,5 V = 0,5 × ƒ 60.000,—/jaar = ƒ 30.000,—/jaar en
0,5 V_1 = 0,5 × ƒ 120.000,—/jaar = ƒ 60.000,—/jaar.

De toename van de baten van het min'76 plan bij de stap van ƒ 0,10/m^3 naar ƒ 0,20/m^3 is dus
0,5 V_1 — 0,5 V = ƒ 30.000,—/jaar.
Evenzo is een toename in de baten van de min-10, -20 en -50 plannen te berekenen van ƒ 30.000,—/jaar; in de tus-10, -20 en -50 plannen van 0,7 V_1 — 0,7 V = ƒ 42.000,—/jaar; in max-20 en -50 plannen van V_1 — V = ƒ 60.000,—/jaar.
Voor de beoordeling van de invloed op de rangvolgorde van de plannen bekijken we nu nogmaals tabel 91. De berekende wijzigingen in de baten voor de veedrenking moeten worden doorberekend in kolom 4 en vervolgens in de kolommen 5, 6 en 7.
De min-plannen gaan ƒ 30.000,— vooruit, de tus-plannen ƒ 42.000,— en de max-plannen ƒ 60.000,—.
Het blijkt dat de bedragen in de kolommen 5, 6 en 7 procentueel nauwelijks worden beïnvloed door deze wijzigingen. De rangvolgorde van de plannen welke gebaseerd is op de bedragen van kolom 7 blijft dan ook ongewijzigd.

Een soorgelijke redenering kan worden opgezet wanneer de waarde per m^3 aanvullende vochtvoorziening wordt verlaagd van ƒ 0,10 naar ƒ 0,05. In dit geval zullen alle plannen in absolute zin iets ongunstiger uitvallen, terwijl relatief gezien de min-plannen iets gunstiger worden ten opzichte van de max-plannen. Ook nu geldt echter dat de wijziging géén invloed heeft op de rangvolgorde van de plannen. Het feit dat de gevoeligheid zo gering is wordt veroorzaakt door de koppeling van de baten aan de m^3 aanvullende watervoorziening. Aangezien de aanvullende watervoorziening voor de veedrenking ten opzichte van de totale aanvullende watervoorziening een zeer geringe hoeveelheid betreft, is ook de invloed van de waardewijziging per m^3 gering.
Eenzelfde betoog kan worden gehouden over de belangengroepen 3. ziekte- en onkruidbestrijding, 5. buiten de provincie en 9. natuurgebieden. Ook deze doeleinden vragen, ten opzichte van het totaal, slechts weinig water en een wijziging in de waardering zal dus de relatieve aantrekkelijkheid van de plannen slechts in zeer beperkte mate beïnvloeden.
Ten aanzien van de belangengroepen 4. glastuinbouw, 6. scheepvaart, 8. doorspoeling, 10. rekreatie en 11. stoominjektie is de gevoeligheidsanalyse eenvoudig. Deze belangengroepen worden in alle plannen in voldoende mate van water voorzien. Het spreekt vanzelf dat een wijziging in de waardering per m^3 aanvullende watervoorziening in alle plannen in

	Netto baten in 10^6 gld/jaar voor de aanvulling van het grondwater bij een waardering per m^3 van . . .			*B–K in 10^6 gld/jaar, bij 5-10% beregening, bij een waardering voor de aanvulling van het grondwater van . . .*		
	f 0,05/m^3	*f 0,10/m^3*	*f 0,20/m^3*	*f 0,05/m^3*	*f 0,10/m^3*	*f 0,20/m^3*
	1	2	3	4	5	6
min'76	0,24	0,47	0,94	+ 6,1	+ 6,3	+ 6,8
min-10	0,27	0,53	1,06	+ 6,4	+ 6,7	+ 7,2
min-20	0,20	0,40	0,80	+ 3,3	+ 3,5	+ 3,9
min-50	0,20	0,40	0,80	− 1,9	− 1,7	− 1,3
tus-10	0,54	1,08	2,16	+ 6,4	+ 6,9	+ 8,0
tus-20	0,41	0,81	1,62	+ 2,2	+ 2,6	+ 3,4
tus-50	0,36	0,72	1,44	− 2,7	− 2,3	− 1,6
max-20	0,89	1,78	3,56	− 9,0	− 8,1	− 6,3
max-50	0,67	1,34	2,68	− 13,1	− 12,4	− 11,1

Tabel 92

dezelfde mate doorwerkt. De waardewijziging heeft wél invloed op de absolute waardering van de plannen maar niet op de onderlinge rangvolgorde.
Een belangengroep welke bij wijziging van de waarde per m^3 aanvullende vochtvoorziening meer invloed op de rangvolgorde van de plannen kan uitoefenen is groep 12. aanvulling van de grondwatervoorraad. Deze post, welke wordt veroorzaakt door de wegzijging van het aangevoerde water op de middelhoge en de hoge gronden, vertegenwoordigt ook relatief gezien een aanzienlijke hoeveelheid water. Wanneer nu aan dit water een andere waarde per m^3 wordt toegekend kan dit de totale baten merkbaar beïnvloeden. Aangezien verder een aanmerkelijk verschil bestaat tussen de aanvulling in de verschillende plannen is het te verwachten dat de rangvolgorde van de plannen een wijziging zal ondergaan. Op dezelfde wijze als hierboven voor de veedrenking is gebeurd, is voor de aanvulling van de grondwatervoorraad berekend wat de invloed is op B-K wanneer we als baten per m^3 water niet ƒ 0,10 maar ƒ 0,05 en ƒ 0,20 kiezen. Het resultaat van deze berekeningen is vermeld in tabel 92.

Vergelijking van de kolommen 4, 5 en 6 van tabel 92 toont aan dat ook deze waardeverschuiving slechts van geringe invloed is op de rangvolgorde. Bekijken we de onderlinge verschuiving van de veelbelovende plannen (tus-10, min-10 en min'76) dan blijkt dat bij een hoge waardering per m^3 aanvulling van het grondwater het tus-10 plan extra gunstig uit de bus komt. Dit is begrijpelijk aangezien in dit plan een groter deel van de hogere gronden van water wordt voorzien waardoor een grotere hoeveelheid water wegzijgt naar de ondergrond.
Kennen we daarentegen geen of weinig waarde toe aan de wegzijging dan komen de min'76 en min-10 plannen het meest gunstig tevoorschijn.

Tot slot van deze beschouwing over de gevoeligheid moet nog worden gewezen op het grote belang van de waarde en het gewicht dat men toekent aan 1. netto landbouwbaten en aan 13. wateraanvoerkosten. Deze posten vormen namelijk het zwaartepunt in de scoretabel en zijn verder van plan tot plan vaak sterk verschillend. In de bovenstaande beschouwingen zijn de kosten en de baten steeds gewaardeerd op basis van gemiddelde prijzen voor de inputs en de outputs bij een rentepercentage van 8 en zijn de gewichten van de baten-gulden en de kosten-gulden gelijk gesteld. De kosten en baten zullen wijzigen wanneer verschuivingen optreden in de landbouwprijzen, de energieprijzen, de rentevoet e.d. of wanneer men de wegingsfaktoren verandert.
Voor de beoordeling van deze invloeden zijn de veelbelovende plannen, tus-10, min-10 en min'76, nogmaals bekeken. In de scoretabel zijn de netto landbouwbaten en de wateraanvoerkosten van deze plannen gewaardeerd in 10^6 gld/jaar.
Alhoewel het verschil tussen deze kosten en baten in de drie plannen bijna een gelijke waarde oplevert bestaan er aanzienlijke verschillen tussen de landbouwbaten in de plannen en evenzo tussen de wateraanvoerkosten. Het is duidelijk dat wanneer de prijzen van de produkten of van de produktiemiddelen wijzigen of wanneer verschillende gewichten worden toegekend aan de baten-gulden dan wel aan de kosten-gulden, dit van invloed is op de aantrekkelijkheid van de plannen, zowel absoluut als relatief gezien.
Geeft men bijvoorbeeld de landbouwbaten-gulden een hoger gewicht dan de algemene kosten-gulden dan betekent dit dat het tus-10 plan aantrekkelijker wordt ten opzichte van de min'76 en min-10 plannen. Bij een lager gewicht voor de landbouwbaten-gulden geldt het omgekeerde. In de praktijk kunnen deze verschillende gewichten tot uiting komen in de vorm van subsidies en indirekte belastingen.

Resumerend kan worden gesteld dat op basis van de scoretabel de volgende drie plannen als het meest aantrekkelijk tevoorschijn komen: tus-10, min-10 en min'76. De overige plannen welke zijn afgestemd op een mindere mate van droogte vallen in de klasse "matig" of "slecht". Het ongunstig uitvallen van laatstgenoemde plannen wordt voornamelijk veroorzaakt doordat wel hoge kosten gemaakt moeten worden voor de aanvoer van het water, waarbij met name wordt gedoeld op de verbeteringskosten van het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem, terwijl in de droge jaren door de gemalen niet voldoende water kan worden aangevoerd om optimaal van deze werken te profiteren. Dit bezwaar telt extra zwaar in de max-20 en max-50 plannen waarin voor de wateraanvoer extreem hoge kosten moeten worden gemaakt voor de aanleg van het sekundaire en het tertiaire stelsel, terwijl de aanvoer in droge tijden ontoereikend zal zijn. Ook het rendement van de beregeningsapparatuur wordt in negatieve zin beïnvloed door de te kleine aanvoerkapaciteit in droge jaren.

De beschouwing over de gevoeligheid van de rangvolgorde heeft aangetoond dat:
- de waardering en de gewichtskeuze van de belangengroepen 2 t/m 11 weinig of geen invloed heeft op de rangvolgorde van de plannen.
- de keuze tussen de drie veelbelovende plannen voornamelijk afhangt van de waarden en de gewichten van
  - 1. de netto landbouwbaten
  - 12. de aanvulling van de grondwatervoorraad
  - 13. de wateraanvoerkosten.

Ook de extra produktiekosten ($K_{2m} - K_{2z}$) kunnen van invloed zijn op de beoordeling van de plannen indien men aan deze kosten een afwijkend gewicht toekent. Deze kosten zijn verwerkt aan de batenzijde van de scoretabel en als zodanig moeilijk aanwijsbaar. Zoals in par. XI.2. is beschreven kunnen de plannen zowel een verhogende als een besparende invloed uitoefenen op de produktiekosten.

Tot slot van deze paragraaf zijn in tabel 93 nogmaals enkele gegevens samengevat met betrekking tot de drie veelbelovende plannen.

XI.4. Overige faktoren welke bij de beoordeling van de plannen een rol kunnen spelen

In de scoretabel zijn, in de belangengroepen 1 t/m 12, de doeleinden beoordeeld welke direkt bij de watervoorziening zijn betrokken. Ze worden hier aangeduid als primaire doeleinden. Uiteraard zijn er andere doelstellingen in de maatschappij welke door de plannen worden beïnvloed, zoals bijvoorbeeld op het terrein van de werkgelegenheid, de ruimtelijke ordening enz. Voor een juiste beoordeling van de plannen moeten ook de effekten ten aanzien van deze sekundaire doeleinden worden gemeten, gewaardeerd en gewogen.

Om een volledig beeld te krijgen van de sekundaire doeleinden moeten de plannen worden getoetst aan de beleidslijnen welke op nationaal en op regionaal niveau zijn uitgewerkt in beleidsnota's, struktuurschema's, meerjarenplannen, streekplannen enz.
Deze toetsing geeft inzicht in:
- de sekundaire doeleinden welke worden beïnvloed door de watervoorzieningsplannen
- de gewichten welke men aan de doeleinden moet toekennen.

Hieronder volgt een check-list van de voornaamste beleidsonderdelen waaraan de plannen moeten worden getoetst:
- sociaal-ekonomisch beleid
  - werkgelegenheid
  - investeringen
  - inkomensverdeling
  - energiebeleid
- milieubeleid
  - bodem-, lucht- en waterkwaliteit
  - flora en fauna
- landbouwbeleid
  - landbouwstruktuur
  - voedselproduktie
  - exportfunktie (betalingsbalans)
  - stabilisatie van de produktie (kontinuïteit

Enkele gegevens van de 3 veelbelovende plannen

	Pompkapaciteit in m^3/min. (bij 5-10% beregening)		Totaal op te pompen hoeveelheid in $10^6 m^3$ (jaarlijks, meerjarig gemiddeld)	Kosten van de wateraanvoer, meerjarig gemiddeld, in 10^6 gld per jaar			Baten van de aanvullende watervoorziening in 10^6 gld per jaar			Baten minus kosten in 10^6 gld per jaar (10-7)
	Reeds aanwezig in huidige situatie	Bij te plaatsen	Totaal (1+2)	Primair aanvoersysteem	Secundair en tertiair aanvoersysteem	Totaal (5+6)	Landbouw	Overige belangengroepen bij een waardering van f0,10/m^3	Totaal (8+9)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
plannen											
min'76	260	900	1160	32,3	3,8	4,6	8,4	13,3	1,4	14,7	6,3
min-10	260	620	880	30,8	2,9	4,0	6,8	12,0	1,5	13,5	6,7
tus-10	260	960	1220	42,0	3,8	8,4	12,2	17,0	2,1	19,1	6,9

Tabel 93

van de landbouwbedrijven en van de toeleverende en de verwerkende industrie)
- ruimtelijke ordeningsbeleid
  - inrichting en bestemming van het landelijk en stedelijk gebied
- waterhuishoudkundig beleid
  - vraag en aanbod van water

    Zowel op nationaal niveau, op provinciaal niveau, op waterschapsniveau als op bedrijfsniveau moet worden nagegaan of de watervoorzieningsplannen in overeenstemming zijn met de beleidsvoornemens ten aanzien van de vraag naar en het aanbod van water.

    Op nationaal niveau moet worden nagegaan of de berekende pompkapaciteit in overeenstemming is met het aanbod van water van rijkswege.

    Op provinciaal niveau moeten de plannen worden getoetst aan het provinciale beleid ten aanzien van de waterverdeling. Indien men op beleidsniveau een andere verdeling voorstaat dan in de berekeningen is aangehouden kan dit van invloed zijn op de beoordeling van de plannen. Ook het beleid op waterschapsniveau en op bedrijfsniveau moet harmoniëren met de plannen. Op dit niveau wordt de werkelijke vraag naar water bepaald. In het kader van deze vraag naar water moet worden gewezen op het grote belang van het beleid dat men gaat voeren met betrekking tot de verdeling van de kosten over de gebruikers van water en over de subsidiërende instanties. De prijs per m^3 water welke uiteindelijk door de gebruiker moet worden betaald kan de vraag naar water in sterke mate beïnvloeden.

De hierboven aangeduide toetsing van de plannen aan de beleidslijnen, betreffende verschillende doeleinden op verschillende niveaus van planning, is niet nader uitgewerkt.

Ter afsluiting van dit hoofdstuk volgt hier nog een algemene opmerking met betrekking tot de evaluatie van de plannen. De beoordeling van de plannen op basis van het B-K kriterium geeft inzicht in de aantrekkelijkheid van de plannen in hun geheel. Wat de rentabiliteit is van de watervoorziening van de afzonderlijke belangengroepen valt uit de resultaten niet af te lezen. Zo kan het gebeuren dat bepaalde onderdelen van de watervoorziening onrendabel zijn terwijl B-K van het plan als geheel positief uitvalt. Het kan voorkomen dat de aanvullende watervoorziening van een belangengroep als geheel onrendabel is, terwijl het ook mogelijk is dat de voorziening van een gedeelte van de belangengroep negatief uitvalt. Verder is het mogelijk dat de droogteklasse waarop de aanvullende watervoorziening moet worden afgestemd, om een optimaal rendement op te leveren, per belangengroep verschillend is.
Al deze zaken worden niet gesignaleerd wanneer men de plannen in hun geheel bekijkt en beoordeelt op basis van het totale netto planeffekt B-K.

Voor een juiste beoordeling van een watervoorzieningsplan moet men het plan opsplitsen in de kleinst logische eenheden van watervoorziening. Elk watervoorzieningsprojektje dat op zich kan funktioneren moet afzonderlijk worden bekeken. Indien B-K van dit projektje groter is dan nul kan het worden gehandhaafd in het geheel, zo niet dan moet het worden geschrapt.
Een studiegroep van de technische hogeschool te Delft is momenteel bezig de aanvullende watervoorziening voor de landbouw, de grootste behoeftebron, op een dergelijke gedetailleerde wijze te benaderen. Per punt in de provincie wordt bekeken welke kosten en welke baten gepaard gaan met de watervoorziening. Indien B-K voor dit punt positief uitvalt is de aanvullende watervoorziening rendabel en wordt het punt opgenomen in het watervoorzieningsplan. Indien B-K < 0 is de voorziening onrendabel en komt het punt niet in aanmerking voor aanvullende watervoorziening. De optimalisatieberekeningen worden uitgevoerd met behulp van lineaire programmeringstechnieken. De studie verkeert nog in een beginstadium en op korte termijn zijn geen praktisch bruikbare resultaten te verwachten. Het spreekt vanzelf dat deze verfijnde wijze van planopzet en evaluatie omvangrijk en tijdrovend is.

Als basis voor een primaire beslissing omtrent de te installeren pompkapaciteit worden de resultaten van deze studie in eerste instantie voldoende geacht. Het feit dat de installatie van de pompkapaciteit gefaseerd kan worden uitgevoerd is in dit kader een gunstige bijkomstigheid. Dit betekent namelijk dat men kan starten met de minimaal vereiste kapaciteit waarna, afhankelijk van de ontwikkeling van de vraag naar water, een flexibele aanpassing van de gemalen mogelijk is.

XII. Slotbeschouwing

XII.1. Watervoorziening uit het oppervlaktewater en uit het grondwater

XII.1.1. Oppervlaktewater

Algemeen kan voor Drenthe worden gesteld dat in de waterbeheersingsplannen van de afgelopen jaren de watervoorziening, relatief gezien, een steeds zwaarder accent krijgt. De waterhuishoudkundige infrastruktuur met betrekking tot de waterafvoer is grotendeels gereed, terwijl deze met betrekking tot de watervoorziening op veel plaatsen nog gebrekkig is.
In eerste instantie wordt bij de verbetering van de watervoorziening gedacht aan een optimalisering van de waterkonservering, ofwel het beter vasthouden van het wateroverschot in natte perioden om hierop in droge perioden terug te kunnen vallen. Het is evenwel gebleken dat de extra hoeveelheden water welke door konservering beschikbaar kunnen komen ontoereikend zijn voor dekking van de vochttekorten in droge zomers. Dit betekent dat zonder wateraanvoer van buiten de provincie, een optimale waterhuishouding in Drenthe onmogelijk is te realiseren. In deze studie nu is aangegeven op welke wijze oppervlaktewater van buiten de provincie moet worden aangevoerd om de waterhuishouding van de diverse belangengroepen te vervolmaken. Aangezien Drenthe hoog is gelegen ten opzichte van de aangrenzende gebieden is aanvoer van oppervlaktewater slechts mogelijk door middel van oppompen, oftewel door het installeren van gemalen. In de huidige situatie zijn ook reeds gemalen aanwezig, indertijd geplaatst ten behoeve van de peilbeheersing op de scheepvaartkanalen, doch de kapaciteit van deze gemalen is onvoldoende voor aanvulling van de berekende vochttekorten. De plaatsen en de kapaciteiten van de gemalen, de op te pompen hoeveelheden water, de benodigde aanpassingen aan de waterhuishoudkundige infrastruktuur binnen de waterschappen alsmede de kosten en de baten welke hiermee gepaard gaan zijn in de voorafgaande hoofdstukken behandeld.

Een samenvatting van de belangrijkste eindresultaten is vermeld in tabel 93. Ten aanzien van de berekende pompkapaciteiten kan nog het volgende worden opgemerkt:

— De gewenste pompkapaciteit, zoals vermeld in kolom 3 van tabel 93, is gebaseerd op een beregeningspercentage van 5-10% van het totale kultuurgrondareaal. De verwachting is echter dat dit percentage in de toekomst op zal lopen tot 20 à 30%. Alhoewel de rentabiliteit van deze uitbreiding diskutabel is, althans bij de huidige technische en ekonomische omstandigheden, valt het toch aan te bevelen bij de keuze van de pompkapaciteit met deze tendens rekening te houden. De berekende pompkapaciteiten bij 20-30% beregening zijn voor de drie veelbelovende plannen:
  min'76 — 1520 m^3/min
  min-10 — 994 m^3/min
  tus-10 — 1380 m^3/min (zie ook par. X.4.1.)
— De gewenste pompkapaciteiten zijn berekend op basis van de behoefte in de droogste maand van het maatgevende droogteklassejaar. Hierbij is er verder vanuit gegaan dat de gemalen in deze maand kontinu draaien op volle kapaciteit. Bij een nadere uitwerking van de plannen zal bekeken moeten worden in hoeverre dit uitgangspunt haalbaar is.
— Zoals uit de kosten/baten analyse is gebleken is het geen rendabele zaak een zodanige aanvoerkapaciteit te installeren dat de gehele provincie, bij elke mate van droogte, optimaal van oppervlaktewater kan worden voorzien. Bij enkel gebruik van oppervlaktewater blijven er dus, ook na realisering van één van de veelbelovende plannen, altijd gebieden en perioden waarin in de toekomst vochttekorten zullen optreden.
  Deze tekorten kunnen worden opgevangen door gebruik te maken van het diepe grondwater. De mogelijkheden hiertoe worden hieronder nader toegelicht.

XII.1.2. Grondwater

Uit de waterbalans van Drenthe (par. IV.18.1.) blijkt dat over een langere periode van een watertekort geen sprake is. Bij de aanwezigheid van een voldoende grote buffervoorraad kan dus hieruit in het watertekort worden voorzien. In principe vormt het grondwater een dergelijke buffer.
Van nature wordt het neerslagtekort in de zomer reeds ten dele aangevuld door het bodemvocht en het grondwater (zie par. III.5.). Op kunstmatige wijze, door oppompen van grondwater en verregening hiervan, kan in principe technisch volledig in het neerslagtekort worden voorzien.
In de praktijk zal het realiseren van een aanzienlijke grondwaterwinning echter veel gekompliceerder zijn. Naast de belangen die met de winning worden behartigd, kunnen ook belangen door de winning worden geschaad. Het al dan niet toestaan van een

grondwaterwinning berust dan ook op een belangenafweging (zie nota "Achtergronden en toekomst van het grondwaterbeleid in Drenthe").

Een belangrijk voordeel van aanvullende watervoorziening vanuit het grondwater is dat geen kostbare infrastrukturele voorzieningen getroffen behoeven te worden voor de aanvoer van oppervlaktewater. Met name spreekt dit voor de hoge gronden en in zeer droge perioden. Vanuit het grondwater kunnen pieken in de watervoorziening gemakkelijker worden opgevangen.
Een belangrijk nadeel is de schade die kan voortvloeien uit de met de winning gepaard gaande grondwaterstandsdaling.
Ten aanzien van de kwaliteit kan als voordeel(soms) het lage chloridegehalte van het grondwater genoemd worden; als nadeel de lage temperatuur en het hoge ijzergehalte.

Het genoemde bezwaar van mogelijke schade bij grondwaterwinning treedt op op de lage en middelhoge gronden, waar zonder grondwaterwinning de grondwaterstand zich op een zodanig niveau bevindt dat aanvulling van het neerslagtekort vanuit het grondwater, al dan niet extra gevoed door infiltratie, op natuurlijke wijze kan plaatsvinden.
Heel duidelijk komen de nadelen van een grondwaterstandsdaling ook tot uitdrukking in natte natuurgebieden, met name de beekdalen, die zich slechts kunnen handhaven dankzij de daar aanwezige hoge grondwaterstand. Beregening biedt in dit laatste geval geen oplossing.
Voorts zal bij winning van grondwater op grote schaal de droogweerafvoer in de beken merkbaar afnemen. Naast gevolgen voor het "peil" en de afvoer heeft dit veelal ook konsekwenties voor de kwaliteit van het water.
De grootte van de extra grondwaterstandsdaling bij beregening op grote schaal vanuit het grondwater is afhankelijk van verschillende faktoren en omstandigheden. Indien de aanvulling van het watertekort volledig uit het grondwater plaatsvindt, zal de extra daling in een droge zomer al gauw gemiddeld enkele decimeters bedragen en in een extreem droge zomer ca. 1 meter. Beregening uit grondwater veroorzaakt dan ook een sneeuwbaleffekt. Dit is niet alleen van psychologische aard, maar vloeit ook direkt voort uit de grondwaterstandsdalingen (grondwaterwinning → grondwaterstandsverlagingen → extra grondwaterwinning → extra grondwaterstandsverlagingen → enz.). Dit leidt ertoe dat beregeningsinstallaties nodig worden op plaatsen waar dit zonder beregening op grote schaal uit het grondwater niet het geval zou zijn geweest. In hoeverre beregening uit grondwater uit financieel oogpunt aantrekkelijk is t.o.v. aanvoer van oppervlaktewater, kan zonder nadere berekeningen dan ook niet gezegd worden.

XII.1.3. Konsekwenties voor het te voeren beleid.

Uit beleidsuitspraken en doelstellingen met betrekking tot met het grondwaterbeheer te behartigen belangen, met name op het gebied van natuur en milieu, blijkt dat de gevolgen van grondwateronttrekking op omvangrijke schaal ten behoeve van beregening in de landbouw onaanvaardbaar worden geacht (zie ook de nota "Achtergronden en toekomst van het grondwaterbeleid in Drenthe"). Dit heeft geleid tot de volgende, ook thans reeds gehanteerde, uitgangspunten bij het gevoerde (grond)waterbeleid:
- Het te winnen grondwater wordt in eerste instantie gebruikt en gereserveerd voor die doeleinden waarvoor water met een goede kwaliteit nodig is. Met name moet hierbij gedacht worden aan drinkwatervoorziening en sommige industriële gebruikers.
- De watervoorziening voor de overige doeleinden dient zoveel mogelijk gerealiseerd te worden met behulp van oppervlaktewater.

In hoeverre in de waterbehoefte in de landbouw kan worden voorzien vanuit het oppervlaktewater, is mede een financiële kwestie.
De kosten van oppervlaktewateraanvoer zijn voor de lage gebieden aanzienlijk geringer dan voor de hoge gebieden (zie par. VIII.3.). Bovendien kan in lage gebieden beregening veelal achterwege blijven omdat het water voornamelijk door middel van infiltratie bij het gewas kan komen. In de hoge gebieden kan dit niet, daar hier het grondwater een te laag niveau heeft en zich buiten het bereik van de plantenwortels bevindt. Dit heeft echter ook tot gevolg dat de nadelige effekten van grondwaterwinningen op de hoge gebieden beperkt blijven. Bij grote omvang van de winningen zal dit echter wel merkbaar kunnen zijn in nabij gelegen lagere gebieden waarnaar in de ongestoorde toestand het water vanuit de hoge gebieden afstroomt. Het voorgaande leidt tot de aanbeveling dat indien beregening met grondwater wordt toegelaten de hoge en middelhoge gebieden waar oppervlaktewatertoevoer niet realiseerbaar (te duur) is, voorrang hebben boven de lage en middelhoge gebieden waar wel oppervlaktewater heen gevoerd kan worden.

Ten aanzien van de aanvoer van oppervlaktewater kan tenslotte nog het volgende worden opgemerkt:
- door het gebruik van oppervlaktewater wordt de druk op het grondwater verminderd;
- door de wegzijging uit de leidingen en de hiermee gepaard gaande verhoging van de grondwaterspiegel, wordt de vraag naar grondwater kleiner, terwijl bovendien de winbare hoeveelheid grondwater wordt vergroot en de nadelige gevolgen van de grondwaterwinningen worden voorkomen dan wel verminderd.

Laatstgenoemde punten wijzen beide op het belang van de aanvoer van oppervlaktewater naar de middelhoge gebieden indien men de gebieden welke buiten het bereik van het oppervlaktewater blijven de beschikking wil geven over grondwater. Het kan bijvoorbeeld zijn dat in een bepaald gebiedje de aanvoer van oppervlaktewater, welke in eerste instantie te duur lijkt, toch moet worden aanbevolen wanneer de gunstige neveneffekten met betrekking tot het grondwater in de afweging worden verwerkt. In dit verband wordt gewezen op het voordeel van de tussenplannen ten opzichte van de minimumplannen. In de tussenplannen wordt een groter deel van de middelhoge gebieden van oppervlaktewater voorzien dan in de minimumplannen. Dit betekent dus tevens dat bij uitvoering van een tussenplan een extra hoeveelheid grondwater beschikbaar komt voor de gebieden welke niet van oppervlaktewater worden voorzien.

Meetapparatuur waterstandsregistratie.

XII.2. Realisering en funktionering van de voorgestelde watervoorzieningswerken

— Fasering van de werken.
Aanbevolen wordt de installatie van de pompkapaciteiten in de geprojekteerde gemalen in fasen uit te voeren. De wijze van faseren en het doel ervan moge blijken uit het volgende voorbeeld.
Stel er wordt besloten tot uitvoering van het tus-10 plan met een beregeningspercentage van 20-30%. Dit betekent dat de gewenste pompkapaciteit voor de toekomst (1990) 1380 m^3/min. bedraagt. Op korte termijn kan echter worden volstaan met een kleinere pompkapaciteit. Immers, het gebied dat momenteel van water kan worden voorzien is slechts 93.000 ha en niet 137.000 ha zoals in het tus-plan wordt beoogd. Ook het huidige beregeningspercentage is lager, nl. 3%. Het gevolg is dat de huidige behoefte aan water (in een 10%-droog jaar) kleiner is dan 1380 m^3/min., n.l. 880 m^3/min.(zie tabel 80).
Door middel van een gefaseerde uitvoering is het mogelijk de aanvoerkapaciteit van de gemalen en de afnamekapaciteit van de gebruikers op elkaar af te stemmen.
Een bijkomend voordeel van deze geleidelijke aanpassing van de pompkapaciteit is dat ingespeeld kan worden op eventuele afwijkingen tussen de in de studie berekende vochtbehoeften en de werkelijke vraag naar water.
— Verdeling van de kosten.
De kosten welke met de verbetering van de watervoorziening gepaard gaan, moeten enerzijds worden opgebracht door de belangengroepen die direkt profiteren, en anderzijds door subsidiërende instanties die de indirekte belanghebbenden vertegenwoordigen (algemeen belang).
— Verdeling van het water.
Door samenspel en onderlinge afstemming van de infrastrukturele werken en de beheers- en de bestuurlijke maatregelen moet het effekt van de aanvullende watervoorziening worden geoptimaliseerd. Een goed beheer vindt plaats wanneer de infrastrukturele werken (leidingen, gemalen, inlaten en stuwen) zodanig worden aangewend dat een optimale verdeling van het beschikbare water naar plaats en tijd wordt gerealiseerd. Ook bestuurlijke maatregelen vormen bij de waterverdeling een belangrijk onderdeel.
— Het meten van de wateraanvoer.
Op diverse plaatsen binnen het primaire, het sekundaire en het tertiaire aanvoersysteem zullen meetopstellingen moeten worden ingericht ter bepaling van de aangevoerde hoeveelheden water en de verdeling ervan. Deze metingen zijn noodzakelijk om een juiste verdeling van het water mogelijk te maken terwijl ze tevens kunnen dienen als basis bij de berekening van de kostenomslag. Ook het onderzoek m.b.t. de watervoorziening is gebaat bij deze metingen.

Hierboven is ingegaan op enkele faktoren welke niet in de voorafgaande hoofdstukken zijn behandeld, doch welke wel van belang zijn voor het welslagen van de watervoorziening. Het doel van deze beknopte opsomming is duidelijk te maken dat dit rapport slechts een eerste aanzet is. Er zal nog veel overleg en studie moeten volgen.

XIII. Alternatieve watervoorzienings-mogelijkheden

XIII.1. Spaarbekkens

XIII.1.1. Algemeen

In deze paragraaf wordt ingegaan op de toepassingsmogelijkheden van spaarbekkens in het kader van de algehele watervoorziening.
Na een inleidende beschouwing (par. XIII.1.2. en par. XIII.1.3.) waarin het doel, het funktioneren en de kosten van bekkens naar voren komen is in par. XIII.1.4. een konkrete berekening opgezet met betrekking tot het inpassen van bekkens in het tus-10 plan. Er is bekeken in welke mate, door de inschakeling van bekkens, bezuinigd kan worden op de pompkapaciteit zonder dat de nagestreefde watervoorziening hieronder lijdt. Met andere woorden de extra kosten ten gevolge van de bekkens zijn geplaatst tegenover de mogelijke besparingen op de gemaalkosten.
Tot slot is in par. XIII.1.5. een aantal kanttekeningen geplaatst bij de uitgevoerde berekeningen en is verder gewezen op enkele nevenaspekten welke bij de besluitvorming omtrent spaarbekkens van belang zijn.

XIII.1.2. Korte omschrijving van spaarbekkens

Onder spaarbekkens worden hier verstaan kunstmatig aangelegde reservoirs waarin voorraadvorming kan plaatsvinden door middel van peilvariatie. De bergingskapaciteit van een spaarbekken wordt bepaald door de maximale peilvariatie en door de grootte van het wateroppervlak.

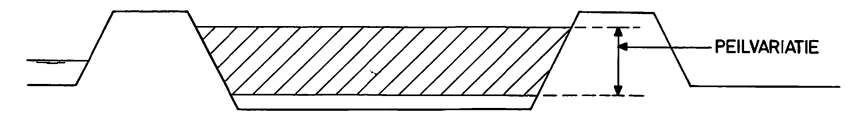
Figuur 51 is een schematische weergave van de dwarsdoorsnede van een spaarbekken. Het gearceerde oppervlak, gelegen tussen het laagste en het hoogste bekkenpeil geeft de berging weer.

Spaarbekkens hebben tot doel te fungeren als buffer in het waterhuishoudkundig systeem. Ze moeten het mogelijk maken dat vraag en aanbod van water beter op elkaar worden afgestemd. Men tracht dit doel te bereiken door het opslaan van overtollig water in natte perioden (perioden waarin het aanbod groter is dan de vraag) om het te gebruiken in de droge perioden (perioden waarin de vraag groter is dan het aanbod).
Onder aanbod wordt hier verstaan het neerslagoverschot binnen de provincie voorzover dit tot afstroming komt via beken en kanalen. Dit aanbod kan, indien nodig, worden vergroot met water van buiten de provincie.
Onder de vraag wordt verstaan de aanvullende waterbehoefte van alle belangengroepen zoals omschreven en gekwantificeerd in hfdst IV.
Voor de meeste jaren geldt dat in de winterperiode het aanbod van water groter is dan de vraag terwijl in de zomermaanden de vraag het aanbod overtreft. Ter illustratie wordt nogmaals verwezen naar fig. 28 waarin de natte en droge perioden van een gemiddeld jaar duidelijk zijn te herkennen.

Hieronder volgen in het kort enkele voor- en nadelen van spaarbekkens.

Voordelen:
- Ter dekking van het tekort in droge perioden behoeft geen of althans minder water van buiten de provincie te worden aangevoerd. Dit heeft als voordeel dat bespaard kan worden op de pompkosten. Bovendien is in tijden dat de kwaliteit of kwantiteit van het op te pompen water onvoldoende is, de provinciale watervoorziening in ieder geval ten dele gewaarborgd.
- Door de aanleg van de bekkens op een gunstig gekozen niveau kan extra besparing plaatsvinden op de benodigde pompenergie (beperking van de opvoerhoogte).
- Door het bekkenwater te reserveren voor de piekbehoeften, kan besparing plaatsvinden op de te installeren pompkapaciteit.

Figuur 51.



Nadelen:
- De aanleg van de bekkens brengt hoge kosten met zich mee, o.a. voor de aankoop van grond, voor de aanleg van kaden, voor de bekleding en voor de watertransportmiddelen van en naar het bekken.
- Naast de kosten zijn er de mogelijke bezwaren van visuele, planologische, ekologische, en hydrologische aard.

In het vervolg van deze beschouwing wordt nader op de voor- en nadelen van spaarbekkens ingegaan.

XIII.1.3. Kosten van spaarbekkens

De kosten welke gepaard gaan met de aanleg van spaarbekkens worden bepaald door vele faktoren zoals o.a. de afmetingen (oppervlakte en diepte) de uitvoeringswijze, de grondmechanische en de hydrologische omstandigheden ter plaatse, de ligging ten opzichte van de aanvoerbron en ten opzichte van de gebruikers van het water, de prijzen van grondaankoop en grondverzet enz.
Hieronder is een berekening opgezet omtrent de aanlegkosten van zeer eenvoudige bekkens ter grootte van respektievelijk 25, 50, 100, 250, 500 en 1000 ha. Aan de hand van een aantal aannamen omtrent uitvoeringswijze en prijzen etc. zijn globale kostprijzen vastgesteld, welke in eerste instantie voldoende nauwkeurig worden geacht om te dienen als basisgegevens in de ekonomische beschouwing omtrent het gebruik van bekkens zoals vermeld in par. XIII.1.4. Pas wanneer blijkt dat de aanleg van bekkens mogelijk een aantrekkelijke zaak is, is het zinvol de uitvoeringsaspekten en de kosten op een meer gedetailleerde wijze vast te stellen.

De gehanteerde uitgangspunten bij de kostenberekening zijn de volgende:
- de bekkens zijn vierkant van vorm
- ze liggen op een horizontaal terrein
- ze worden omringd door kaden bestaande uit een grondlichaam, afgedekt met zwarte grond
- de voor de kaden benodigde grond wordt gewonnen op het binnenterrein
- de kaden reiken tot 5 m boven het maaiveld
- de kruin is 5 m breed en de taluds hebben een helling van 1:3
- de toekomstige waterhoogte is maximaal 4 m boven het oorspronkelijke maaiveld
- de genoemde oppervlakten worden begrensd door de binnenteen van de kaden
- er worden geen voorzieningen getroffen ter voorkoming van kwelverschijnselen en ter bescherming van de taluds tegen golfslag
- buiten de kaden ligt een 20 m brede strook, bedoeld voor landschappelijke aankleding i.c. beplanting
- de kosten voor het transport van water van en naar het bekken zijn in eerste instantie buiten beschouwing gebleven.

Een overzicht van de kostenberekening voor de verschillende bekkens is gegeven in tabel 94.
Enkele opmerkingen bij tabel 94:
- Het blijkt dat de kosten voor het grootste deel worden bepaald door de kosten voor de grondverwerving. Deze betreffen bij de grote en de kleine bekkens respektievelijk 85% en 60% van de totale kosten.
- Uit de kosten per m^3 waterberging blijkt het schaaleffekt. Met andere woorden des te groter het bekken des te lager de kosten per m^3 waterbergend vermogen. De kostprijs per m^3 waterberging mag echter niet worden gezien als de kostprijs per m^3 water, aangezien laatstgenoemde grootheid mede wordt bepaald door het procentuele gebruik van de bekkeninhoud, meerjarig gemiddeld per groeiseizoen. In de droge jaren zal meer bekkenwater worden gebruikt dan in de natte jaren. Meerjarig gemiddeld is de benutting van de bekkeninhoud veelal minder dan 100%. Indien nu bijvoorbeeld, meerjarig gemiddeld, x% van de bekkeninhoud wordt benut dan is de kostprijs per m^3 water $\frac{100}{x}$ maal de prijs per m^3 waterberging, welke laatste in tabel 94 is vermeld onder punt 13.
  Doordat x voor grote bekkens meestal lager uitvalt dan voor kleine bekkens staat het niet bij voorbaat vast dat de prijs per m^3 water voor grote bekkens lager is dan voor kleine bekkens, zoals het schaaleffekt doet vermoeden. Het is mogelijk dat door een volledige gebruik, de kleine bekkens zelfs voordeliger uitvallen.

In het vervolg van deze paragraaf wordt nader op de toepassingsmogelijkheden van de bekkens ingegaan. Bij de beschouwing, welke is toegespitst op het tus-10 plan, worden de cijfers uit tabel 94 als basisgegeven gebruikt.

Tabel 94

Kosten spaarbekkens

1. Bekkennummer . . .	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*
2. oppervlakte van het bekken in ha	25	50	100	250	500	1000
3. voor de kaden benodigde hoeveelheid grond in 10^3 m^3	214	296	414	646	908,4	1278,8
4. totaal benodigde oppervlakte in ha	37,2	66,7	123,2	286,0	550,2	1070,6
5. te beplanten oppervlakte in ha	4,7	6,4	8,7	13,4	18,6	26,1
6. kosten aanleg van de kade in 10^3 gld (ƒ 7,50 per m^3 grondverzet)	1605	2226	3105	4848	6813	9591
7. kosten grondverwerving in 10^3 gld (ƒ 5,00 per m^2)	1860	3335	6160	14300	27515	53530
8. kosten beplanting in 10^3 gld (ƒ 10.000,— per ha)	47	64	87	134	186	261
9. totale aanlegkosten in 10^3 gld (6 + 7 + 8)	3512	5625	9352	19282	34514	63382
10. jaarlijkse kosten op annuïteitsbasis in 10^3 gld (rentevoet 8%; aflossingstermijn 40 jaar)	295	472	784	1617	2894	5315
11. hoeveelheid te bergen water in $10^3 m^3$	1263	2368	4511	10800	21125	41584
12. investering in gld per m^3 waterberging (9:11)	2,78	2,38	2,07	1,79	1,63	1,52
13. annuïteit in centen per m^3 waterberging (rentevoet 8%; aflossingstermijn 40 jaar)	23,3	20,0	17,4	15,0	13,7	12,7

XIII.1.4. *Toepassingsmogelijkheden van spaarbekkens in het tus-10 plan*

XIII.1.4.1. *Algemeen*

Voor het tus-10 plan is hieronder nagegaan op welke wijze de watervoorziening geheel of gedeeltelijk middels bekkens is te realiseren. Hiertoe is de watervoorziening met behulp van gemalen, zoals deze in de hoofdstukken VI en VII is beschreven, als uitgangspunt genomen. In par. XIII.1.4.2. zijn de relevante gegevens uit deze hoofdstukken nogmaals herhaald.
In par. XIII.1.4.3. is vervolgens ingegaan op de mogelijkheid van een volledige of gedeeltelijke vervanging van de gemalen door bekkens. Er is voor bekkens van verschillende grootte nagegaan in hoeverre deze een besparing kunnen opleveren op de te installeren pompkapaciteit en op de totale, jaarlijks op te pompen hoeveelheid water.
De voornaamste aanname bij de berekeningen is dat de watervoorziening, zoals die voor de situatie met enkel gemalen is berekend, in alle alternatieven blijft gewaarborgd. In par. XIII.1.4.4. komt tenslotte een kostenvergelijking aan de orde om te beoordelen of het toepassen van bekkens uit ekonomisch oogpunt aantrekkelijk is.
Aangezien de totale watervoorziening in de alternatieven steeds hetzelfde wordt gesteld, is het voldoende slechts de kosten te beoordelen. De baten van de aanvullende watervoorziening zullen in alle gevallen gelijk zijn.

XIII.1.4.2. *Het tus-10 plan met enkel gemalen (dus zonder gebruik van bekkens)*

In hfdst. VI is voor alle plannen aangegeven welke hoeveelheden water, met welke kapaciteiten, moeten worden aangevoerd. Voor het tus-10 plan zijn, in tabel 95, de cijfers hier nogmaals vermeld.

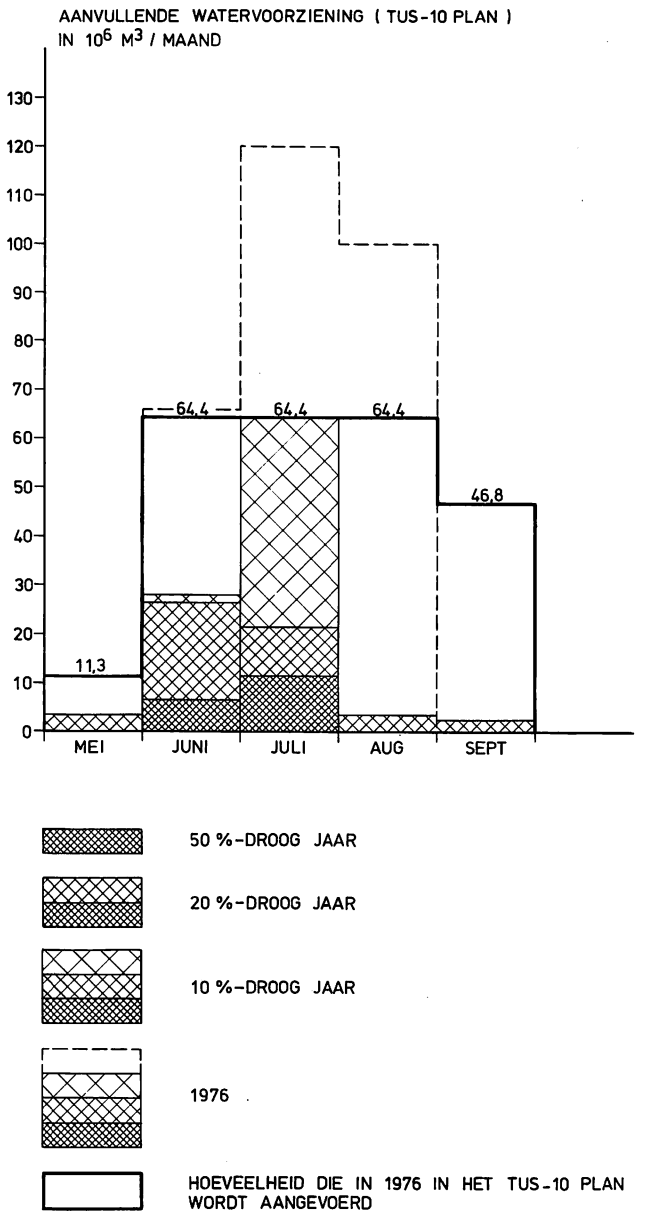
Watervoorziening in het tus-10 plan in de verschillende droogteklassejaren in 10^6 m^3 per maand.

	1976	*10%-droog jaar*	*20%-droog jaar*	*50%-droog jaar*
mei	11,3	3,4	3,3	—
juni	64,4	28,0	26,8	6,8
juli	64,4	64,4	21,8	11,7
augustus	64,4	3,0	3,4	—
september	46,8	2,7	2,5	—
Totaal	251,3	101,5	57,8	18,5

Tabel 95

Ter verduidelijking zijn bovenstaande cijfers tevens in een staafdiagram weergegeven (fig. 52). Op de horizontale as zijn de maanden aangegeven en op de vertikale as de aanvullende watervoorziening in 10^6 m^3 per maand.

De droogste maand in het 10%-droog jaar is maatgevend gesteld voor de aanvoerkapaciteit. Deze maatgevende aanvoerkapaciteit bedraagt dus 64,4 x 10^6 m^3/maand ofwel 1490 m^3/min. Met behulp van deze pompkapaciteit kan de behoefte in de jaren, welke natter zijn dan het 10%-droog jaar, volledig worden gedekt terwijl in de drogere jaren een vochttekort resteert. In een jaar als 1976 bedraagt de behoefte voor het tussenplan in de maanden juni, juli en augustus respektievelijk 66,4 - 120,2 - en 100,2 x 10^6

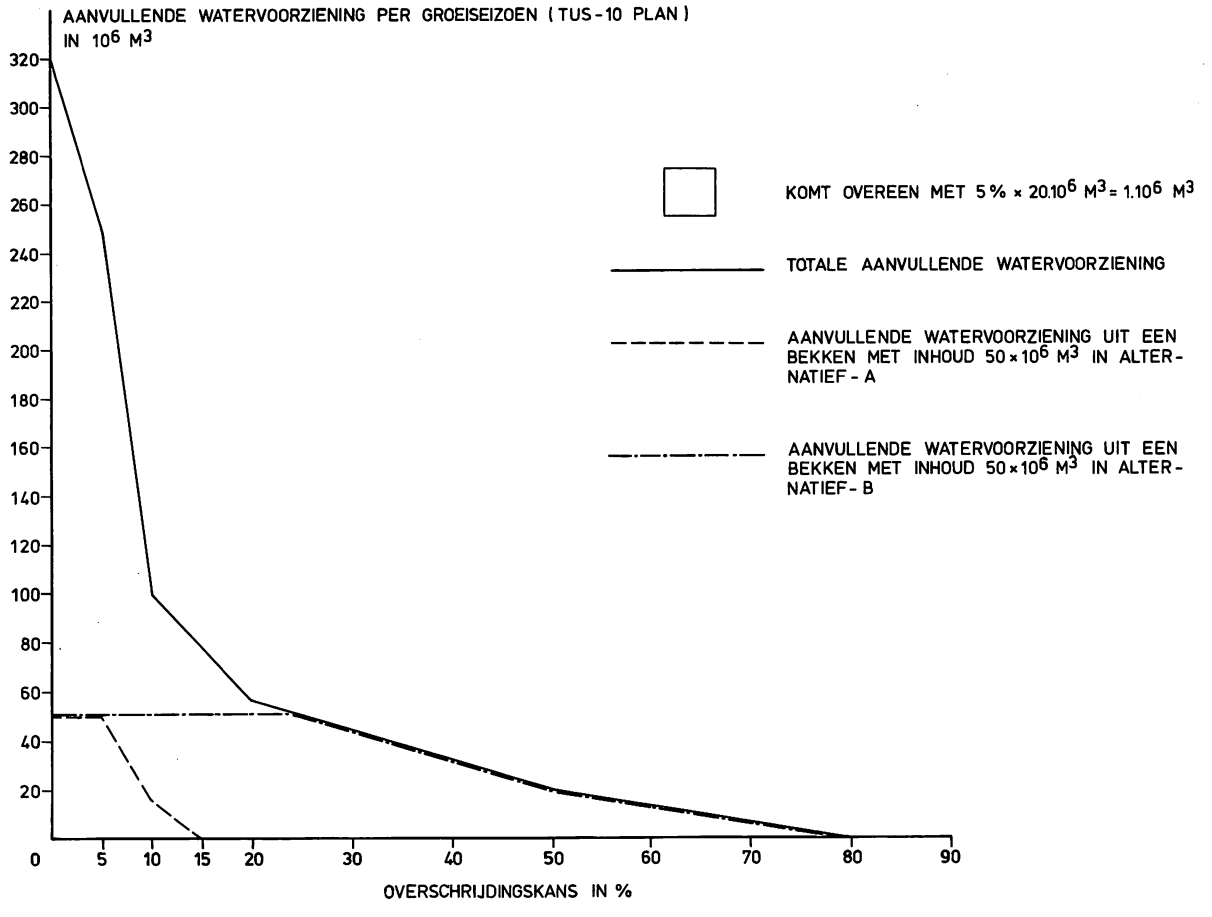


Figuur 52.

m^3 welke natuurlijk niet door de aanvoerkapaciteit van 64,4 x 10^6 m^3/maand kan worden gedekt.
De behoefte in het jaar 1976 is in fig. 52 ter illustratie met een onderbroken lijn aangegeven.

Op basis van de cijfers van tabel 95 is verder berekend hoeveel water gedurende het groeiseizoen, meerjarig gemiddeld, zal worden opgepompt bij uitvoering van het tus-10 plan. Deze berekeningswijze is nogmaals grafisch weergegeven in fig. 53. Op de vertikale as is de totale aanvullende watervoorziening aangegeven en op de horizontale as de overschrijdingskans ofwel de verschillende droogteklassejaren.

De grootte van het oppervlak, begrensd door de doorgetrokken kurve en de beide assen, is een maat voor de meerjarig gemiddelde aanvullende watervoorziening per groeiseizoen. Deze hoeveelheid bedraagt voor het tus-10 plan 46,2 x 10^6 m^3.
Het transport van het water door de provincie is behandeld in hoofdstuk VII. Hierin is o.a. vermeld welke



Figuur 53.

kapaciteiten bij de sluizen geïnstalleerd moeten worden om zo goedkoop mogelijk, de gewenste hoeveelheden water naar de belanghebbenden te transporteren. De kosten welke dit primaire aanvoersysteem met zich meebrengt zijn beschreven in hoofdstuk VIII. Voor het tus-10 plan zijn de jaarlijkse investeringslasten plus de beheers-, de bedienings-, de energie- en de onderhoudskosten begroot op ƒ 4.628.600,— per jaar. In par. XIII.1.4.4. wordt hierop teruggekomen.

XIII.1.4.3. Inhoud en gebruikswijze van de spaarbekkens

Het in par. XIII.1.4.2. geschetste watervoorzieningssysteem is enkel gebaseerd op het gebruik van gemalen.

Door binnen Drenthe één of meerdere bekkens te situeren, kan het gemalenbedrijf geheel of gedeeltelijk worden ontlast. De hoeveelheid water welke 's zomers van buiten de provincie moet worden opgepompt zal minder zijn terwijl een besparing plaats kan vinden op de te installeren pompkapaciteit.

Bij het rekenen aan kosten en baten van het gebruik van spaarbekkens moeten omtrent de inhoud en omtrent de wijze van gebruik steeds duidelijke uitgangspunten worden gesteld. Beide faktoren zijn namelijk sterk bepalend voor het ekonomisch rendement van de bekkens.
Hieronder wordt aangegeven tussen welke grenzen de inhouden van de bekkens logischerwijs kunnen variëren en op welke wijzen het daarin opgeslagen water kan worden aangewend.
Bij de keuze omtrent de inhoud van de bekkens is in eerste instantie aangenomen dat de totale inhoud gekoncentreerd is in één groot bekken. (In de latere berekeningen zal blijken dat deze aanname, in het kader van deze beschouwing, geen ontoelaatbare fouten veroorzaakt). De grenzen waartussen de bekkeninhoud kan variëren kan worden bepaald aan de hand van de cijfers omtrent de nagestreefde watervoorziening zoals die in par.XIII.1.4.2. zijn vermeld (zie tabel 95 of figuur 52). Om de watervoorziening in het tus-10 plan volledig middels een bekken te kunnen doen plaatsvinden blijkt een inhoud van 251,3 x 10^6 m^3 voldoende te zijn. Bij realisering van een dergelijke bergingskapaciteit zijn voor de watervoorziening geen aanvullende gemalen nodig. De gemalen voor het vullen en ledigen blijven in eerste instantie buiten beschouwing.
Uiteraard kan de bekkeninhoud ook kleiner worden gekozen. Keuze voor een kleiner bekken houdt echter in dat naast het bekken gemalen nodig blijven om de gewenste watervoorziening te kunnen verzorgen. Als ondergrens kan de bekkeninhoud op nul m^3 worden gesteld. Keuze voor een bekkeninhoud nul betekent dat de watervoorziening volledig middels de gemalen moet gebeuren.

Ook omtrent het moment van gebruik van het bekkenwater zijn er vele keuzemogelijkheden. Hieronder volgen drie alternatieven. De alternatieven A en B geven de uitersten weer terwijl het alternatief C een tussenoplossing beoogt.

— Alternatief A : Bekkenwater pas aanspreken, wanneer de pompkapaciteit ontoereikend wordt. Met andere woorden, het bekkenwater reserveren voor de piekbehoefte.
— Alternatief B : Gemalen pas inschakelen, wanneer het bekkenwater volledig is verbruikt. Deze wijze van gebruik geeft een maximale benutting van het bekken.
— Alternatief C: Tussenoplossing ofwel een kombinatie van de alternatieven A en B.

De verschillende bekkeninhouden (0 tot 251,3 x $10^6 m^3$) en de verschillende wijzen van gebruik (alternatieven A, B of C) hebben elk hun voor- en nadelen. In par. XIII.1.4.4. wordt op het ekonomisch aspekt van deze voor- en nadelen nader ingegaan.

XIII.1.4.4. Ekonomische beoordeling van de spaarbekkens.

Hieronder is voor de alternatieven A, B en C afzonderlijk bekeken op welke wijze bekkens kunnen worden ingeschakeld in het primaire watervoorzieningssysteem; welke extra kosten hiermede gepaard gaan en welke besparingen hierdoor kunnen plaatsvinden. De voornaamste gegevens waarop de beschouwingen zijn gebaseerd worden gevormd door:
— de cijfers omtrent de gewenste watervoorziening, welke zijn vermeld in tabel 95 en in figuur 52 van deze paragraaf.
— de kostencijfers met betrekking tot de bekkens, welke zijn vermeld in tabel 94 van deze paragraaf.
— de kostencijfers met betrekking tot de gemalen, welke zijn vermeld in hfst. VIII.

Alternatief A
— Uitgangspunt: Bekkenwater pas aanspreken wanneer de pompkapaciteit ontoereikend wordt oftewel het bekkenwater reserveren voor de piekbehoefte.
— Aan de hand van een voorbeeld wordt hieronder het uitgangspunt nader toegelicht.
Stel er wordt een bekken aangelegd met een inhoud van 50 x 10^6 m^3. Op basis van figuur 52 kan nu worden nagegaan in welke perioden het bekkenwater moet worden gebruikt in de verschillende droogteklassejaren en welke pompkapaciteit naast het bekken aanwezig moet zijn om de gewenste watervoorziening te bewerkstelligen. Voor de bepaling van laatstgenoemde pompkapaciteit moet in figuur 52 een lijn worden getrokken, evenwijdig aan de x-as op een zodanige hoogte dat de oppervlakte van het blokdiagram, dat boven deze lijn ligt, overeenkomt met 50 x 10^6 m^3 water. (De buitenste doorgetrokken lijn van het blokdiagram is hierbij bepalend). Het snijpunt van de lijn met de y-as geeft de gewenste pompkapaciteit aan. Dit snijpunt is op eenvoudige wijze te berekenen. Uit de figuur blijkt dat, in een jaar als 1976, de watervoorziening enkel door middel van gemalen in de piekperiode 64,4 x $10^6 m^3$ per maand ofwel 1490 m^3/min. bedraagt. Deze piek kan nu ten dele worden opgevangen door gebruik te maken van het bekkenwater. Hiertoe moet de bekkeninhoud worden verdeeld over de drie piekmaanden juni, juli en augustus.
Dit betekent dat per maand $\frac{50 \times 10^6}{3} = 16{,}7 \times 10^6$ m^3 water uit het bekken moet worden gebruikt. Dit is $\approx$ 385 m^3/min.

Uitgaande van de situatie waarbij de watervoorziening enkel door middel van gemalen plaatsvindt en waarbij de benodigde pompkapaciteit 1490 m^3/min. bedraagt, kan dus worden gesteld dat op de te installeren pompkapaciteit, 385 m^3/min. bespaard kan worden en dat de resterende pompkapaciteit 1490-385 = 1105 m^3/min. bedraagt.

De volgende vraag is hoe groot de invloed is van het bekken op de meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheid water per groeiseizoen.
Hiertoe is eerst vastgesteld, weer aan de hand van figuur 52, in welke mate de bekkeninhoud in de verschillende droogteklassejaren zal worden benut. De resultaten zijn vermeld in tabel 96.

Op basis van de cijfers van tabel 96 kan nu de meerjarig gemiddelde hoeveelheid worden bepaald welke per groeiseizoen uit het bekken zal worden benut en de hoeveelheid welke moet worden opgepompt. De berekeningswijze is aangegeven in figuur 53 waarin de cijfers van de kolommen 2 en 4 van tabel 96 zijn weergegeven. Zoals ook reeds eerder is vermeld, is het oppervlak onder de doorgetrokken lijn een maat voor de totale meerjarig gemiddelde watervoorziening per groeiseizoen. Het oppervlak onder de ——— lijn is een maat voor de hoeveelheid welke, meerjarig gemiddeld, uit het bekken zal worden benut. Het verschil tussen deze twee hoeveelheden moet middels de gemalen van buiten de provincie worden aangevoerd. Het resultaat van de berekening is dat de totale hoeveelheid 46,2 x 10^6 m^3 bedraagt, waarvan 4,6 x 10^6 m^3 uit het bekken en 41,6 x 10^6 m^3 d.m.v. de gemalen zal worden voorzien.

— Op dezelfde wijze als hierboven voor een bekken met een inhoud van 50 x 10^6 m^3 is aangegeven, is

Tabel 96

Watervoorziening in het tus-10 plan bij een bekkeninhoud van 50x10^6 m^3 en een pompkapaciteit van 1105 m^3/min. (alternatief A)

droogte-klassejaar	*watervoorziening uit het bekken*	*watervoorziening m.b.v. gemalen*	*totaal kolom (2+ 3)*
1	2	3	4
1976	50,0 x 10^6 m^3	201,3 x 10^6 m^3	251,3 x 10^6 m^3
10%-droog jaar	16,7 x 10^6 m^3	84,8 x 10^6 m^3	101,5 x 10^6 m^3
20%-droog jaar	—	57,8 x 10^6 m^3	57,8 x 10^6 m^3
50%-droog jaar	—	18,5 x 10^6 m^3	18,5 x 10^6 m^3

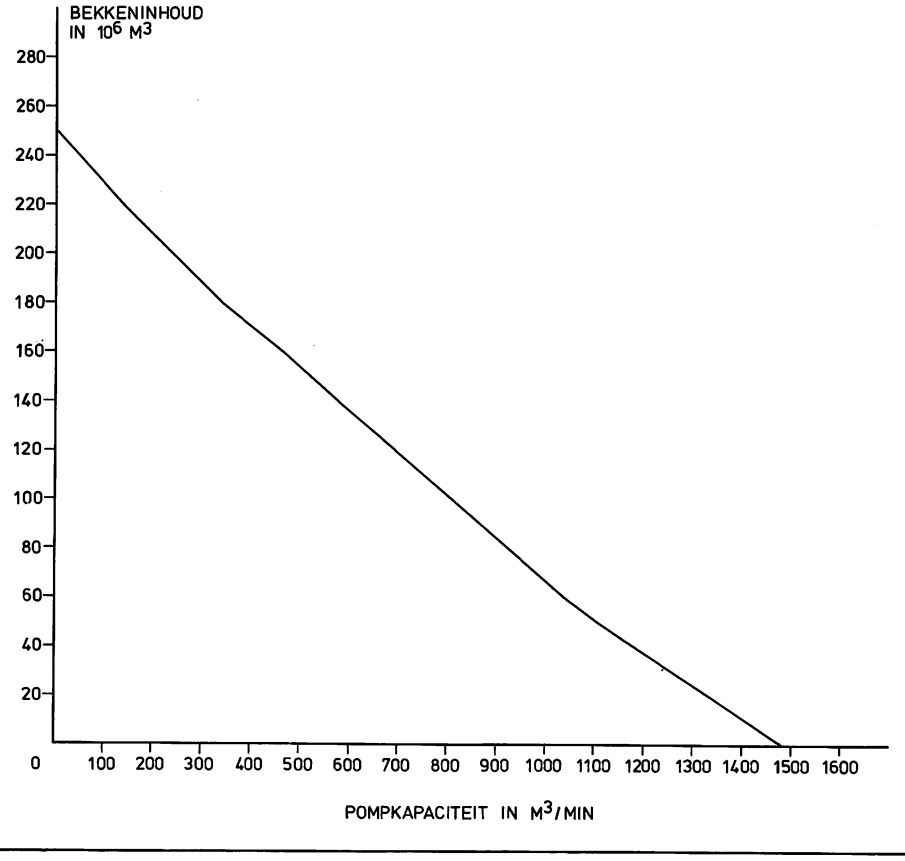
voor een aantal grotere en kleinere bekkens nagegaan wat de invloed is op de benodigde pompkapaciteit en op de meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheid water. De resultaten zijn samengevat in tabel 97.

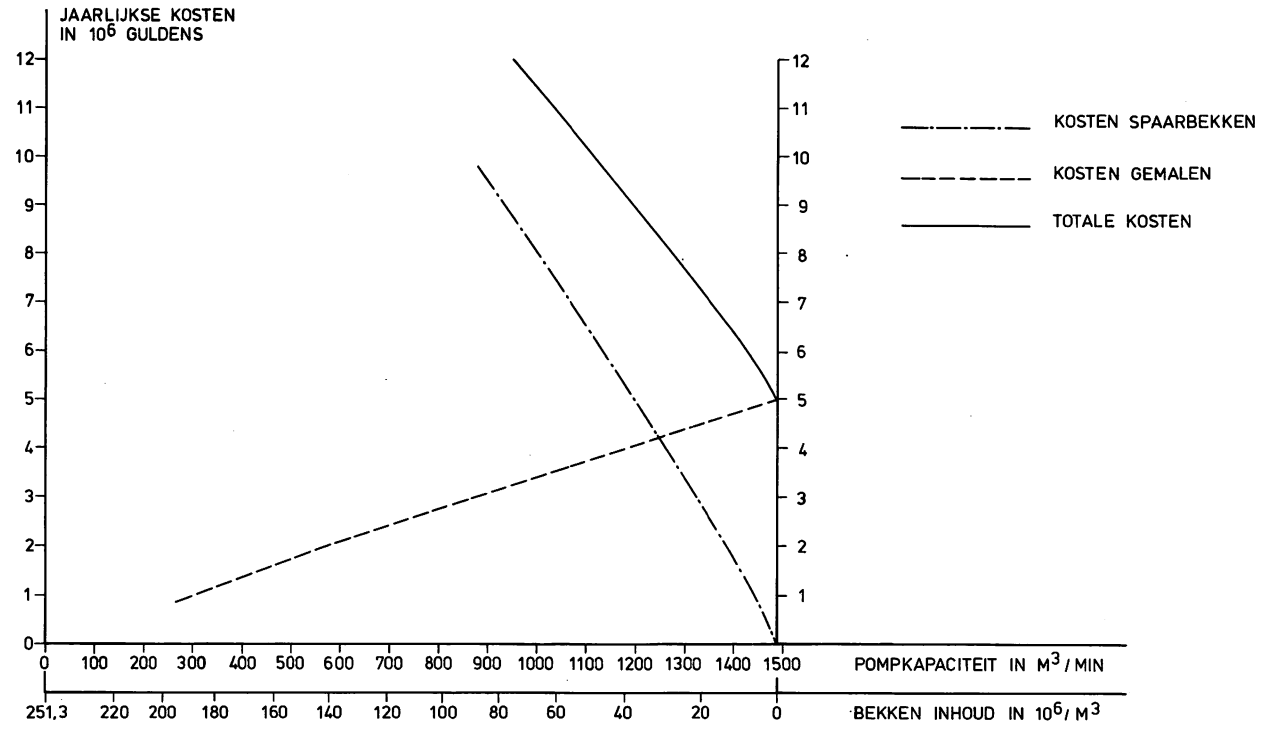
Ter verduidelijking van het effekt van de bekkens op de benodigde pompkapaciteit zijn in figuur 54 de kolommen 2 en 4 van tabel 97 tegen elkaar uitgezet. Op de vertikale as is de bekkeninhoud aangegeven en op de horizontale as de gewenste pompkapaciteit. De kurve welke, door lineaire interpolatie tussen de berekende punten, wordt gevonden geeft nu bij elke willekeurige bekkeninhoud tussen 0 en 251,3 x 10^6 m^3 de bijbehorende pompkapaciteit welke nodig is om de gewenste watervoorziening, zoals aangegeven in tabel 95 en in figuur 52, te realiseren.
De volgende stap in de beschouwing betreft de bepaling van de kosten voor de watervoorziening bij de inschakeling van bekkens van verschillende grootte. Hiertoe zijn de kosten voor het pompbedrijf en voor het bekken eerst afzonderlijk vastgesteld en vervolgens gesommeerd.
In figuur 55 zijn de resultaten van deze berekening weergegeven. Op de horizontale as zijn aangegeven de inhoud van het bekken in 10^6 m^3 en de bijbehorende pompkapaciteit in m^3/min zoals deze in de kurve van figuur 53 is aangegeven.

Oppervlakte van het bekken in ha	*Bekkeninhoud in 10^6 m^3*	*Besparing op de pompkapaciteit in m^3/min*	*Resterende pompkapaciteit in m^3/min*	*Meerjarig gemiddelde watervoorziening per groeiseizoen in $10^6 m^3$*		
				uit het bekken	*middels de gemalen*	*totaal kolom (5+6)*
1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	1490	0	46,2	46,2
450	20	155	1335	1,8	44,4	46,2
950	40	305	1185	3,5	42,7	46,2
1200	50	385	1105	4,6	41,6	46,2
1450	60	450	1040	5,5	40,7	46,2
1925	80	565	925	7,2	39,0	46,2
2425	100	680	810	9,0	37,2	46,2
2900	120	795	695	10,7	35,5	46,2
3400	140	910	580	13,6	32,6	46,2
3875	160	1025	465	16,6	29,6	46,2
4350	180	1145	345	20.0	26,2	46,2
4850	200	1250	240	26,3	19,9	46,2
5325	220	1345	145	32,7	13,5	46,2
5825	240	1435	55	42,6	4,0	46,2
6050	251,3	1490	0	46,2	0	46,2

Tabel 97

Figuur 54.





Figuur 55.

Watervoorziening in het tus-10 plan bij een bekkeninhoud van $50x10^6$ m^3 en een pompkapaciteit van 1490 m^3/min (alternatief B)

droogteklassejaren	*watervoorziening uit het bekken*	*watervoorziening middels de gemalen*	*totaal kolom (2 + 3)*
1	2	3	4
1976	50 x 10^6 m^3	201,3 x 10^6 m^3	251,3 x 10^6 m^3
10%-droog jaar	50 x 10^6 m^3	51,5 x 10^6 m^3	101,5 x 10^6 m^3
20%-droog jaar	50 x 10^6 m^3	7,8 x 10^6 m^3	57,8 x 10^6 m^3
50%-droog jaar	18,5 x 10^6 m^3	—	18,5 x 10^6 m^3

Tabel 98

Op de vertikale as zijn de jaarlijkse kosten uitgezet in 10^6 guldens.
De $-\cdot-\cdot-\cdot-$ lijn geeft de jaarlijkse kosten voor het bekken bij verschillende bekkeninhouden. Deze lijn is gebaseerd op de cijfers van tabel 94.
De $- - - - -$ lijn geeft de jaarlijkse kosten voor het pompbedrijf bij de verschillende kompkapaciteiten. Deze lijn is overgenomen uit figuur 47 van par. X.4.3. Bij de overname van deze kostenlijn wordt een kleine onnauwkeurigheid ingevoerd aangezien de meerjarig gemiddeld op te pompen hoeveelheden in beide gevallen enigszins verschillen. De ingevoerde fout is echter zeer gering en als zodanig niet van invloed op de konklusie van de beschouwing.
De totale kosten zijn nu eenvoudig te bepalen door de twee kurves samen te voegen. Het resultaat is de doorgetrokken lijn.

Op basis van figuur 55 kan nu worden gekonkludeerd dat het gebruik van bekkens op deze wijze geen ekonomisch voordeel oplevert. De totale kostenlijn bereikt namelijk een minimumwaarde aan de rechtergrens van de grafiek. Dit betekent dat de realisering van de watervoorziening het meest voordelig is wanneer de bekkeninhoud nul is en de pompkapaciteit 1490 m^3/min.

Alternatief B
- Uitgangspunt: wanneer zich watertekorten voordoen, eerst het bekkenwater aanspreken en pas wanneer dat volledig verbruikt is de gemalen inschakelen.
- Aan de hand van een voorbeeldberekening voor een bekken met een inhoud van 50 x 10^6 m^3 wordt ook dit alternatief nader toegelicht.
  Met behulp van figuur 52 is na te gaan dat de bekkeninhoud van 50 x 10^6 m^3, indien zich een jaar voordoet als 1976, reeds voor eind juni volledig is benut. Dit betekent tevens dat, wanneer men ook in de navolgende periode de gewenste watervoorziening wil realiseren, de pompkapaciteit 1490 m^3/min (= 64,4 x 10^6 m^3/maand) moet bedragen. Dit is dezelfde kapaciteit als in het geval de watervoorziening enkel door middel van gemalen zou plaatsvinden. Inschakeling van het bekken heeft dus geen besparing op de te installeren pompkapaciteit tot gevolg. Een besparing op de pompkapaciteit doet zich in dit alternatief B pas voor wanneer de bekkeninhoud groter wordt dan (251,3 — 46,8) x 10^6 = 204,5 x 10^6 m^3, zoals uit figuur 52 valt af te leiden.
  Wel vindt er een besparing plaats op de totale hoeveelheden op te pompen water. In tabel 98 is

Meerjarig gemiddelde watervoorziening per groeiseizoen bij verschillende bekkeninhouden (alternatief B)

Bekkeninhoud	*Watervoorziening uit het bekken*	*Watervoorziening d.m.v. de gemalen*	*Totaal kolom (2 + 3)*
1	2	3	4
10×10^6 m^3	$7{,}2 \times 10^6$ m^3	$39{,}0 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3
20×10^6 m^3	$12{,}9 \times 10^6$ m^3	$33{,}3 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3
30×10^6 m^3	$17{,}4 \times 10^6$ m^3	$28{,}8 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3
40×10^6 m^3	$21{,}1 \times 10^6$ m^3	$25{,}1 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3
50×10^6 m^3	$24{,}1 \times 10^6$ m^3	$22{,}1 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3
60×10^6 m^3	$26{,}3 \times 10^6$ m^3	$19{,}9 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3
80×10^6 m^3	$29{,}7 \times 10^6$ m^3	$16{,}5 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3
100×10^6 m^3	$32{,}2 \times 10^6$ m^3	$14{,}0 \times 10^6$ m^3	$46{,}2 \times 10^6$ m^3

Tabel 99

Bekkeninhoud in 10^6 m^3	*Extra kosten: kosten voor de aanleg van het bekken in 10^6 gulden per jaar*	*Besparingen: afname variabele kosten m.b.t. de gemalen in 10^6 gulden per jaar*
1	2	3
10	1,4	0,09
20	2,8	0,16
30	3,9	0,21
40	5,2	0,25
50	6,3	0,29
60	7,4	0,32
80	9,1	0,36
100	10,9	0,39

Tabel 100

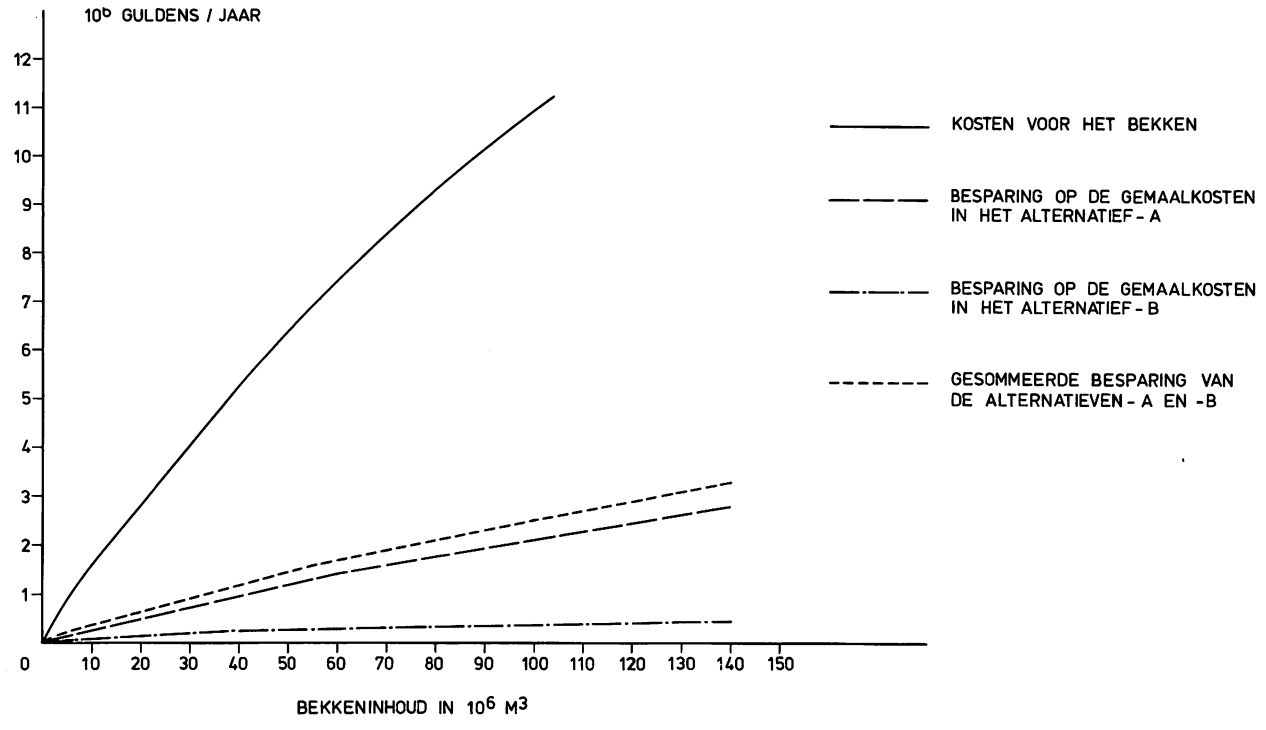
vermeld hoeveel water in de verschillende droogteklassejaren uit het bekken zal worden betrokken en hoeveel daarnaast moet worden opgepompt. De cijfers zijn ontleend aan figuur 52.

Aan de hand van de cijfers van tabel 98 is te bepalen hoeveel water meerjarig gemiddeld per groeiseizoen uit het bekken kan worden benut en hoeveel moet worden opgepompt. Deze berekeningswijze is aangegeven in figuur 53, waarin de cijfers van de kolommen 2 en 4 uit tabel 98 zijn uitgezet. Zoals bekend is het oppervlak onder de doorgetrokken lijn een maat voor de totale meerjarig gemiddelde watervoorziening. Het oppervlak onder de $-\cdot-\cdot-\cdot$ lijn is een maat voor de hoeveelheid welke uit het bekken zal worden benut. Het verschil tussen deze twee hoeveelheden moet middels de gemalen worden aangevoerd. Het resultaat van de berekening is dat van de totale hoeveelheid van $46{,}2 \times 10^6$m^3, $24{,}1 \times 10^6$m^3 uit het bekken kan worden betrokken terwijl $22{,}1 \times 10^6$m^3 moet worden opgepompt.

— Op dezelfde wijze als hierboven zijn, voor een aantal bekkens van verschillende grootte, overeenkomstige berekeningen uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn samengevat in tabel 99. De grote bekkens zijn bij de berekening, in eerste instantie, buiten beschouwing gebleven. Bij de behandeling van alternatief A is gebleken dat deze bekkens, vanwege de extreem hoge kosten, weinig perspektief bieden.

— Vervolgens is bekeken of het inschakelen van een bekken, op deze wijze ekonomisch voordeel oplevert. Zonder bekken zijn de jaarlijkse kosten ca 5×10^6 gulden. Dit zijn de kosten welke moeten worden gemaakt wanneer de watervoorziening louter middels gemalen plaatsvindt. Ook nu is weer de vraag hoe deze kosten wijzigen wanneer een deel van de watervoorziening middels een bekken wordt gerealiseerd.
Enerzijds vindt er een besparing plaats doordat minder water behoeft te worden opgepompt, waardoor de variabele kosten van het pompbedrijf lager uitvallen. Anderzijds zijn er de extra kosten welke gepaard gaan met de aanleg en het funktioneren van het bekken.
De besparing is berekend op basis van de cijfers uit kolom 2 van tabel 99, welke de vermindering van de hoeveelheden op te pompen water weergeven. Deze hoeveelheden zijn gekoppeld aan de variabele kosten per m^3 op te pompen water welke, aan de hand van de cijfers uit tabel 50 van par. VIII.3, zijn bepaald op ƒ 0,012/m^3. De jaarlijkse besparing, meerjarig gemiddeld, is gelijk aan het produkt van de verminderde hoeveelheid op te pompen water en de variabele kosten per m^3. Voor het bekken ter grootte van 50×10^6 m^3 is dit bijvoorbeeld $(24{,}1 \times 10^6\,\text{m}^3) \times (\text{ƒ } 0{,}012/\text{m}^3) = \text{ƒ } 289.000{,}—$.
De extra kosten tengevolge van het bekken, welke hiertegenover staan, zijn ontleend aan tabel 94 en aan figuur 55. Voor het bekken met inhoud 50×10^6 m^3 bedragen deze kosten $6{,}3 \times 10^6$ gulden per jaar.

In tabel 100 is een overzicht gegeven van de besparingen en de extra kosten, zoals die op de hierboven aangegeven wijze zijn vastgesteld, voor de verschillende bekkeninhouden.
Vergelijking van de extra kosten (kolom 2) en de besparingen (kolom 3) toont aan dat het gebruik van bekkens op deze wijze ekonomisch gezien geen aantrekkelijk alternatief biedt. De extra kosten zijn vele malen hoger dan de besparingen. De besparingen zijn relatief gering omdat, ondanks de inschakeling van een bekken, geen vermindering van de pompkapaciteit plaats kan vinden.
Het hoofdbestanddeel van de gemaalkosten, dat ge-



Figuur 56.

vormd wordt door de vaste kosten, blijft hierdoor namelijk ongewijzigd.

Alternatief C
Tussen het alternatief A (de bekkens pas aanspreken wanneer de gemalen tekort schieten) en het alternatief B (eerst de bekkeninhoud volledig benutten en pas daarna de gemalen gebruiken) zijn vele oplossingen mogelijk. Deze oplossingen worden aangeduid als alternatief C.
Aan de hand van de berekeningen welke zijn gemaakt met betrekking tot de alternatieven A en B is op eenvoudige wijze aan te tonen dat ook het alternatief C weinig perspektieven biedt. Hiertoe is in figuur 56, nogmaals weergegeven welke extra kosten en welke besparingen zich voordoen bij realisatie van de alternatieven A en B. De doorgetrokken lijn geeft de kosten voor de aanleg van een bekken, op te vatten als de extra kosten.
De — — — — lijn geeft de besparing op de gemaalkosten indien het alternatief A wordt uitgevoerd. Deze besparing wordt voornamelijk veroorzaakt door verlaging van de vaste kosten.
De — · — · — · — lijn geeft de besparing op de gemaalkosten indien het alternatief B wordt uitgevoerd. Deze besparing wordt veroorzaakt door verlaging van de variabele kosten.
Voor het alternatief C geldt nu dat dezelfde extra kosten gemaakt moeten worden. Dit zijn dus de kosten voor de aanleg van het bekken zoals vermeld in tabel 94 en zoals hierboven weergegeven middels de doorgetrokken lijn.
Ten aanzien van de besparingen in het alternatief C kan worden gesteld dat deze bestaan uit een deel van de besparingen zoals berekend voor het alternatief A plus een deel van de besparingen zoals berekend voor het alternatief B.
De totale besparingen in het alternatief C zijn dus altijd lager dan de som van de besparingen in de alternatieven A en B. Deze gesommeerde besparing van het A alternatief en het B alternatief is in figuur 56 aangegeven middels de - - - - lijn.
Aangezien deze lijn zich ruim onder de doorgetrokken lijn bevindt, kan worden gekonkludeerd dat, ook in het alternatief C, de besparingen op de gemaalkosten niet opwegen tegen de extra kosten tengevolge van het bekken.

Samenvattend kan worden gesteld dat voor het tus-10 plan de gehele of gedeeltelijke vervanging van de watervoorziening middels gemalen door de watervoorziening middels spaarbekkens uit ekonomisch oogpunt geen aantrekkelijk alternatief is.
De extra kosten voor de bekkens zijn aanmerkelijk hoger dan de besparingen welke plaatsvinden doordat volstaan kan worden met kleinere gemalen en/of doordat een vermindering van de op te pompen hoeveelheid water plaatsvindt.

XIII.1.5. Opmerkingen

De beschouwing over het al dan niet rendabel zijn van spaarbekkens is hierboven toegespitst op het tus-10 plan.
In principe zou ook voor de andere plannen een soortgelijke berekening moeten worden opgezet om een algemeen oordeel omtrent de spaarbekkens te kunnen geven.
Gezien echter het grote verschil dat er bestaat tussen de extra kosten en de besparingen, is het waarschijnlijk dat ook voor deze plannen de bekkens als onrendabel uit de berekeningen tevoorschijn zullen komen. Een globale toetsing heeft uitgewezen dat dit vermoeden juist is. Een nadere beschouwing omtrent deze plannen is dan ook achterwege gelaten.

Aan de uitgevoerde berekeningen omtrent de spaarbekkens ligt een groot aantal aannamen ten grond-

slag. Aangezien deze basisgegevens ten dele variabel zijn in de tijd en bovendien kunnen variëren al naar gelang de uitvoeringswijze en het gebruiksdoel van het bekken, is het zinvol op enkele van deze uitgangspunten nader in te gaan. Het gevolg van veranderingen in de uitgangspunten kan namelijk zijn dat het gebruik van bekkens, onder bepaalde omstandigheden, wel aantrekkelijk is.
De vraag welke zich hierbij voordoet is beneden welke kostengrens de aanleg van bekkens ekonomisch interessant begint te worden. In dit verband kan in het algemeen worden gesteld dat de aanleg van bekkens pas aantrekkelijk wordt wanneer de kosten welke met de aanleg en het funktioneren van de bekkens gepaard gaan lager uitvallen dan de besparingen welke plaats kunnen vinden op de gemaalkosten (er wordt hierbij vanuit gegaan dat de nagestreefde watervoorziening, in de alternatieven welke men vergelijkt, gelijk is en dat dus geen veranderingen aan de batenzijde van de watervoorziening plaatsvinden). Bekijkt men nogmaals figuur 56, dan is eenvoudig in te zien in welke mate de bekkenkosten moeten dalen alvorens de aanleg van bekkens enig perspektief gaat bieden. De getrokken lijn, welke de aanlegkosten van de bekkens aangeeft, moet dalen tot onder de stippellijn, welke de bovengrens van de besparingen aangeeft. De aanleg van een bekken, ter grootte van bijvoorbeeld 50 × 10^6 m^3 wordt pas rendabel wanneer de jaarlijkse kosten per m^3 dalen tot onder de 3 cent.
Hieronder worden vervolgens enkele aspekten aangeduid welke de gehanteerde uitgangspunten kunnen beïnvloeden en welke als zodanig van invloed kunnen zijn op de kosten- en besparingenlijn van figuur 56.

— Een gunstig gekozen uitvoeringswijze kan een verlaging van de kostenlijn tot gevolg hebben.
Door het bekken zodanig uit te voeren dat een grotere peilvariatie mogelijk wordt (diepe ingraving en/of hoge kaden) kan een besparing plaatsvinden op de kosten voor de grondaankoop.
Dit betekent tevens dat de kostprijs per m^3 bekkeninhoud lager wordt. Aan een dergelijke uitvoeringswijze zijn echter ook bezwaren verbonden, zoals bijvoorbeeld de verhoogde kans op ongewenste kwelverschijnselen en de extra kosten voor het watertransport van of naar het bekken.
— Ook de besparingenlijn, de stippellijn in figuur 56, is aan wijzigingen onderhevig. Zo zal een toename van de energieprijzen tot gevolg hebben dat de variabele kosten van de gemalen toenemen. Dit betekent dat de besparingenlijn hoger komt te liggen hetgeen tevens inhoudt dat het gebruik van bekkens relatief aantrekkelijker wordt.
— Naast de bovengenoemde faktoren welke het ekonomisch perspektief van bekkens in positieve zin beïnvloeden, zijn er ook faktoren welke hierop een negatieve invloed uitoefenen. Zo zijn de kosten welke noodzakelijkerwijs gemaakt moeten worden voor het transport van water van en naar het bekken niet in de berekeningen opgenomen. Een globale berekening, voor een bekken met een inhoud van 50 × 10^6 m^3, wijst uit dat de jaarlijkse kosten voor deze werken ca. 1 cent per m^3 bekkeninhoud bedragen. Hierbij is uitgegaan van één voedingsgemaal, met een kapaciteit van 250 m^3/min en een opvoerhoogte van ± 6 m, waarmee gedurende de wintermaanden het bekken wordt volgepompt. Ook de kosten voor de aan- en afvoerleiding zijn in deze berekening verwerkt.
Een andere kostenpost welke eveneens niet in de berekeningen is opgenomen en welke een belangrijk deel van de bekkenkosten kan beslaan, wordt gevormd door de bekleding van de bekkens. Bekleding is in veel gevallen noodzakelijk ter voorkoming van ongewenste kwelverschijnselen en/of ter bescherming van de taluds tegen golfslag. De kosten voor de bekleding van bekkens kunnen, afhankelijk van de omstandigheden en het materiaal dat men gebruikt, oplopen tot ƒ 40,— à ƒ 50,— per m^2. Vergelijking van deze bedragen met de kostprijs voor de grondverwerving (ca. ƒ 5,— per m^2) maakt duidelijk dat het wel of niet bekleden van de bekkens van doorslaggevende betekenis kan zijn.

Tot slot volgen nog enkele algemene opmerkingen.

— De toepassing van spaarbekkens is steeds bekeken ten opzichte van de watervoorziening middels gemalen. Hierbij is er vanuit gegaan dat deze gemalen onder alle omstandigheden gevoed kunnen worden vanuit het Meppelerdiep (IJsselmeer). Het is duidelijk dat in situaties waarbij het beschikbare water, om een of andere reden, onvoldoende is van kwantiteit en/of kwaliteit, de aanwezigheid van bekkens een extra voordeel betekent. In dit verband wordt met name gedacht aan belangengroepen welke hoge eisen stellen aan de kontinuïteit van de watervoorziening en aan de kwaliteit van het te gebruiken water zoals bijvoorbeeld de huishoudelijke en industriële watergebruikers, de glastuinbouw e.d.
— Naast de watervoorzieningsaspekten en de hiermee samenhangende ekonomische voor- en tegenargumenten speelt, bij de uiteindelijke beslissing over het al dan niet aanleggen van bekkens, nog een aantal andere aspekten een rol. Er wordt hierbij gedoeld op de invloeden van bekkens met betrekking tot de ruimtelijke ordening, het milieu, het landschap, de ekologie, de hydrologie e.d. Het is duidelijk dat bekkens, met een totaal oppervlak ter grootte van enkele honderden hektares, hetgeen gezien moet worden als een minimale maat indien met de bekkens een rol van enige betekenis in de algehele watervoorziening wordt nagestreefd, in dit kader belangrijke konsekwenties kunnen hebben. Als zodanig spelen deze faktoren dan ook een grote rol in de uiteindelijke besluitvorming.

De bovenstaande kanttekeningen hebben niet tot doel de konklusies van par. XIII.1.4. te verzwakken dan wel te versterken. Ze zijn hier vermeld om de vele facetten te benadrukken welke bij de aanleg van bekkens van belang zijn en welke bekeken moeten worden alvorens een eindoordeel kan worden gegeven. Bovendien is verduidelijkt dat onder bepaalde bijzondere omstandigheden, het gebruik van bekkens niet bij voorbaat moet worden uitgesloten.

XIII.2. Buisleidingen

XIII.2.1. Algemeen

In hoofdstuk VII is uiteengezet hoe de watervoorziening via het kanalenstelsel kan geschieden en welke werken hiertoe nodig zijn. Het is duidelijk dat bij gebruik van het kanalenstelsel bij alle sluizen waar het water moet worden opgevoerd, gemalen moeten worden geïnstalleerd.
Zo zouden in de toekomst voor het transport van water vanuit het Meppelerdiep via de Hoogeveensche Vaart naar Noordscheschut vier gemalen nodig zijn.
Als alternatief voor de kanalen kan het gebruik van een buisleiding worden overwogen; bij aanleg van zo'n buisleiding kan dan worden volstaan met één groot gemaal.
Om een indruk te krijgen van de ekonomische voor- of nadelen van een buisleiding voor watertransport, is een globale voorbeeldberekening opgezet.
Uitgangspunt bij deze berekening is het tus-10 plan waarbij een maximale hoeveelheid water van ca 1500 m^3/min moet kunnen worden opgepompt.

XIII.2.2. Kostenberekening van watertransport per buisleiding

XIII.2.2.1. Basisgegevens

Bij de berekening wordt uitgegaan van de aanleg van een buisleiding van Rogat naar Noordscheschut; een afstand van globaal 20.000 m. Het benodigd aantal draaiuren voor de pompen, is evenals bij het tus-10 plan gesteld op 550 uur gemiddeld per jaar, met een te verpompen hoeveelheid van 1500 m^3/min.
De opvoerhoogte is het verschil van het kanaalpeil bij Rogat en Noordscheschut en bedraagt aldus 13,18 m.
Met behulp van deze basisgegevens dient nu eerst een diameter voor de leiding bepaald te worden aangezien de leidingkosten hiervan in sterke mate afhankelijk zijn.
Tevens kan, nadat de diameter bepaald is, het op te stellen vermogen in verband met de te verwachten wrijvingsweerstand t.g.v. de lengte van de leiding berekend worden.
Teneinde een zo voordelig mogelijke kombinatie van kosten en diameter te vinden wordt een optimaliseringsberekening opgesteld.

XIII.2.2.2. Bepaling van de optimale diameter en het te installeren vermogen

De globale investeringskosten van een buisleiding, voor materiaal en aanleg, kunnen lineair afhankelijk worden gesteld van de diameter volgens de formule:

$$K = 960\,D + 345$$

waarin:
K = kosten in guldens per m buisleiding
D = diameter in m (betonnen leiding).

Een dergelijk verband is ook ter sprake gebracht tijdens de 26e vakantiekursus in drinkwatervoorziening op 11 en 12 januari 1974, en de 8e vakantiekursus in de behandeling van afvalwater op 3 en 4 mei 1973 te Delft. Het is hierboven weergegeven aangepast aan het huidige prijspeil.

Afgeschreven in 40 jaar en met een rentevoet van 8% brengt dit aan jaarlijkse lasten met zich mee:

$k_i = 0{,}0838(960\,D + 345) = (80{,}45\,D + 28{,}91)$ gld/m/jaar.

De variabele kosten worden voornamelijk gevormd door de energiekosten, die weer afhankelijk zijn van de opvoerhoogte, de wrijvingsweerstand van de buisleiding en het debiet. De benodigde hoeveelheid energie is als volgt te berekenen.
Het wrijvingsverlies per m leiding kan worden gesteld op:

$$\Delta H = \lambda \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{\bar{V}^2}{2g}$$ (variant op wet van Chezy)

waarin:
H = wrijvingsverlies in m per m leiding
λ = Darcy-Weisbach weerstandscoëfficient (dimensieloos)
D = diameter in m
$\bar{V}$ = gemiddelde snelheid in m/s
g = versnelling van de vrije val in m/s² (9,81 m/s²)

$\bar{V}$ kan ook geschreven worden als $\bar{V} = \frac{q}{\frac{1}{4}\pi D^2}$

Voor de bepaling van λ moet een schatting van D worden gemaakt; indien wordt aangenomen dat er sprake is van turbulente stroming over de gehele doorsnede en dat de leidingwand hydraulisch ruw is, dan is het geoorloofd te stellen:

$$\lambda = \frac{8g}{c^2} \text{ waarin } c = 18 \log \frac{D}{4k}$$

Hierin is k de wandruwheid, die voor beton ca $1{,}5 \times 10^{-4}$ m bedraagt.
Indien nu D op 3,50 m wordt geschat kan worden berekend dat $\lambda = 0{,}017$.

Substitutie van $\bar{V} = \frac{q}{\frac{1}{4}\pi D^2}$ en $\lambda = 0{,}017$ geeft:

$$\Delta H = 0{,}017 \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{16q^2}{\pi^2 . D^4 . 2 . 9{,}81} = 0{,}00141 \frac{q^2}{D^5}$$

De opvoerhoogte per m leiding is 13,18/20000 zodat de totaal benodigde hoeveelheid energie per m leiding is:

$$E = \frac{q \,.\, (\Delta H + H/L) g . \rho}{\eta} \cdot \frac{550}{1000} \text{ kWh}$$

Hierin is:
q = het debiet = 25 m^3/s
ΔH = het wrijvingsverlies = $0{,}00141 \frac{q^2}{D^5}$
H = de opvoerhoogte = 13,18 m
L = de lengte van de leiding = 20000 m
g = de versnelling van de vrije val = 9,81 m/s²
ρ = de dichtheid van water = 1000 kg/m^3
η = het rendement van de energie-overdracht
550 = aantal draaiuren van de pompen

Indien de kosten per kWh gesteld worden op C_e guldden dan worden de jaarlijkse kosten $k_e = E.C_e$ of na substitutie van bovenstaande formule voor E en de gegevens:

$$k_e = \frac{7{,}608 \frac{q^3}{D^5} + 3{,}556q}{\eta} \cdot C_e \text{ guldens}$$

De totale kosten per m leiding per jaar zijn dan

$$k_i + k_e = 80{,}45\,D + 28{,}91 + \frac{7{,}608\,\frac{q^3}{D^5} + 3{,}556\,q}{\eta}\,.\,C_e \text{ guldens}$$

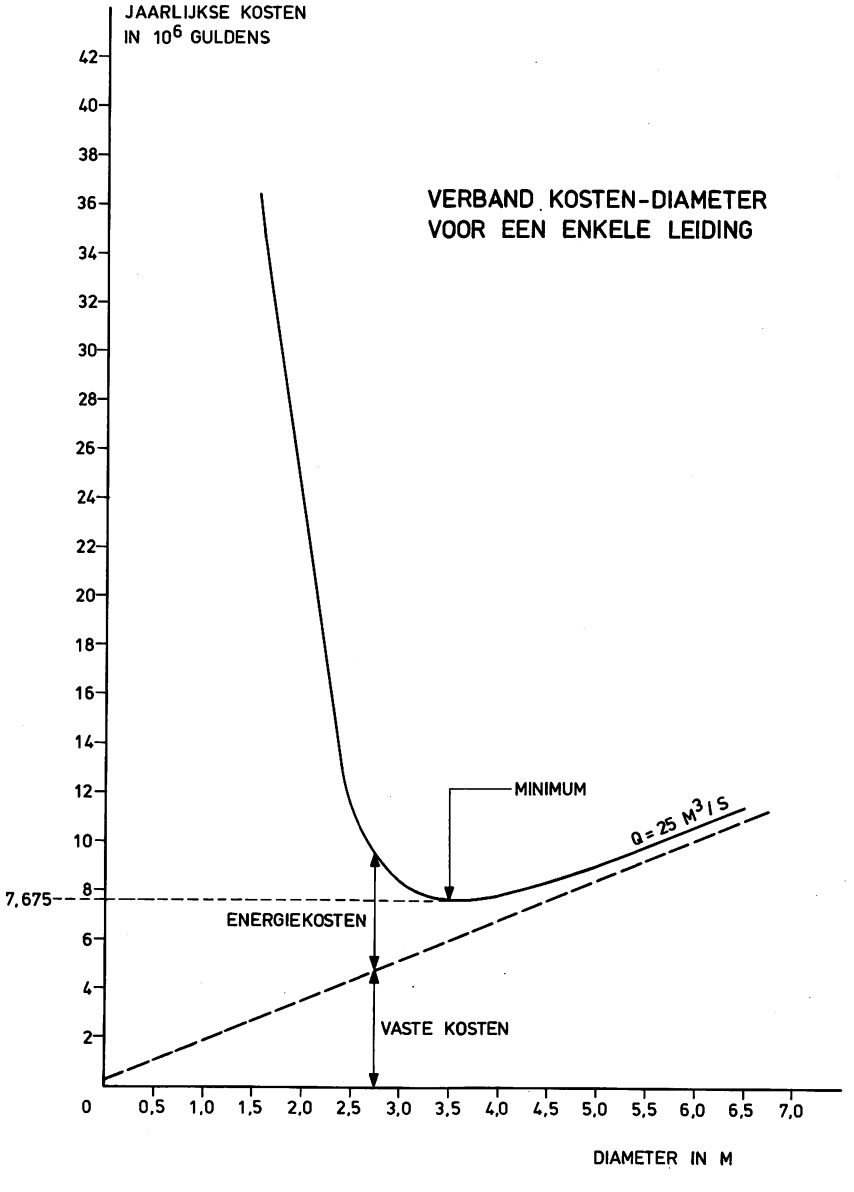
Om de optimale diameter D te vinden dient van bovenstaande funktie het minimum bepaald te worden door de eerste afgeleide gelijk aan nul te stellen.

$$D_{optimaal} = \sqrt[6]{\frac{0{,}473\,q^3.C_e}{\eta}}$$

Indien nu $q = 25\ m^3/s (1500\ m^3/min)$; $C_e =$ ƒ 0,15 en $\eta = 0{,}7$ dan is $D_{opt} = 3{,}414$ m en $\overline{V} = 2{,}73$ m/s

Het verfijnen van deze waarde door iteratie tussen D_{opt} en λ heeft, gezien het globale karakter van deze berekening, weinig invloed op de totale kosten en wordt daarom nagelaten.
In fig. 57 is deze oplossing nog eens grafisch weergegeven.

Figuur 57.



Met behulp van $D_{optimaal}$ is nu ook het op te stellen vermogen (P) te bepalen.

$$P = \frac{q.(\Delta H + H/L).g.\rho}{1000\,\eta}.\,L \text{ kW}$$

Na substitutie van de gegevens wordt gevonden

P = 18.000 kW.

Met behulp van de in deze paragraaf berekende diameter en het op te stellen vermogen kan nu een globaal overzicht van de jaarlijkse kosten voor de diverse onderdelen opgesteld worden.

XIII.2.2.3. Jaarlijkse kosten

Deze zijn te onderscheiden in vaste kosten als gevolg van de gedane investeringen en variabele kosten welke voornamelijk betrekking hebben op het energieverbruik.

— De investeringskosten voor het gemaal.
Evenals in hoofdstuk VIII kunnen deze worden onderscheiden in kosten voor de mechanische installatie, de elektrische installatie en het bouwkundig deel. Voor de bepaling van de kosten van deze onderdelen worden dezelfde uitgangspunten als in hoofdstuk VIII gehanteerd. Op grond hiervan worden de investeringskosten voor:
  — de mechanische installatie $2{,}3 \times 10^6$ gld
  — de elektrische installatie $13{,}5 \times 10^6$ gld
  — het bouwkundig deel $15{,}0 \times 10^6$ gld

  Zodat de totale investering voor het gemaal $30{,}8 \times 10^6$ gld bedraagt.
  De jaarlijkse kosten als gevolg hiervan worden inklusief onderhoud en exploitatie gesteld op 10% van dit bedrag.

— De investeringskosten voor de buisleiding.
Deze kunnen met behulp van de in de voorgaande paragraaf genoemde formule bepaald worden op ca. $72{,}5 \times 10^6$ gld.
De vaste jaarlijkse kosten hiervan zijn eveneens met een in de vorige paragraaf gebruikte formule te berekenen en bedragen ca $6{,}1 \times 10^6$ gld.

— De variabele kosten.
Dit zijn voornamelijk de energiekosten welke met de in de voorgaande paragraaf ontwikkelde formule bepaald kunnen worden op ca $1{,}5 \times 10^6$ gld.

De jaarlijkse kosten bedragen dus voor:

— het gemaal	$3{,}1 \times 10^6$ gld
— de buisleiding	$6{,}1 \times 10^6$ gld
— de variabele kosten	$+\,1{,}5 \times 10^6$ gld
Zodat de totale jaarlijkse kosten bedragen	$10{,}7 \times 10^6$ gld

XIII.2.3. Konklusie

Vergelijking van de hiervoor berekende jaarlijkse kosten met die van watertransport d.m.v. kanalen toont aan, dat uit financieel oogpunt de aanleg van een buisleiding geen voordelig alternatief is. Uit fig. 47 (par. X.4.3) blijkt namelijk dat de jaarlijkse kosten van watertransport via de kanalen ca 5×10^6 gld bedragen (waarbij eveneens q = 1500 m³/min.). Wel dient hierbij opgemerkt dat in deze globale voorbeeldberekening uitgegaan is van 1 pomp met 1 buisleiding. Er zijn kombinaties van meerdere pompen met meerdere buisleidingen denkbaar zodat in perioden waarin een geringere aanvoer voldoende is, met een deel van de installatie gewerkt kan worden. Op de investeringskosten geeft dit echter nauwelijks besparingen. De jaarlijkse kosten bedragen dus ruimschoots meer dan de hiervoor genoemde 5×10^6 gulden.
Het is mogelijk dat voor hoger gelegen gebieden welke niet via een bestaand kanalenstelsel van water kunnen worden voorzien een wateraanvoer per buisleiding ekonomisch gunstiger uitvalt. Zeker indien in dat geval sprake is van een meer kleinschalige opzet, verdient deze mogelijkheid nadere bestudering.

Literatuur

Nr.	*Auteur*	*Titel*
1.	Baars C.	– Ontwerpen van regeninstallaties (1971)
2.	Boheemen P. J. M. van	– Het waterverbruik binnen de land- en tuinbouw in de droge zomer van 1976: I.C.W., nota no. 975. (1977)
3.	Bruin H. A. R. de en Reiff J.	– De droogte van 1976; K.N.M.I., publikatieno. 154 (1976)
4.	Cultuurtechnische Vereniging	– Cultuurtechnisch vademecum (1970)
5.	Doornbos J., van der Straten H. en Wieling H.	– Beregening op melkveebedrijven; proefstation voor de rundveehouderij; rapport no. 53. (1977)
6.	Duin R. H. A. van	– Beekverbetering in relatie tot natuur- en landschapsbescherming; R.IJ.P.-rapport 76-37B. (1976)
7.	Franke A. en Jansen F. P.	– Collegediktaat Projekt Planning; Landbouwhogeschool Wageningen (1971)
8.	Heesen H. C. van en van der Sluys P.	– De vochtleverantie van een grond aan het gewas; Stiboka, interne mededeling no. 29 (1973)
9.	Heuveln B. van	– De bodem van Drenthe; toelichting bij blad 1 van de Nebo-kaart van de Stiboka (1965)
10.	Jonkers H. J.	– De watervoorziening ten behoeve van de landbouw in de provincies Groningen, Friesland en Drenthe; Cultuurtechnische Dienst Groningen (1969)
11.	Kate H. ten	– De droogte van 1976; landbouwkundig tijdschrift no. 12, december 1976.
12.	Krabbenborg A. J.	– Standaard pF-curven van fijnzandige gronden; interne mededeling no. 8 van de Stiboka (1973).
13.	Kusse A. D. en Wessels H. J.	– Afvoerstudie stroomgebied de Vledder- en Wapserveensche Aa (1970).
14.	Kusse A. D. en Wessels H. J.	– Hydrologisch onderzoek Borger; afd. onderzoek van de Heidemij (1970).
15.	Landbouwhogeschool Cultuurtechniek	– Agrohydrologie (1975).
16.	Landbouwhogeschool Cultuurtechniek	– Beheer van grondwatervoorraden (1973-1974).
17.	Landbouwhogeschool Cultuurtechniek	– Waterbeheersing (1975).
18.	Ministerie van Landbouw en Visserij	– Grondverbetering waarom, hoe en met welke werktuigen; vlugschrift no. 217 (1974).
19.	Ministerie van Landbouw en Visserij	– Nieuwe mogelijkheden met beregening in de landbouw; vlugschrift no. 237 (1976).
20.	Ministerie van Landbouw en Visserij	– Keuze en gebruik van haspelinstallaties, vlugschrift no. 254 (1977).
21.	Ministerie van Verkeer en Waterstaat	– Indicatief meerjarenprogramma 1975-1979 voor de bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater (1975).
22.	Proefstation voor de Akkerbouw	– Kwantitatieve Akkerbouwinformatie 1976-1977; no. 23 (1976).
23.	Provinciale Waterstaat van Drenthe	– Droogte in Drenthe 1976
24.	Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening	– Kwaliteitsonderzoek in de Rijkswateren, kwartaal uitgaven, Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor de Volksgezondheid
25.	Rijkswaterstaat	– De waterhuishouding van Nederland (1968).
26.	Rijtema P. E. en Bon J.	– Bepaling landbouwkundige gevolgen van grondwaterwinning met behulp van bodemkundige gegevens; I.C.W., regionale studies no. 7 (1974).

27. Rijtema P. E. – Een berekeningsmethode voor de benadering van de landbouwschade ten gevolge van grondwateronttrekking; I.C.W., nota no. 587 (1971).
28. Rijtema P. E. – Grondwaterstand, infiltratie en bodemvochtvoorraad in graslandgebieden in verband met de vaststelling van de waterbehoefte voor peilbeheersing; I.C.W., nota no. 482 (1968).
29. Rijtema P. E. – On the relation between transpiration, soil physical properties and crop production as a basis for water supply plans; I.C.W., nota no. 434 (1968)
30. Rijtema P. E. – Soil Moisture Forecasting; I.C.W., nota no. 513 (1969).
31. Schneider C. B. H. – Beregening in de akkerbouw; C.A.D. voor bodemaangelegenheden in de landbouw (1977).
32. Taks J. B. A. A. – Bodemfysische grootheden als basis voor regionale behoeften aan landbouwwater; Landbouwhogeschool (1973).
33. Toussaint C. G. – De waterbehoefte in de tuinbouw in West-Nederland; I.C.W., nota no. 88 (1968).
34. Werkgroep Constructie Spaarbekkens – Constructie van Spaarbekkens; R.I.D.-rapport no. 75-4 (1975).
35. Werkgroep Regionaal Geohydrologisch Onderzoek in de provincie Drenthe – Regionaal Geohydrologisch Onderzoek in de provincie Drenthe; R.I.D. (1978).
36. Werkgroep Watervoorziening Landbouw – Concept rapport waterbehoefte en watervoorziening in de land- en tuinbouw (1977).
37. Wesseling J. en van Bakel P. J. T. – Enkele berekeningen over de wateraanvoer in Noord-Limburg (1976).
38. Wesseling J. – De betekenis van water voor de landbouw; I.C.W., verspreide overdrukken no. 183 (1976).
39. Wesseling J. – Landbouw gebaat bij een betere verdeling; De Boerderij, no. 27 (1977).
40. Wilde J. G. S. de en Linthorst T. J. – Beregening en bevloeiing in Nederland in 1976; I.C.W., nota no. 973 (1977).
41. Zuiveringsschap Drenthe – Rapport kwaliteit oppervlaktewater Drenthe; jaarlijkse uitgave sinds 1974
42. Zuiveringsschap Drenthe – Waterkwaliteitsplan, 'Zuiveringsplan Drenthe' (1977).
43. Zuiveringsschap West-Overijssel – Kwaliteit oppervlaktewater in het gebied van het zuiveringsschap West-Overijssel; halfjaarlijkse uitgaven per winter- en zomerhalfjaar

Colophon

Uitgave:
Provinciaal Bestuur van Drenthe
Produktie en tekst:
Werkgroep Watervoorziening Drenthe
Omslagontwerp en lay-out:
Albert Rademaker
Figuren:
R. Berends
Kaarten:
H. Dik
Foto's:
Centraal Reproduktie Bureau
Misset, Doetinchem
Aerophoto, Eelde
Ing. F. Post, Assen
Litho's en druk:
Centraal Reproduktie Bureau
Zetwerk:
Zetcentrale Meppel B.V.
Bindwerk:
Cewaco Assen