

NN31545.1592

nota 1592 ^I

december 1984

DEKKING VAN DE WATERBEHOEFTE VAN GLASTUINBOUWBEDRIJVEN IN HET
ZUIDHOLLANDS GLASDISTRICT DOOR GEBRUIK VAN DRINKWATER OF GE-
COMBINEERD GEBRUIK VAN REGENWATER EN DRINKWATER

dr. Ph. Hamaker

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking

1 2 APR. 1985

JSN-222603-01



INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. UITGANGSPUNTEN	2
2.1. Glastuinbouwbedrijf	3
2.2. Teeltplan	3
2.3. Waterbehoefte	3
2.4. Dekking waterbehoefte	3
2.5. Waterkwaliteit	3
2.6. Meteorologische gegevens	4
2.7. Rekenprocedure	4
3. GEWASVERDAMPING, DOORSPOELING EN WATERBEHOEFTE	4
3.1. Gewasverdamping	5
3.2. Doorspoeling	8
3.3. Waterbehoefte per jaar en per decade	10
4. MOGELIJKHEDEN TOT DEKKING VAN DE WATERBEHOEFTE	12
4.1. Volledige dekking door gebruik van regenwater	12
4.2. Volledige dekking door gebruik van drinkwater	13
4.3. Gecombineerd gebruik van regenwater en drinkwater	13
5. MODELBEREKENINGEN	14
6. RESULTATEN VAN MODELBEREKENINGEN	18
6.1. Volledige dekking van de behoefte door gebruik van drinkwater	18
6.2. Gecombineerd gebruik van regenwater en drinkwater	19
6.2.1. Regenwater- en drinkwatergebruik op jaarbasis	19
6.2.2. Regenwater- en drinkwatergebruik op decade basis	25
6.3. Gietwaterkwaliteit	30
7. SAMENVATTING	33
LITERATUUR	36

1. INLEIDING

De watervoorziening van de glastuinbouw in het Zuidhollands Glas-district heeft gedurende de laatste jaren veel aandacht gekregen, vooral ook in het kader van het Integraal Onderzoek Drinkwatervoorziening Zuid-Holland (STUURGROEP IODZH, 1983). Dit houdt verband met de opkomst van de teelt in substraat waarbij zodanig hoge eisen aan de kwaliteit van het gietwater moeten worden gesteld dat gebruik van oppervlaktewater niet langer in aanmerking komt. Uit het onderzoek is gebleken dat de opvang van regenwater vanaf het kasdek in een voor-raadbassin met aanvullend gebruik van drinkwater in perioden met een tekort aan neerslag een goede oplossing is voor glastuinbouwbedrijven die over ruimte voor een bassin beschikken. Waar dat niet het geval is kan gedacht worden aan volledige dekking van de behoefte door gebruik van drinkwater.

Tuinders die de overgang naar teelt in substraat overwegen zien zich geplaatst voor verschillende vragen met betrekking tot de watervoorziening van hun bedrijf. Die vragen betreffen bijvoorbeeld de verhouding tussen regenwater- en drinkwatergebruik, gegeven de grootte van het bassin, de kasoppervlakte die van water moet worden voorzien, het geteelde gewas en andere factoren. Een andere belangrijke vraag betreft de kosten van de watervoorziening. Om die vragen te kunnen beantwoorden is een rekenmodel ontwikkeld dat in detail is beschreven in een eerdere nota (HAMAKER, 1984a). Resultaten van met dat model uitgevoerde berekeningen worden gepresenteerd in een drietal nota's waarvan dit er één is.

In deze nota wordt uitgegaan van een glastuinbouwbedrijf met een kasoppervlakte van 1,0 ha. Dit "standaard" bedrijf beschikt al dan niet over een regenwaterbassin. In het eerste geval wordt de waterbehoefte gedekt door gecombineerd gebruik van regenwater en drinkwater. In het laatste geval wordt de behoefte volledig gedekt door gebruik van drinkwater.

In de modelberekeningen zijn drie gewasverdampingsniveaus, dus ook drie niveaus van waterbehoefte, onderscheiden. In geval van gecombineerd gebruik van regenwater en drinkwater hebben de berekeningen merendeels betrekking op het "standaard" bedrijf met een regenwaterbassin van 500, 1500 of 2500 m³. Verder wordt onderscheid gemaakt tussen de situatie in een regenrijk jaar (1966) een "normaal" jaar (1951) en een droog jaar (1959).

In de twee andere nota's (HAMAKER, 1984b en HAMAKER, 1984c) met rekenresultaten ligt de nadruk op de kosten van de watervoorziening voor zover het de gebieden betreft waar drinkwater wordt geleverd door de NV Westlandsche Drinkwaterleiding Maatschappij (WDM) en de Stichting Drinkwaterleiding De Tien Gemeenten (Stichting DTG).

De indeling van deze nota is als volgt. In hoofdstuk 2 worden uitgangspunten geformuleerd die aan de berekeningen en dus ook aan de rekenresultaten ten grondslag liggen. Hoofdstuk 3 gaat over de gewasverdamping, de doorspoeling en de resulterende totale waterbehoefte. De mogelijkheden tot dekking van de waterbehoefte komen in hoofdstuk 4 aan de orde. Het rekenmodel wordt toegelicht in hoofdstuk 5 en resultaten van de modelberekeningen worden gepresenteerd in hoofdstuk 6. Daarbij ligt de nadruk op de verhouding tussen regenwater- en drinkwatergebruik op jaarbasis en op de verdeling van het gebruik over het jaar. Tenslotte wordt nog kort ingegaan op het verloop van de chlorideconcentratie van het bassinwater onder invloed van regenwatertoevoer en drinkwaterbijmenging.

2. UITGANGSPUNTEN

De modelberekeningen waarvan de resultaten in deze nota worden gepresenteerd zijn gebaseerd op bepaalde aannamen en uitgangspunten. Voor zover die aan alle berekeningen ten grondslag liggen worden ze in dit hoofdstuk puntsgewijze aangegeven.

2.1. G l a s t u i n b o u w b e d r i j f

Het bedrijf heeft een teeltoppervlakte van 1,0 ha en beschikt al dan niet over een voorraadbassin. Voor bedrijven met een bassin is de bassingrootte minimaal 500 m^3 . De kasoppervlakte waarvan het regenwater wordt verzameld is dan eveneens 1,0 ha.

2.2. T e e l t p l a n

Op het bedrijf vindt een lange teelt in substraat plaats in de periode vanaf de tweede decade van december tot de tweede decade van oktober van het daaropvolgende jaar.

2.3. W a t e r b e h o e f t e (zie verder hoofdstuk 3)

De waterbehoefte wordt bepaald door de gewasverdamping en de doorspoeling. De gewasverdamping is afhankelijk van het kasklimaat (straling en temperatuur) en het ontwikkelingsstadium van het gewas. Er worden drie gewasverdampingsniveaus onderscheiden, aangeduid als respectievelijk niveau A, B en C.

De doorspoeling wordt bepaald door de chloride (Cl^-) concentratie van het water, dus in feite door de verhouding waarin regenwater en drinkwater voor dekking van de waterbehoefte worden gebruikt.

2.4. D e k k i n g w a t e r b e h o e f t e

Op bedrijven met een bassin wordt de behoefte voor zover mogelijk gedekt door gebruik van regenwater, met aanvullend gebruik van drinkwater in perioden met een tekort aan neerslag. Op bedrijven zonder bassin wordt de behoefte volledig gedekt door gebruik van drinkwater. Berekeningen in deze nota zijn gebaseerd op de aanname dat de beschikbaarheid van drinkwater géén beperkende factor is.

2.5. W a t e r k w a l i t e i t

De Cl^- -concentratie van het regenwater wordt gesteld op $0,4 \text{ mmol.dm}^{-3}$. De Cl^- -concentratie van het door de NV Westlandse Drinkwaterleiding Maatschappij (verder aangeduid als WDM) en door de Stichting Drinkwaterleiding De Tien Gemeenten (verder aangeduid als

Stichting DTG) geleverde drinkwater wordt bepaald door de kwaliteit van het als grondstof gebruikte water van de rivier de Maas en is gesteld op $2,0 \text{ à } 2,3 \text{ mmol.dm}^{-3}$.

2.6. Meteorologische gegevens

Gewasverdamping en toevoer van regenwater naar het bassin worden berekend aan de hand van meteorologische gegevens met betrekking tot de straling, temperatuur en neerslag. Er is gebruik gemaakt van een gegevenbestand met genoemde grootheden per decade over de periode van 33 jaren vanaf 1951 tot en met 1983. De gegevens hebben betrekking op het Westland.

2.7. Rekenprocedure (zie verder hoofdstuk 5)

De berekeningen zijn uitgevoerd met het door HAMAKER (1984a) in detail beschreven rekenmodel. Centraal in dat model staat de water- en chloridebalans van het voorraadbassin. Eén van de aannamen in dat model is dat drinkwater steeds via het voorraadbassin, dus na menging met regenwater, wordt aangewend voor dekking van de waterbehoefte. In de praktijk is dat thans niet meer gebruikelijk en wordt het drinkwater in een aparte kleine silo opgeslagen en vandaaruit gebruikt. Overigens heeft deze discrepantie tussen de aanname in het model en de realiteit geen invloed van betekenis op de rekenresultaten.

3. GEWASVERDAMPING, DOORSPOELING EN WATERBEHOEFTE

De waterbehoefte moet bekend zijn om een verantwoorde keuze te kunnen maken uit de verschillende mogelijkheden om in die behoefte te voorzien. Zowel de totale behoefte per jaar als de piekbehoefte op zonnige en warme dagen in het zomerhalfjaar is van belang. De waterbehoefte per eenheid kasoppervlakte wordt in de eerste plaats bepaald door de gewastranspiratie. Waar het in deze nota gaat om teelten in substraat speelt de verdamping vanaf het grondoppervlak geen rol van betekenis zodat de totale verdamping gelijk gesteld mag worden aan de gewastranspiratie.

Naast de gewasverdamping is ook de doorspoeling van invloed op de totale waterbehoefte. Gewasverdamping, doorspoeling en de resulterende totale waterbehoefte worden in de volgende paragrafen nader besproken. Voor verdere details wordt verwezen naar HAMAKER (1984a).

3.1. Gewasverdamping

De gewasverdamping per tijdstap is te berekenen door combinatie van de volgende vergelijkingen:

$$E_a = f \cdot E_p \quad (1)$$

$$E_p = 1,75 \times 10^{-3} H + b \quad (2)$$

$$b = 10 \{(18 - T_{bu})/18\} \quad \text{voor } T_{bu} \leq 18^\circ\text{C} \quad (3)$$

$$= 0 \quad \text{voor } T_{bu} > 18^\circ\text{C}$$

waarin: E_a = actuele gewasverdamping (mm per decade)
 E_p = potentiële gewasverdamping (mm per decade)
 f = gewasfactor
 H = globale straling ($\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$ per decade)
 b = gewasverdamping als gevolg van kasverwarming (mm per decade)
 T_{bu} = gemiddelde decadetemperatuur buitenlucht ($^\circ\text{C}$)

De grootheden H en T_{bu} worden uit het in hoofdstuk 2 genoemde bestand met meteorologische gegevens voor de jaren 1951 tot en met 1983 afgeleid. Het verloop van de gewasontwikkeling wordt ingevoerd door specificatie van f per decade. Tabel 1 geeft een overzicht van de file met gewasfactoren voor de gewasverdampingsniveaus A, B en C. Hieruit blijkt dat:

$$f(B) = 0,9 f(A) \quad , \quad f(C) = 0,8 f(A) \quad (4)$$

zodat

$$E_a(B) = 0,9 E_a(A) \quad \text{en} \quad E_a(C) = 0,8 E_a(A) \quad (5)$$

Tabel 1. Gewasfactoren, gespecificeerd per decade voor de verdampingsniveaus A, B en C in respectievelijk de eerste drie regels, de tweede drie regels en de laatste drie regels, voor elk van de niveaus beginnend met de eerste decade van januari (eerste getal, eerste regel) en eindigend met de derde decade van december (laatste getal, derde regel)

0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.75	0.80	0.80	0.85	0.85	0.90	0.90
0.95	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95
0.90	0.85	0.80	0.75	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.20
0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.68	0.72	0.72	0.77	0.77	0.81	0.81
0.86	0.86	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.86
0.81	0.77	0.72	0.68	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.09	0.18
0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.60	0.64	0.64	0.68	0.68	0.72	0.72
0.76	0.76	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.76
0.72	0.68	0.64	0.60	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.08	0.16

Resultaten van berekeningen voor verdampingsniveau A voor respectievelijk een "normaal" jaar (1951), een extreem droog en zonnig jaar (1959) en een zéér nat en somber jaar (1966) zijn verwerkt in figuur 1. Zowel de actuele als de potentiële gewasverdamping is aangegeven. In het verschil tussen E_p en E_a komt de ontwikkeling tot volgroei en potentieel verdampend gewas in de periode januari-mei tot uiting. De veroudering van het gewas heeft tot gevolg dat E_a vanaf eind augustus weer kleiner wordt dan E_p . Het gewas wordt in de tweede decade van oktober geruimd. In de modelberekeningen is aangenomen dat dan geldt $E_a = 0,05 E_p$, zoals uit tabel 1 blijkt.

De berekende verschillen tussen de jaren 1951, 1959 en 1966 hangen direct samen met verschillen in globale straling. Het verschil in E_a op jaarbasis tussen de extreme jaren 1959 en 1966 blijkt beperkt te blijven tot minder dan 100 mm. De verschillen in neerslag waren veel groter. Zo was de totale neerslag van 1120 mm in 1966 meer dan het dubbele van de neerslag van 525 mm in 1959.

Naast de totale gewasverdamping per jaar is ook de piekverdamping van belang. Die zou volgens figuur 1 uiteen lopen van circa 42 mm per decade in 1966 tot bijna 50 mm per decade in 1959. Het gaat hierbij om de piekverdamping, berekend over perioden van een decade. De piekverdamping per dag zullen dichter bij elkaar liggen omdat ook in sombere

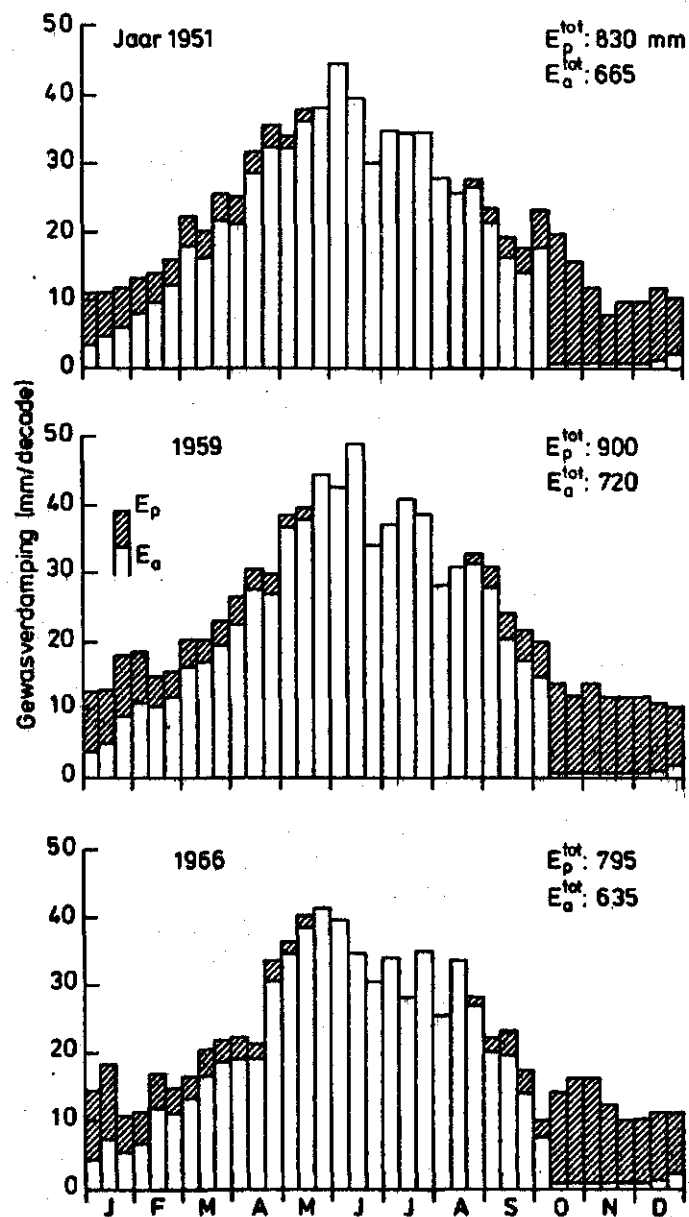


Fig. 1. Verloop van de potentiële en actuele gewasverdamping (respectievelijk E_p en E_a) bij gewasverdampingsniveau A in de jaren 1951 ("normaal" jaar), 1959 (zonnig jaar) en 1966 (somer jaar)

jaren dagen met warm en zonnig weer voorkomen. De piekverdamping bij gewasverdamplingsniveau A mag dan ook op circa 5 mm.d^{-1} gesteld worden, zowel voor sombere, "normale" als zonnige jaren.

3.2. Doorspoeling

Naast de gewasverdamping is de doorspoeling mede bepalend voor de totale waterbehoefte. Afgezien van bedrijven waar volledige recirculatie kan worden toegepast is de in de kas verstrekte hoeveelheid water altijd groter dan de gewasverdamping. Er vindt dan dus een zekere doorspoeling plaats. Doorspoeling kan noodzakelijk zijn om het oplopen van de concentratie van met name chloride (Cl^-) en natrium (Na^+) in het wortelmilieu te beperken. De doorspoeling houdt in dat geval dus direct verband met de kwaliteit van het water. Ook als het water aan hoge kwaliteitseisen voldoet wordt een zekere doorspoeling toch wenselijk geacht om een optimale verdeling van voedingsstoffen in het wortelmilieu te verzekeren. Ook moet rekening worden gehouden met verschillen in de waterafgifte per tijdseenheid tussen de druppelaars waarmee elke plant van water wordt voorzien. De tijdsduur van waterverstrekking wordt noodzakelijkerwijze afgestemd op de druppelaars met een relatief lage waterafgifte per eenheid tijd waardoor dan ter plaatse van de druppelaars met een hogere afgifte een in feite onnodige en ook niet wenselijke doorspoeling plaatsvindt. Tenslotte kunnen ook verschillen in eigenschappen van het substraat van plaats tot plaats in de kas een rol spelen. Een plaatselijk lage vochthoudendheid van het substraat bijvoorbeeld geeft aanleiding tot een verhoging van de frekwentie van waterverstrekking en tot een verhoging van de doorspoeling.

In de praktijk blijkt dat onder optimale omstandigheden (goede waterkwaliteit, kleine verschillen in waterafgifte tussen druppelaars en in eigenschappen van het substraat van plaats tot plaats in de kas) bij een bewust zuinig gebruik van water en kunstmest met een doorspoeling van circa 20% kan worden volstaan. Dit wordt hier dan ook verder als minimaal noodzakelijke doorspoeling beschouwd bij gebruik van water van kwaliteitsklasse 1 volgens de normen van SONNEVELD (1982), dat wil zeggen, bij gebruik van water met Na^+ - en Cl^- -concentraties van minder dan $1,4 \text{ mmol.dm}^{-3}$ en een elektrisch geleidingsvermogen van minder dan $0,5 \text{ mS.cm}^{-1}$.

Bij gebruik van drinkwater, al dan niet in combinatie met regenwater, zal het water niet steeds aan de normen van kwaliteitsklasse 1 voldoen. Zowel in het WDM- als het Stichting DTG-gebied wordt de drinkwaterkwaliteit primair bepaald door de kwaliteit van het water van de rivier de Maas waarvan voor de produktie van drinkwater wordt uitgegaan. De Na^+ - en Cl^- -concentraties in het drinkwater liggen in de orde van $2,0 \text{ à } 2,5 \text{ mmol.dm}^{-3}$. Harde gegevens vanuit het onderzoek met betrekking tot de noodzakelijke doorspoeling om schade bij gebruik van water met dié Na^+ - en Cl^- -concentraties te voorkómen ontbreken vooralsnog. In de praktijk wordt dan een doorspoeling van 25 à 35% noodzakelijk geacht. Hier wordt verder aangenomen dat bij gebruik van drinkwater een doorspoeling van 30% noodzakelijk is.

In de praktijk zal op bedrijven met een voorraadbassin ook gebruik gemaakt worden van regenwater en drinkwater in een bepaalde mengverhouding. De doorspoeling wordt in dat geval lineair afhankelijk gesteld van de mengverhouding. Dit geeft dan de volgende relaties voor berekening van de noodzakelijke doorspoeling:

$$\begin{aligned} L &= 0,20 + 0,115 (C - 1,4) && \text{voor } C \geq 1,4 \\ L &= 0,20 && \text{voor } C < 1,4 \end{aligned} \quad (6)$$

waarin: L = doorspoelfractie

C = decadegemiddelde Cl^- -concentratie van bassinwater (mmol.dm^{-3})

De doorspoeling is nu uitgedrukt in de grootheid L , gedefinieerd door de relatie:

$$L = D/R \quad (7)$$

waarin : D = doorgespoelde hoeveelheid water

R = verstrekte hoeveelheid water

Bij een doorspoeling van 20% bijvoorbeeld geldt $L = 0,2$. De hoogste waarde van L wordt bereikt bij gebruik van alléén drinkwater, waarvoor $C = 2,0 \text{ à } 2,5 \text{ mmol.dm}^{-3}$. Invullen van $C = 2,3 \text{ mmol.dm}^{-3}$ in relatie (6) geeft $L = 0,3$ (30% doorspoeling). In de volgende paragraaf en hoofdstuk 5 wordt aangegeven op welke wijze relatie (6) in de modelberekeningen wordt verwerkt.

3.3. Waterbehoefte per jaar en per decade

De totale waterbehoefte per tijdstap of per jaar is gelijk aan de som van de gewasverdamping en de doorspoeling, dus

$$R = E_a + D \quad (8)$$

De grootheid R is hier de waterbehoefte. Die is gelijk aan de waterversprekking aan het gewas omdat er vanuit gegaan wordt dat de tuinder de verstrekking van water volledig op de behoefte aan water afstemt. Combineren van de relaties (7) en (8) resulteert in

$$R = E_a / (1-L) \quad (9)$$

waarmee R kan worden berekend. Tabel 2 geeft een overzicht van de gewasverdamping, doorspoeling en totale waterbehoefte voor de drie gewasverdampingsniveaus in de jaren 1951, 1959 en 1966. De gegevens hebben betrekking op de jaartotalen en de decadepeiken. Er is gerekend met $L = 0,2$ en met $L = 0,3$ zodat de onder- en bovengrens van de waterbehoefte voor doorspoeling en van de totale waterbehoefte zijn berekend. Uit tabel 2 blijkt bijvoorbeeld dat de waterbehoefte bij niveau A in een nat jaar (1966) en een doorspoeling van 20% op circa 800 mm uitkomt. Dit zou het geval kunnen zijn op een glastuinbouwbedrijf met een zodanig groot bassin dat in 1966 net géén gebruik van drinkwater nodig was. In het droge jaar 1959 zou echter op datzelfde bedrijf wél drinkwater gebruikt moeten worden. In dat jaar zal dan ook een doorspoeling van gemiddeld circa 25% nodig zijn, waarbij de totale waterbehoefte op circa 960 mm zou uitkomen ($R = 720/0,75$ volgens vergelijking (9)). Zo kunnen de extremen in de waterbehoeften per jaar en per decade met behulp van de gegevens in tabel 2 worden afgeschat.

Tabel 2. Gewasverdamping, doorspoeling en totale waterbehoefte per jaar en als piekbehoefte per decade, berekend voor de gewasverdampingsniveaus A, B en C, in respectievelijk een "normaal" jaar (1951), een zonnig jaar (1959) en een somber jaar (1966)

Verdam- pings- niveau	Waterbehoefte op jaarbasis					Piekbehoefte per decade				
	Jaar	gewas verdamping mm/jaar	doors- spoeling L	water behoefte mm/jaar	gewas- verdamping mm/decade	door- spoeling L	water behoefte mm/decade			
A	1951	665	{ 0,2 0,3	830	45	0,2 0,3	56			
	1959	720	{ 0,2 0,3	900	49	0,2 0,3	61			
	1966	635	{ 0,2 0,3	795	42	0,2 0,3	52,5			
B	1951	600	{ 0,2 0,3	750	40,5	0,2 0,3	50,5			
	1959	650	{ 0,2 0,3	810	44	0,2 0,3	55			
	1966	570	{ 0,2 0,3	710	39,5	0,2 0,3	49,5			
C	1951	530	{ 0,2 0,3	660	36	0,2 0,3	45			
	1959	575	{ 0,2 0,3	720	39	0,2 0,3	49			
	1966	510	{ 0,2 0,3	635	33,5	0,2 0,3	42			

4. MOGELIJKHEDEN TOT DEKKING VAN DE WATERBEHOEFTE

De volgende drie mogelijkheden om in de behoefte aan water te voorzien worden hier in beschouwing genomen:

- volledige dekking door opvang en gebruik van regenwater;
- volledige dekking door gebruik van drinkwater;
- gedeeltelijke dekking door opvang en gebruik van regenwater met aanvullend gebruik van drinkwater.

Elk van deze drie mogelijkheden wordt in een afzonderlijke paragraaf nader besproken.

4.1. V o l l e d i g e d e k k i n g d o o r g e b r u i k v a n r e g e n w a t e r

De gemiddelde neerslag per jaar in het Zuidhollands Glasdistrict ligt in de orde van 800 mm. Volledige dekking van de behoefte aan water door gebruik van regenwater zou dus in principe mogelijk zijn op glastuinbouwbedrijven met een gemiddelde behoefte van 800 mm per jaar of minder. Blijkens tabel 2 zou dat bij de verdampingsniveaus B en C het geval zijn, aannemende dat inderdaad met een doorspoeling van 20% wordt volstaan ($L = 0,2$). Oriënterende berekeningen hebben echter uitgewezen dat een zeer groot bassin nodig is om alle neerslag te kunnen opvangen. Het is dan immers niet voldoende om het neerslagoverschot in het winterhalfjaar van een "normaal" jaar te kunnen bergen. Ook het neerslagoverschot in regenrijke jaren moet volledig of vrijwel volledig kunnen worden geborgen voor gebruik in relatief droge jaren. De oriënterende berekeningen hebben verder laten zien dat de directe openwaterverdamping vanuit zulke grote bassins een verliespost van betekenis wordt.

Om genoemde redenen komt volledige dekking van de waterbehoefte door gebruik van regenwater noch bij gewasverdampingsniveau A, noch bij de niveaus B en C in aanmerking. Waar de waterbehoefte beduidend lager is biedt dit wèl perspectief. In dit verband kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de potplantenteelt, vooral als gebruik gemaakt wordt van het eb- en vloedstelsel met volledige benutting van het water, dus zonder afvoer van drainagewater.

4.2. Volledige dekking door gebruik van drinkwater

Volledige dekking van de waterbehoefte door gebruik van drinkwater is een reële mogelijkheid. Dit is met name het geval waar ruimte voor een regenwaterbassin geheel ontbreekt. Die situaties zullen zich vooral voordoen in het Westlandse glastuinbouwgebied.

Zoals opgemerkt voldoet het drinkwater dat door de WDM en de Stichting DTG geleverd wordt niet aan de normen van kwaliteitsklasse 1 voor gebruik in de glastuinbouw. Dit houdt in dat het water alléén gebruikt kan worden in situaties waar voldoende kan worden doorgespoeld. Dit is bij teelten in steenwol normaliter het geval. Bij teelten in organische substraten echter kan dit problematisch zijn. Ook voor de potplantencultuur en voor toepassing in recirculatiesystemen is drinkwater minder goed bruikbaar.

De gegevens in tabel 2 bij een doorspoeling van 30% ($L = 0,3$) geven een indicatie van de behoefte op jaarbasis en van de piekbehoefte. Directe watervoorziening van het gewas vanuit het drinkwaterleidingnet is technisch gezien niet mogelijk en overigens ook niet toegestaan in verband met volksgezondheidsaspecten. De watervoorziening van het gewas zal dus steeds vanuit een drinkwatervoorraad op het glastuinbouwbedrijf moeten plaatsvinden. Hierbij moet gedacht worden aan een ijzeren silo met een inhoud in de orde van $100 \text{ à } 150 \text{ m}^3$ per ha kasoppervlakte. De drinkwaterafname vanuit het leidingnet, bij een piekbehoefte van $50 \text{ tot } 70 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (zie tabel 2), kan dan zonodig gelijkmatig over het etmaal worden gespreid. Door de silo gevuld te houden heeft de tuinder ten alle tijde een voorraad drinkwater achter de hand waarmee een piekbehoefte gedurende zo'n twee dagen zou kunnen worden gedekt. Dit kan van belang zijn in noodsituaties, zoals bij stagnatie in de drinkwatervoorziening.

4.3. Gecombineerd gebruik van regenwater en drinkwater

Het gebruik van regenwater in combinatie met drinkwater is in het Zuidhollands Glasdistrict momenteel de meest gebruikelijke manier om in de behoefte aan kwalitatief goed water te voorzien bij de overgang op teelt in substraat. Waar ruimte voor een voorraadbassin aanwezig is, is dit uiteraard een voor de hand liggende oplossing.

In de modelberekeningen wordt aangenomen dat drinkwater steeds via het voorraadbassin, dus na menging met regenwater, wordt aangewend voor dekking van de waterbehoefte. De gemiddelde Cl^- -concentratie op jaarbasis zal dus ergens tussen de Cl^- -concentraties van regenwater en drinkwater liggen en de gemiddelde doorspoeling tussen 20 en 30%. De waterbehoeften in tabel 2 voor $L = 0,2$ en $L = 0,3$ geven daarmee dus de grenzen aan waartussen de totale waterbehoeften op jaarbasis zullen liggen.

De piekbehoefte aan drinkwater kan eveneens uit tabel 2 worden afgelezen. Aannemende dat de regenwatervoorraad in periodes van droogte van langere duur geheel uitgeput raakt zal de piekbehoefte geheel gedekt moeten kunnen worden door gebruik van drinkwater. Dit houdt in dat de piekbehoeften voor $L = 0,3$ van toepassing zijn, evenals dat het geval was voor bedrijven met uitsluitend gebruik van drinkwater (vorige paragraaf). In de modelberekeningen in deze nota wordt aangenomen dat het "standaard" glastuinbouwbedrijf inderdaad steeds voldoende drinkwater kan afnemen om in de piekbehoeften volgens tabel 2 te voorzien. In de aansluitende nota's (HAMAKER, 1984b en HAMAKER, 1984c) daarentegen wordt ook rekening gehouden met de mogelijkheid dat de beschikbaarheid van drinkwater beperkt is doordat er beperkingen zijn in de transport- en distributiecapaciteit van het drinkwaterleidingnet.

5. MODELBEREKENINGEN

In de modelberekeningen wordt onderscheid gemaakt tussen situaties waarbij de waterbehoefte volledig wordt gedekt door gebruik van drinkwater en situaties waarbij de behoefte wordt gedekt door gebruik van regenwater met aanvullend gebruik van drinkwater. In het eerste geval beperken de modelberekeningen zich tot berekening van de waterbehoefte. Hiervoor wordt verwezen naar hoofdstuk 3. Het resterende gedeelte van dit hoofdstuk heeft betrekking op de tweede situatie, dus op de modelberekeningen bij gecombineerd gebruik van regenwater en drinkwater.

De verhouding tussen regenwater- en drinkwatergebruik op jaarbasis en de verdeling van het gebruik in de tijd wordt door de volgende factoren bepaald:

- de kasoppervlakte die van water moet worden voorzien in verhouding tot de grootte van het bassin;
- de totale behoefte aan water per jaar en de verdeling daarvan in de tijd;
- de hoeveelheid neerslag en de verdeling daarvan in de tijd.

De eerstgenoemde factor spreekt voor zichzelf. De tweede factor is in hoofdstuk 3 aan de orde geweest. Ook de invloed van de laatste factor zal zonder meer duidelijk zijn.

Om inzicht te krijgen in de samenhang tussen genoemde factoren zijn modelberekeningen uitgevoerd voor de reeks van jaren 1951 tot en met 1983. Met het model wordt de water- en Cl^- -balans van het voorraad-bassin onder invloed van toevoer en afvoer berekend met tijdstappen van een decade. De waterbalansvergelijking is:

$$B_2 - B_1 = Q_n + Q_s - Q_k - Q_1 - Q_o \quad (10)$$

De Cl^- -balansvergelijking is:

$$B_2 C_2 - B_1 C_1 = Q_n C_n + Q_s C_s - (Q_k + Q_1) \cdot (C_1 + C_2)/2 \quad (11)$$

waarin: B_1 = waterhoeveelheid in bassin aan begin van decade

B_2 = idem, aan einde van decade

Q_n = toevoer regenwater naar bassin (vanaf kasdek en direct)

Q_s = toevoer drinkwater naar bassin (letter s gebruik voor suppletie)

Q_k = afvoer water uit bassin ten behoeve van voorziening gewas (= waterbehoefte)

Q_1 = lozing van overtollige neerslag na volraken bassin

Q_o = afvoer water uit bassin door openwaterverdamping

C_1 = Cl^- -concentratie bassinwater aan begin van decade

C_2 = idem, aan einde van decade

C_n = Cl^- -concentratie regenwater

C_s = Cl^- -concentratie drinkwater

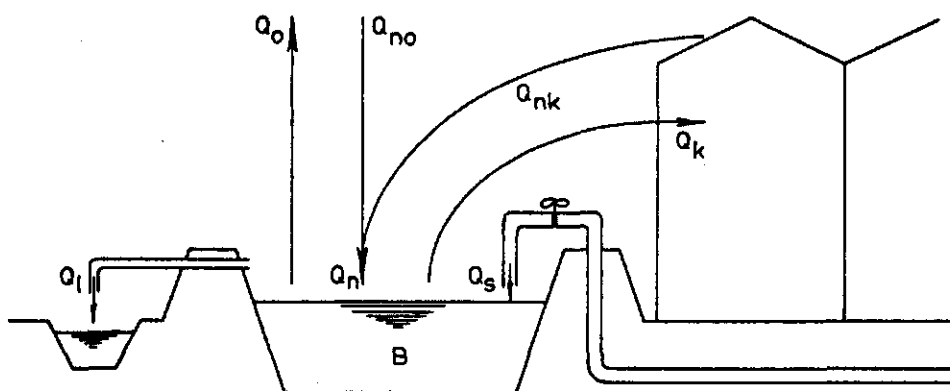


Fig. 2. Glastuinbouwbedrijf met voorraadbassin, waarbij watertoe- en afvoer schematisch zijn aangegeven

Uit figuur 2 en de balansvergelijkingen blijkt dat uitgegaan wordt van menging van regenwater en drinkwater in het bassin. In de praktijk echter is het thans gebruikelijk beide watersoorten gescheiden te houden waartoe gebruik wordt gemaakt van een aparte silo van 100 à 200 m³ voor opslag van drinkwater. De werkelijke situatie in de praktijk wijkt dus af van de gemodelleerde situatie maar dit heeft geen konsekventies van betekenis voor de uitkomsten van de modelberekeningen.

De rekenprocedure verloopt in grote lijnen als volgt. Als eerste stap worden Q_n , Q_k en Q_o berekend op basis van meteorologische en bedrijfsspecifieke gegevens (straling, temperatuur, neerslag, kasoppervlakte, gewas, grootte bassin, enz.). Vervolgens wordt een "voorlopige" bassininhoud " B_2 " berekend, aannemende dat Q_s en Q_l gelijk aan nul zijn, dus:

$$"B_2" = B_1 + Q_n - Q_k - Q_o$$

Aangezien de definitieve bassininhoud B_2 onderworpen is aan de voorwaarde

$$B_{\min} \leq B_2 \leq B_{\max}$$

waarbij $B_{\min}$ en $B_{\max}$ respectievelijk de minimale niet bruikbare rest-inhoud en de maximale inhoud van het bassin zijn (in alle berekeningen wordt uitgegaan van $B_{\min} = B_{\max}/10$), kunnen zich de volgende drie mogelijkheden voordoen:

$${}^{\prime\prime}B_2{}^{\prime\prime} > B_{\max} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_s = 0 \\ Q_1 = {}^{\prime\prime}B_2{}^{\prime\prime} - B_{\max} \\ B_2 = B_{\max} \end{array} \right. \quad (12a)$$

$$B_{\min} \leq {}^{\prime\prime}B_2{}^{\prime\prime} \leq B_{\max} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_s = 0 \\ Q_1 = 0 \\ B_2 = {}^{\prime\prime}B_2{}^{\prime\prime} \end{array} \right. \quad (12b)$$

$${}^{\prime\prime}B_2{}^{\prime\prime} < B_{\min} \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_s = B_{\min} - {}^{\prime\prime}B_2{}^{\prime\prime} \\ Q_1 = 0 \\ B_2 = B_{\min} \end{array} \right. \quad (12c)$$

In elk van de drie gevallen worden dus uiteindelijk Q_s , Q_1 en de definitieve bassininhoud B_2 aan het einde van de decade berekend. Daarmee is dan tevens het startpunt voor de berekeningen voor de volgende decade bereikt. Na oplossing van de waterbalansvergelijking (10) is C_2 de enige resterende onbekende in de chloridebalansvergelijking (11). De concentratie C_2 is dan weer bepalend voor de waterbehoefte voor doorspoeling in de volgende decade, te berekenen via relatie (6) met $C = C_2$.

De randvoorwaarden (12b) en (12c) houden in dat de watervoorraad in het bassin steeds volledig wordt opgebruikt alvorens met aanvullend gebruik van drinkwater wordt begonnen. Dit houdt in dat de tuinder voldoende drinkwater per dag moet kunnen afnemen om de waterbehoefte volledig te dekken, ook op dagen met een piekbehoefte in de zomermaanden. In dit verband wordt verwezen naar de gegevens in tabel 2. Alle berekeningen in hoofdstuk 6 zijn gebaseerd op de aanname dat het drinkwaterleidingbedrijf inderdaad steeds voldoende water kan leveren om de piekbehoefte te dekken.

6. RESULTATEN VAN MODELBEREKENINGEN

In dit hoofdstuk worden resultaten van modelberekeningen voor het "standaard" bedrijf met een kasoppervlakte van 1,0 ha gepresenteerd. Op het bedrijf zonder voorraadbassin gaat het daarbij om het drinkwatergebruik en op bedrijven met een bassin om de verhouding tussen regenwater- en drinkwatergebruik.

Belangrijke uitgangspunten die aan de berekeningen ten grondslag liggen zijn in hoofdstuk 2 aangegeven. De rekenprocedure is in het vorige hoofdstuk in grote lijnen aangegeven.

6.1. V o l l e d i g e d e k k i n g v a n d e b e h o e f t e d o o r g e b r u i k v a n d r i n k w a t e r

De modelberekeningen komen in dit geval neer op berekening van de gewasverdamping, doorspoeling en waterbehoefte langs de in hoofdstuk 3 aangegeven lijnen. Daarbij moet gerekend worden met een vaste doorspoeling van 30%.

Rekenresultaten voor de jaren 1951, 1959 en 1966 zijn opgenomen in tabel 2. De gegevens voor $L = 0,3$ zijn hier van toepassing. Verdere resultaten met betrekking tot de drinkwaterbehoefte op jaarbasis zijn verwerkt in het blokdiagram van figuur 3. Die figuur heeft betrekking op gewasverdampingsniveau A. De verschillen in het drinkwatergebruik tussen de jaren blijken relatief klein te zijn. Het gemiddelde ligt op circa 9500 m^3 per ha (950 mm). Het drinkwatergebruik bij de gewasverdampingsniveaus B en C ligt respectievelijk 10 en 20% lager dan bij niveau A. Dit blijkt bij combinatie van relatie (5) met vergelijking (9).

De verdeling van het drinkwatergebruik over het jaar volgt het patroon van de verdeling van de actuele verdamping E_a in figuur 1. Het drinkwatergebruik per decade kan dan berekend worden met vergelijking (9) met $L = 0,3$. Gegevens met betrekking tot het piekgebruik zijn in tabel 2 opgenomen.

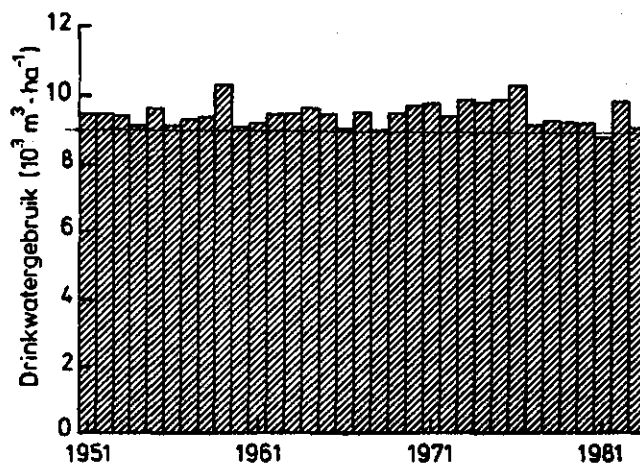


Fig. 3. Drinkwatergebruik per jaar op glastuinbouwbedrijf bij gewasverdamingsniveau A bij volledige dekking van de waterbehoefte met drinkwater

6.2. G e c o m b i n e e r d g e b r u i k v a n r e g e n w a t e r e n d r i n k w a t e r

6.2.1. Regenwater- en drinkwatergebruik op jaarbasis

De dekking van de totale waterbehoefte van jaar tot jaar bij de gewasverdamingsniveaus A en C, bij voorraadbassins van 500, 1500 en 2500 m³, is weergegeven in figuur 4 en 5. In beide figuren komen de verschillen in het regenwater- en drinkwatergebruik van jaar tot jaar duidelijk tot uiting. De jaren 1959 en 1966 werden al eerder aangeduid als respectievelijk extreem droog en zonnig en zeer nat en somber. Ook de jaren 1976 en 1965 kunnen in dit opzicht worden genoemd.

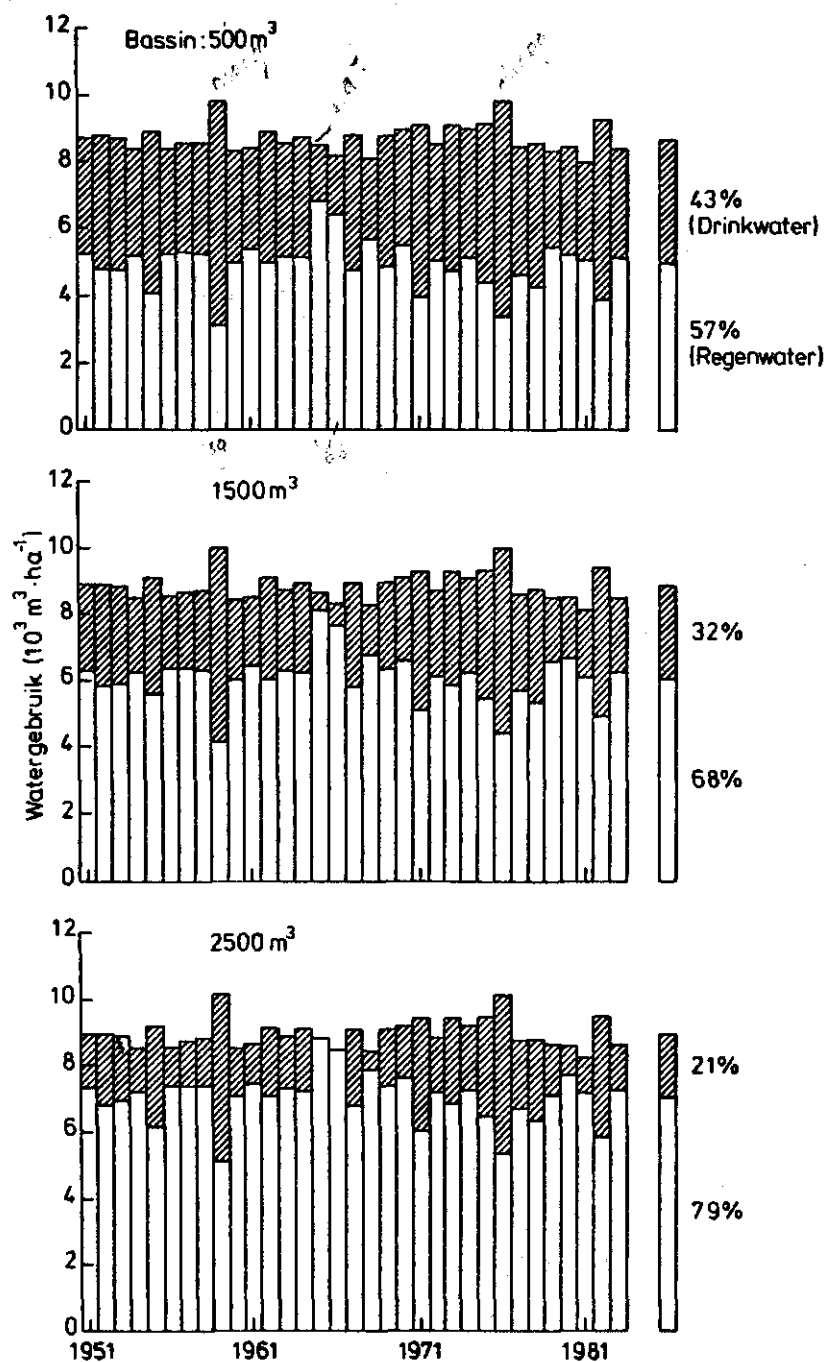


Fig. 4. Regenwater- en drinkwatergebruik op glastuinbouwbedrijven bij gewasverdampingsniveau A bij een voorraadbassin van 500, 1500 en 2500 m³ per ha kasoppervlakte

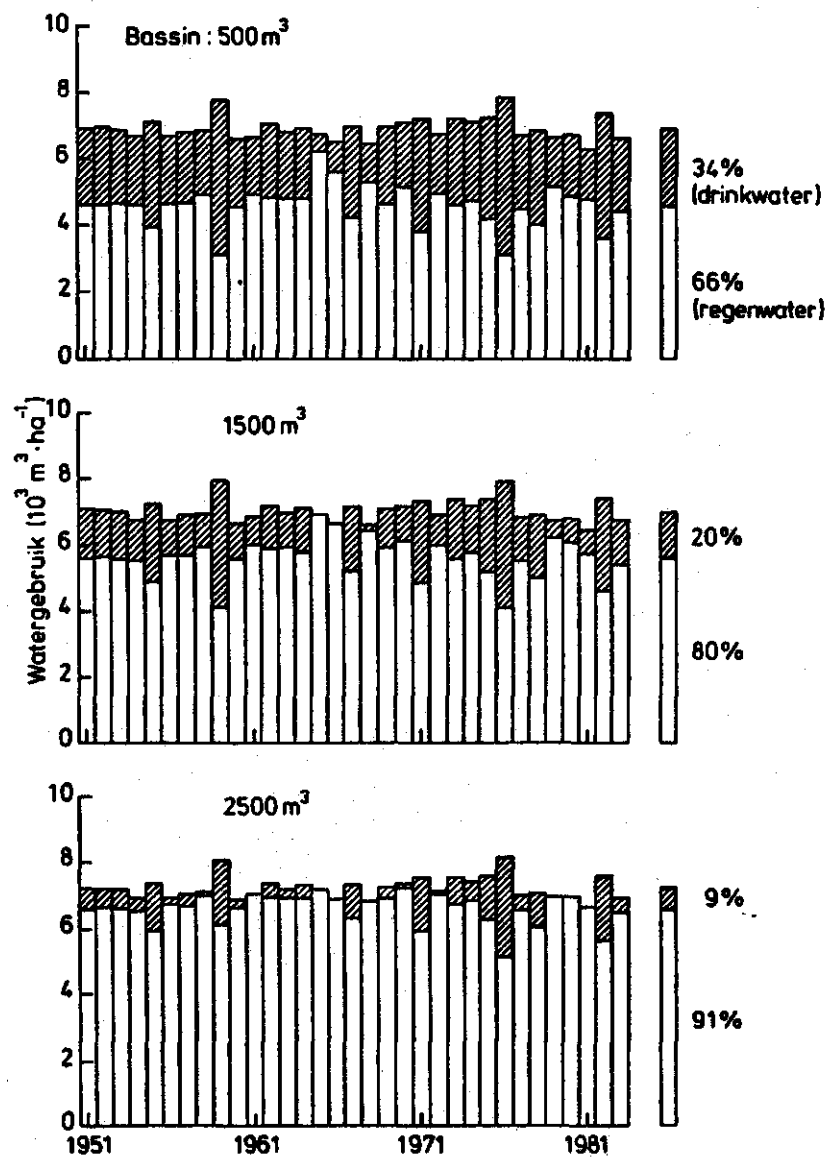


Fig. 5. Regenwater- en drinkwatergebruik op glastuinbouwbedrijven bij gewasverdamingsniveau C bij een voorraadbassin van 500, 1500 en 2500 m³ per ha kasoppervlakte

De invloed van de bassingrootte komt bij vergelijking van de deelfiguren duidelijk tot uiting. Bij een bassin van 500 m^3 wordt bij beide verdampingsniveaus elk jaar drinkwater gebruikt. Bij een bassin van 2500 m^3 moet de waterbehoefte bij verdampingsniveau A gemiddeld nog voor 21% worden gedekt door gebruik van drinkwater. In 1965 en 1966 blijkt gebruik van drinkwater dan niet meer nodig maar daar tegenover staan weer de jaren 1959 en 1976 met een drinkwatergebruik van circa 5000 m^3 per ha (500 mm!). Bij gewasverdampingsniveau C en een bassin van 2500 m^3 moet in het jaar 1976 de waterbehoefte nog altijd voor meer dan 30% worden gedekt door gebruik van drinkwater. Anderzijds is het aantal jaren zonder drinkwatergebruik dan toegenomen tot zeven.

Bij een nauwgezette vergelijking van de deelfiguren van figuur 4 en 5 blijkt de totale waterbehoefte iets toe te nemen met toenemende bassingrootte. Twee factoren spelen hierbij een rol. Bij toenemende bassingrootte daalt het drinkwatergebruik en neemt het regenwatergebruik toe. De gemiddelde Cl^- -concentratie van het water, dat aan het gewas wordt verstrekt, komt daarmee op een lager niveau en daardoor ook de waterbehoefte voor doorspoeling. Als dus alleen deze factor zou spelen zou de totale waterbehoefte afnemen bij toenemende bassingrootte. Zoals gezegd blijkt uit figuur 4 en 5 het tegenovergestelde. Dit is een gevolg van de tweede factor, namelijk de directe verdamping vanuit het bassin (Q_0 in vergelijking (10)). In de modelberekeningen is aangenomen dat de bassindiepte onafhankelijk is van de grootte van het bassin. Dit houdt in dat het openwater oppervlak, en daarmee de openwaterverdamping, recht evenredig is met de grootte van het bassin. De invloed van deze tweede factor blijkt groter te zijn dan de invloed van eerstgenoemde factor zodat de totale waterbehoefte iets toeneemt met toenemende grootte van het bassin.

De samenhang tussen de grootte van het bassin en de dekking van de behoefte door gebruik van regenwater en drinkwater is verder uitgewerkt voor de jaren 1951, 1959 en 1966 in de figuren 6 en 7, wederom voor de verdampingsniveaus A en C. De berekeningen werden uitgevoerd voor bassins tot 6000 m^3 per ha glas. In de praktijk komen bassins van die grootte niet voor. Zelfs waar veel ruimte beschikbaar is blijven de bassins beperkt tot maximaal 3000 à 4000 m^3 per ha glas.

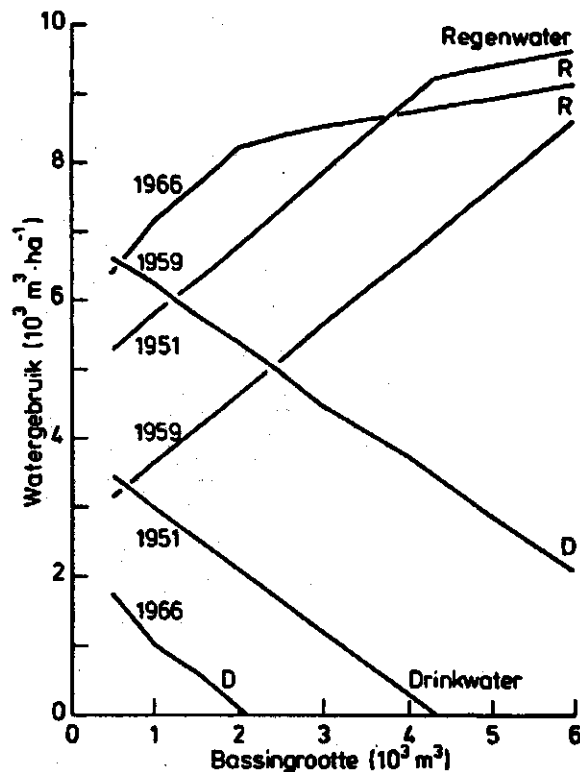


Fig. 6. Regenwater- en drinkwatergebruik in relatie tot de bassinggrootte bij gewasverdampingsniveau A, in de jaren 1951 ("normaal" jaar), 1959 (droog jaar) en 1966 (nat jaar)

Uit figuur 6 blijkt dat voor volledige dekking van de waterbehoefte bij niveau A door gebruik van regenwater in een "normaal" jaar (1951) met een bassin van circa 4300 m^3 per ha glas zou kunnen worden volstaan. In een jaar als 1959 zou dan echter nog altijd circa 3500 m^3 drinkwater voor suppletie nodig zijn. Bij niveau C zou volledige dekking van de behoefte met regenwater al bij een bassin van circa 3200 m^3 bereikt kunnen worden, zoals kan worden afgeleid uit figuur 7. In 1959 zou dan echter nog circa 2500 m^3 drinkwater voor suppletie nodig zijn.

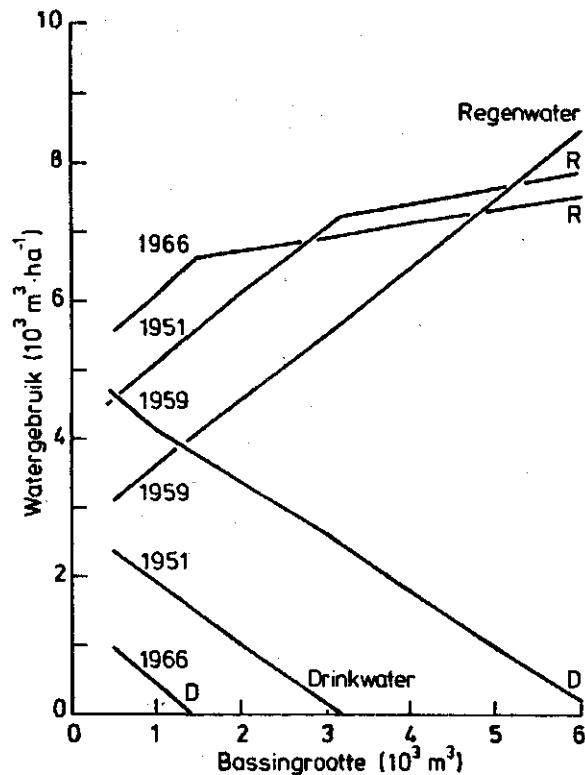


Fig. 7. Regenwater- en drinkwatergebruik in relatie tot de bassingrootte bij gewasverdampingsniveau C, in de jaren 1951 ("normaal" jaar), 1959 (droog jaar) en 1966 (nat jaar)

Uit figuur 6 en 7 blijkt voorts dat er voor een extreem jaar als 1959 over het gehele traject van bassins van $500 \text{ tot } 6000 \text{ m}^3$ een lineair verband bestaat tussen bassingrootte enerzijds en het drinkwatergebruik of het regenwatergebruik anderzijds. Vergelijkbare lineaire relaties (dat wil zeggen: relaties met vrijwel dezelfde hellingshoek) zijn ook van toepassing op de jaren 1951 en 1966 maar dan alléén tot dié bassingrootte waarboven het gebruik van drinkwater geheel wegvalt. Voor niveau A is dat in 1966 bijvoorbeeld het geval bij een bassin van circa 2000 m^3 . Voor bassins groter dan 2000 m^3 is het drinkwatergebruik in dat jaar tot nul gereduceerd. Het regenwatergebruik blijkt echter nog lineair toe te nemen met de bassingrootte. Dit is weer een gevolg van de openwaterverdamping, zoals eerder opgemerkt bij de bespreking van de figuren 4 en 5.

6.2.2. Regenwater- en drinkwatergebruik op decade basis

Resultaten van rekenvoorbeelden met betrekking tot het regenwater- en drinkwatergebruik per decade zijn verwerkt in figuur 8 en 9 voor verdampingsniveau A en in figuur 10 en 11 voor verdampingsniveau C. Vergelijking van de onder elkaar geplaatste deelfiguren geeft een indruk van de verschillen tussen "normale", droge en natte jaren. Vergelijking van figuur 8 met figuur 9 of van figuur 10 met figuur 11 geeft een indruk van de invloed van de bassingrootte. Nogmaals wordt opgemerkt dat in alle modelberekeningen in deze nota is aangenomen dat regenwater wordt gebruikt zolang er voorraad is. Pas als die voorraad geheel is verbruikt (op de niet bruikbare restinhoud van het bassin na) wordt overgegaan op gebruik van drinkwater.

Met betrekking tot de gegevens voor een bassin van 500 m^3 (fig. 8 en fig. 10) kan het volgende worden opgemerkt. De verschillen tussen de drie jaren komen in beide figuren duidelijk tot uiting. In het jaar 1951 kan de waterbehoefte bij niveau A (fig. 8) tot aan de derde decade van april en bij niveau C (fig. 10) tot aan de eerste decade van mei geheel worden gedekt door gebruik van regenwater. Ook in het droge jaar 1959 is het drinkwatergebruik in de periode tot mei bij niveau A zeer beperkt en bij niveau C nihil. De verschillen tussen de drie jaren komen vooral tot uiting in het drinkwatergebruik in de periode vanaf mei tot aan het moment waarop de teelt wordt beëindigd in oktober. In 1951 waren er bij niveau A tien opeenvolgende decaden met gebruik van drinkwater, in 1959 zelfs 19 opeenvolgende decaden, maar in 1966 slechts vier opeenvolgende decaden. Bij niveau C was het aantal opeenvolgende decaden met drinkwatergebruik in elk van de drie jaren kleiner dan bij niveau A.

Eenzelfde vergelijking tussen de niveaus A en C en tussen de drie jaren kan ook worden gemaakt voor een bassin van 2500 m^3 aan de hand van figuur 9 en figuur 11. Nu kan de behoefte door de grotere regenwatervoorraad in het bassin gedurende een langere periode gedekt worden. In het natte jaar 1966 is zelfs in het geheel géén gebruik van drinkwater meer nodig, noch bij verdampingsniveau A, noch bij niveau C. Aan de andere kant is in 1959 nog steeds gedurende een aaneengesloten periode van 13 decaden bij niveau A en van 12 decaden bij niveau C drinkwatergebruik noodzakelijk.

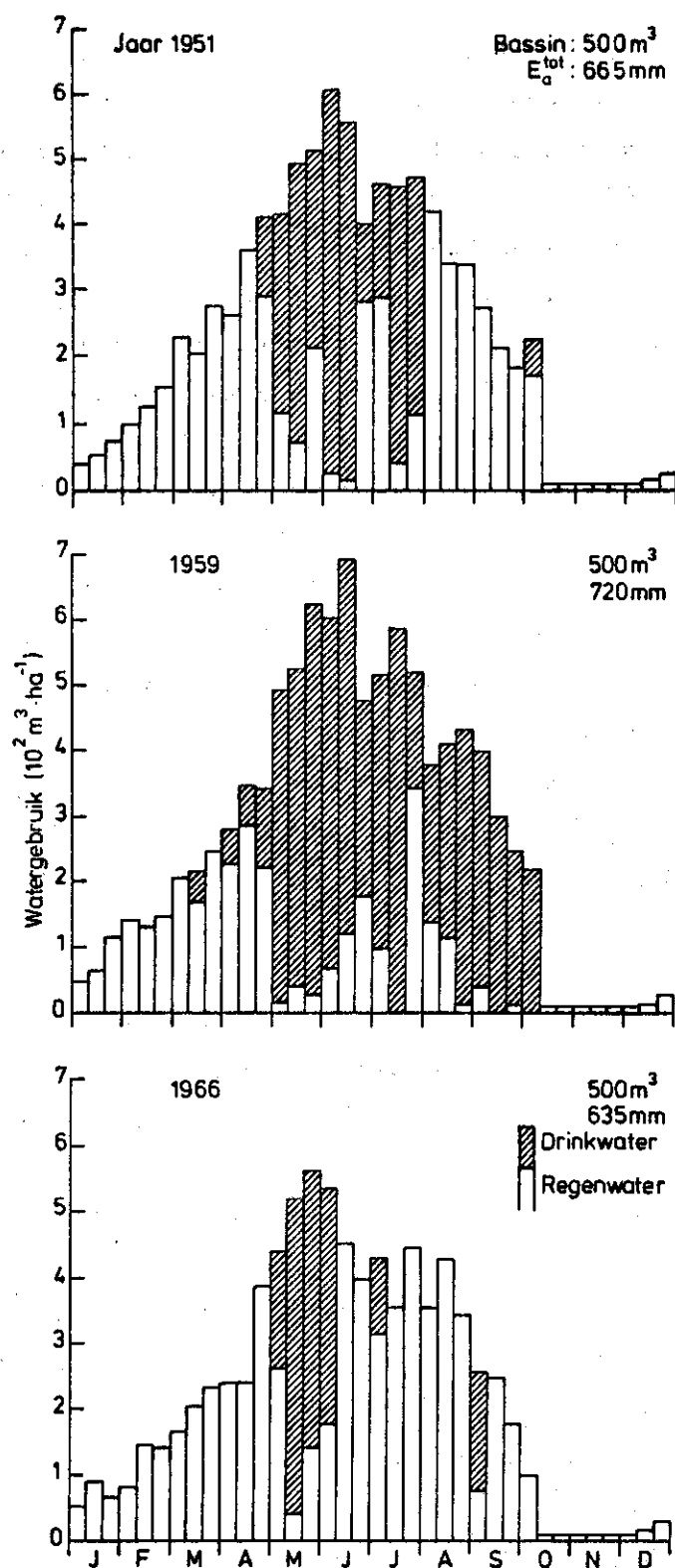


Fig. 8. Regenwater- en drinkwatergebruik per decade op glastuinbouw-
 bedrijf bij gewasverdampingsniveau A, bij een voorraadbassin
 van 500 m^3 per ha kasoppervlakte, in de jaren 1951 ("normaal"
 jaar), 1959 (droog jaar) en 1966 (nat jaar)

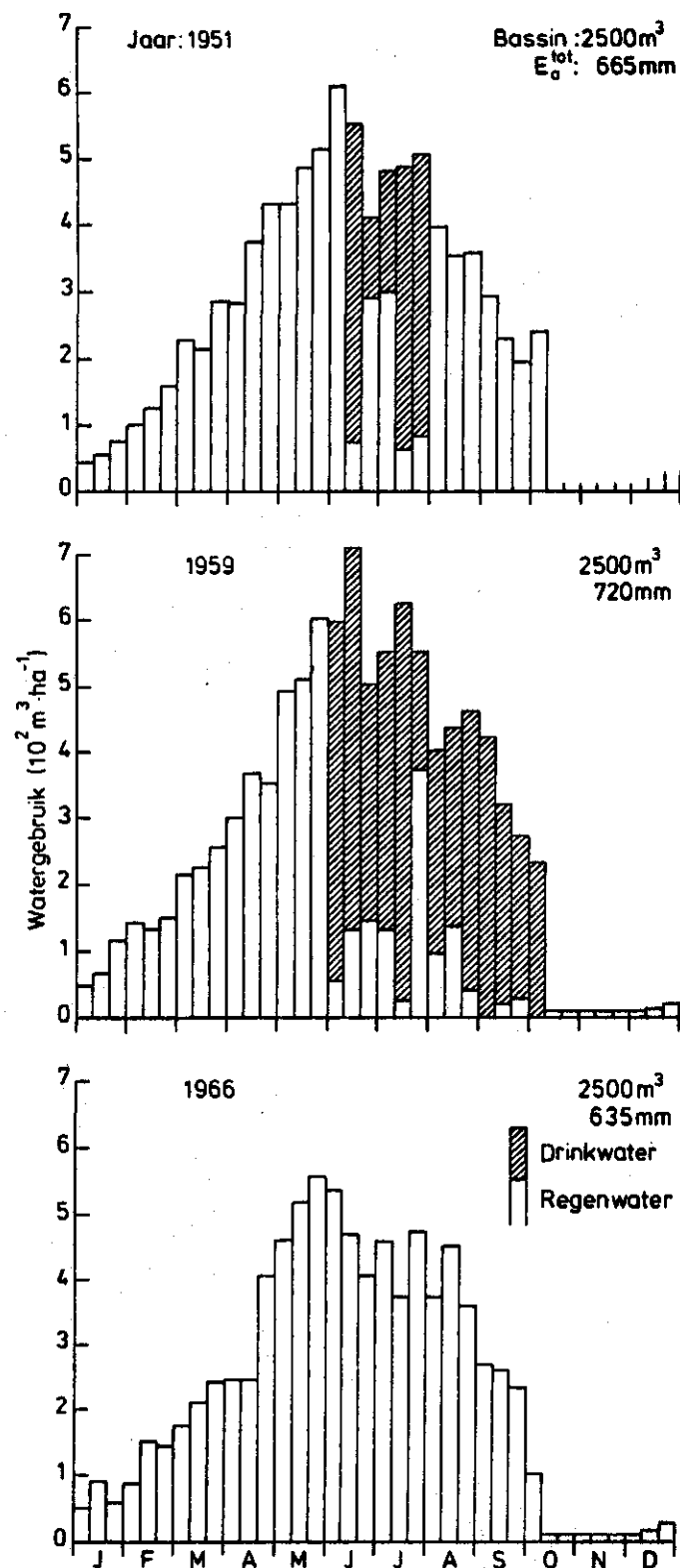


Fig. 9. Regenwater- en drinkwatergebruik per decade op glastuinbouw-
bedrijf bij gewasverdampingsniveau A, bij een voorraadbassin
van 2500 m³ per ha kasoppervlakte, in de jaren 1951 ("normaal"
jaar), 1959 (droog jaar) en 1966 (nat jaar)

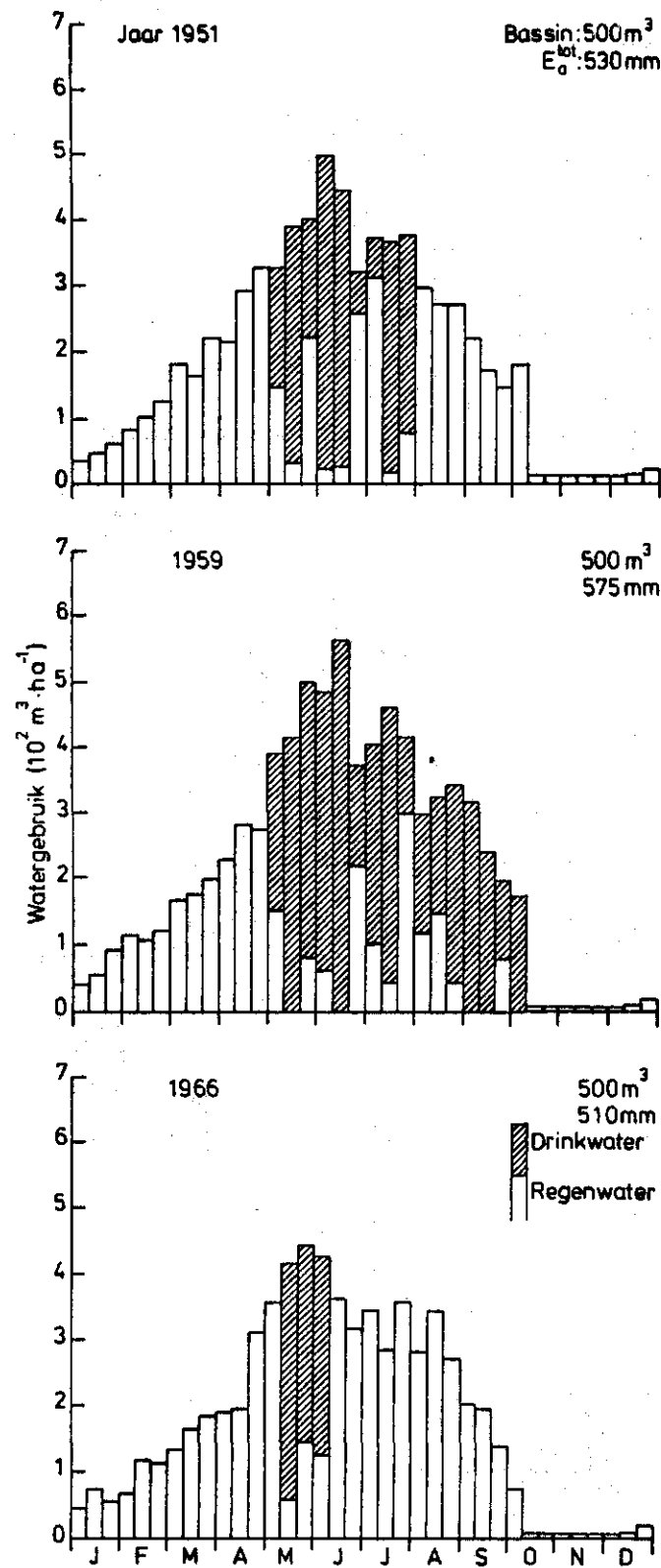


Fig. 10. Regenwater- en drinkwatergebruik per decade op glastuinbouw-
bedrijf bij gewasverdampingsniveau C, bij een voorraadbassin
van 500 m^3 per ha kasoppervlakte, in de jaren 1951 ("normaal"
jaar), 1959 (droog jaar) en 1966 (nat jaar)

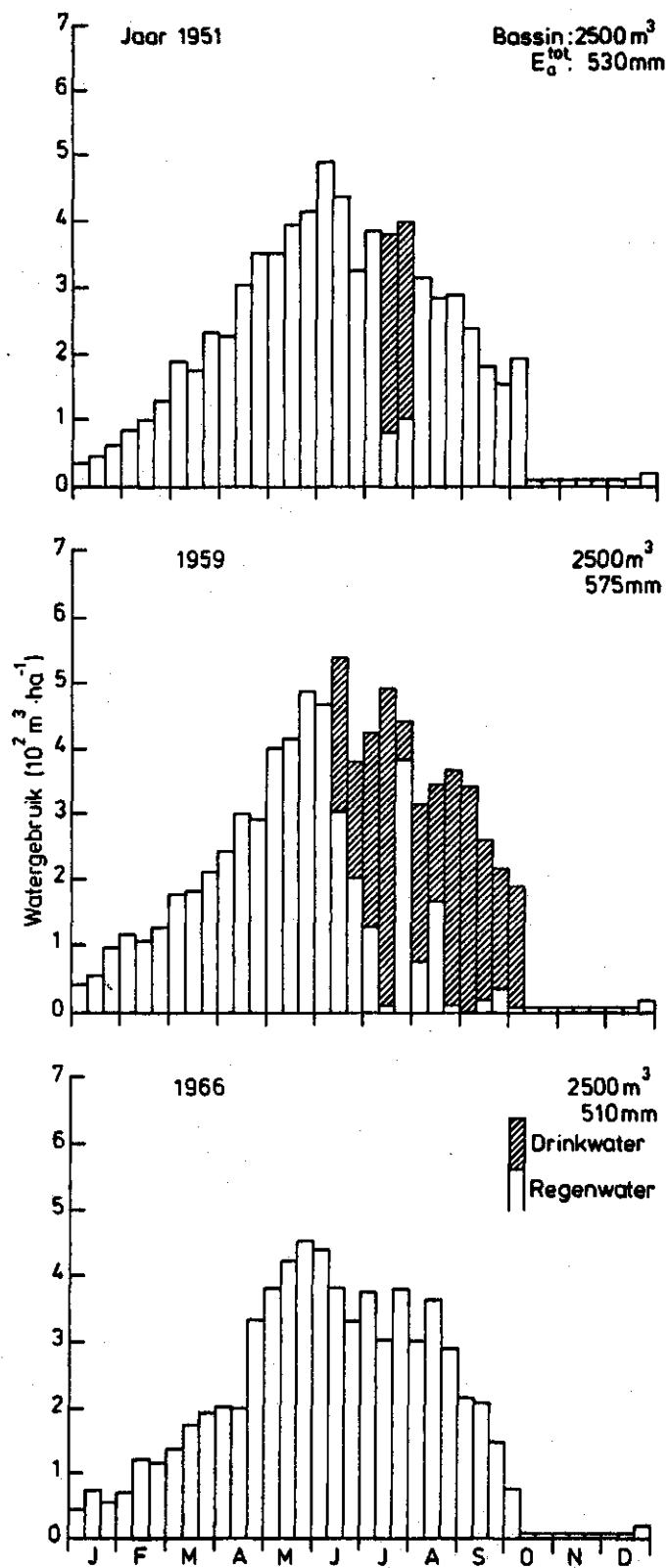


Fig. 11. Regenwater- en drinkwatergebruik per decade op glastuinbouw-
bedrijf bij gewasverdamingsniveau C, bij een voorraadbassin
van 2500 m^3 per ha kasoppervlakte, in de jaren 1951 ("normaal"
jaar), 1959 (droog jaar) en 1966 (nat jaar)

Bij vergelijking van figuur 8 met figuur 9 en van figuur 10 met figuur 11 komt duidelijk tot uiting dat de bassingrootte vooral van invloed is op het tijdstip waarop aanvullend gebruik van drinkwater noodzakelijk wordt. Zo wordt bijvoorbeeld bij niveau A in 1951 bij een bassin van 500 m^3 (bovenste deelfiguur in fig. 8) in de derde decade van april gebruik van drinkwater noodzakelijk. In het bassin van 2500 m^3 moet dan nog een regenwatervoorraad van circa 2000 m^3 (verschil in grootte van de bassins, overeenkomend met 200 mm water) zitten. Daarmee blijkt de waterbehoefte tot aan de tweede decade van juni gedekt te kunnen worden (zie jaar 1951 in fig. 9). In de periode daarna, dus vanaf de tweede decade van juni, is er weinig verschil in het regenwater- en drinkwatergebruik bij beide bassins. Eenzelfde verhaal gaat ook op voor het jaar 1959. In dat geval is er blijkens bijvoorbeeld figuur 8 en 9 een verschil in het regenwater- en drinkwatergebruik in de maanden april en vooral mei. Daarna is er nauwelijks verschil tussen de beide bassins. Dit wijst erop dat alle neerslag in de periode juni-juli in 1951 of in de periode juni-oktober in 1959 kan worden opgevangen, zowel bij het bassin van 500 m^3 als dat van 2500 m^3 . Met andere woorden: er is in genoemde perioden in 1951 en 1959 géén regenwater verloren gegaan door het volraken en overlopen van het bassin. In het jaar 1966 ligt de zaak iets anders. Blijkens figuur 8 is het bij een bassin van 500 m^3 noodzakelijk om een zekere hoeveelheid drinkwater te gebruiken in de eerste decade van juni en later weer, in de eerste decade van september. Bij een bassin van 2500 m^3 was dat blijkens figuur 9 niet het geval. Hieruit kan worden geconcludeerd dat bij het bassin van 500 m^3 een deel van de neerslag vallend in de tweede en derde decade van juni en in de tweede en derde decade van juli en in de maand augustus verloren moet zijn gegaan door het volraken en overlopen van het bassin.

6.3. G i e t w a t e r k w a l i t e i t

Vanuit de praktijk wordt regelmatig de vraag gesteld welke waterkwaliteit verwacht mag worden bij gecombineerd gebruik van regenwater en drinkwater en welke invloed de grootte van het bassin daarop heeft. In de modelberekeningen wordt het verloop van de Cl^- -concentratie van het bassinwater berekend door oplossing van vergelijking (11). Het is ook mogelijk de Cl^- -concentratie van het gietwater bij benadering te

berekenen door uit te gaan van de figuren 4 tot en met 7 of de figuren 8 tot en met 11 met betrekking tot het regenwater- en drinkwatergebruik op respectievelijk jaarbasis en decadebasis. De berekening verloopt dan volgens:

$$C_k = (W_n \cdot C_n + W_s \cdot C_s) / (W_n + W_s) \quad (13)$$

waarin C_k = Cl^- -concentratie gietwater ($\text{mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$)

C_n = Cl^- -concentratie regenwater (= $0,4 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$, zie paragraaf 2.6)

C_s = Cl^- -concentratie drinkwater (= $2,0 \text{ à } 2,3 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$, zie paragraaf 2.6)

W_n = regenwatergebruik

W_s = drinkwatergebruik

De concentratie C_k is een gewogen gemiddelde concentratie en heeft betrekking op de periode waarop W_n en W_s betrekking hebben. Uitgaande van figuur 4 tot en met 7 wordt met vergelijking (13) C_k op jaarbasis berekend. Het verloop van C_k op decade basis wordt berekend wanneer wordt uitgegaan van figuur 8 tot en met 11.

Ter illustratie zijn met vergelijking (13) berekende concentraties opgenomen in tabel 3. De gegevens hebben betrekking op gewasverdampingsniveau A. De concentratie is berekend voor perioden van verschillende duur. De grootheden W_n en W_s zijn in dit geval uit figuur 8 en 9 afgelezen voor de perioden met een lengte van één tot en met zes decaden en uit figuur 4 voor de periode van 36 decaden (C_k op jaarbasis). De verschillen tussen de jaren en de invloed van de bassingrootte komen in tabel 3 duidelijk tot uiting. Afgezien van het jaar 1966 bij een bassin van 2500 m^3 worden de verschillen tussen het "normale" jaar (1951), het droge jaar (1959) en het natte jaar (1966) groter naarmate de situatie over een langere periode wordt bekeken. Ook de invloed van de grootte van het bassin neemt toe naarmate de situatie over een langere periode wordt beschouwd. Wat dit betreft geeft vergelijking van de gegevens op jaarbasis (36 decaden) dus een misleidend beeld van de invloed van de bassingrootte op de waterkwaliteit als niet óók rekening wordt gehouden met het concentratieverloop over perioden van veel kortere duur.

Tabel 3. Gemiddelde Cl^- -concentraties (mmol.dm^{-3}) van het gietwater voor perioden van verschillende lengte bij gewasverdampingsniveau A, berekend met vergelijking (13) aan de hand van het regenwater- en drinkwatergebruik volgens figuur 4, 8 en 9

Periode lengte	500 m ³ bassin		
	1951	1959	1966
1 decade	2,10	2,15	2,01
2 decaden	2,09	2,12	1,86
3 decaden	1,89	2,14	1,77
4 decaden	1,89	2,12	1,63
5 decaden	1,86	2,12	1,43
6 decaden	1,73	2,03	1,34
36 decaden	1,09	1,58	0,77

Periode lengte	2500 m ³ bassin		
	1951	1959	1966
1 decade	1,93	2,15	0,40
2 decaden	1,90	2,10	0,40
3 decaden	1,62	2,07	0,40
4 decaden	1,50	2,08	0,40
5 decaden	1,57	2,06	0,40
6 decaden	1,41	1,98	0,40
36 decaden	0,72	1,26	0,40

7. SAMENVATTING

Bij de overgang van de traditionele teeltwijze in de grond naar teelt in substraat kan de glastuinbouw in het Zuidhollands Glasdistrict niet langer gebruik maken van oppervlaktewater. De behoefte aan kwalitatief goed water kan in dat geval worden gedekt door gebruik van regenwater, met aanvullend gebruik van drinkwater in periodes met een tekort aan neerslag. Op bedrijven zonder ruimte voor een bassin voor de opvang van het regenwater kan volledige dekking van de behoefte door gebruik van drinkwater worden overwogen. Het is wél belangrijk voor ogen te houden dat het drinkwater in de belangrijkste glastuinbouwgebieden van Zuid-Holland (het Westland en De Kring) in feite niet aan de hoogste kwaliteitseisen voldoet. De chloride-concentratie ligt in de orde van $2,0 \text{ à } 2,3 \text{ mol.m}^{-3}$ (70 à 80 mg per liter) en kan bij teelten in substraat alléén worden gebruikt als voldoende kan worden doorgespoeld om ophoping van chloride in het wortelmilieu te beperken.

Bij dekking van de behoefte aan water door gebruik van regenwater en drinkwater rijst de vraag naar de verhouding tussen het gebruik van beide watersoorten, gegeven het gewasverdampingsniveau, de grootte van het bassin in verhouding tot de kasoppervlakte waarvan het regenwater wordt opgevangen en die van water moet worden voorzien. De vraag naar de kosten van de watervoorziening sluit hier direct bij aan. Om die vragen te beantwoorden is een rekenmodel ontwikkeld dat in detail is beschreven in een eerdere nota (HAMAKER, 1984a). In déze nota ligt de nadruk op rekenresultaten die met dat model zijn verkregen voor een "standaard" bedrijf met een kasoppervlakte van 1,0 ha. De tweede vraag, die naar de kosten van de watervoorziening, wordt beantwoord in twee aansluitende nota's (HAMAKER, 1984b en HAMAKER, 1984c).

De modelberekeningen zijn gebaseerd op kwantificering van de water- en chloridebalans van het bassin waarin het regenwater wordt opgevangen en waarin zonodig drinkwater wordt bijgemengd (fig. 2). De watertoevoer naar en onttrekking aan het bassin, samenhangend met respectievelijk de neerslag en de waterbehoefte van het gewas, worden per decade berekend aan de hand van meteorologische gegevens (neerslag, straling, temperatuur). Aan de hand van de toevoer en onttrekking wordt het verloop van de watervoorraad in het bassin berekend. Bij het volraken van het bassin in periodes met een neerslagoverschot wordt de lozing van over-

tollig water berekend. Omgekeerd wordt in periodes met een neerslagtekort de behoefte aan drinkwater berekend vanaf het moment dat de regenwatervoorraad uitgeput raakt.

Zoals gezegd hebben alle berekeningen in deze nota betrekking op een "standaard" bedrijf van 1,0 ha glas. Op het bedrijf vindt een langdurende teelt plaats vanaf december tot oktober van het daaropvolgende jaar (hoofdstuk 2). Drie gewasverdampingsniveaus, aangeduid als respectievelijk niveau A, niveau B en niveau C, worden onderscheiden. De totale gewasverdamping bij niveau A ligt in een "normaal" jaar op 665 mm. De piekverdamping ligt op circa 45 mm per decade. De verdamping bij niveau B ligt 10% beneden die van niveau A en de verdamping bij niveau C 20%. De behoefte aan water op jaarbasis en per decade wordt mede bepaald door de noodzakelijke doorspoeling. In de berekeningen is uitgegaan van een doorspoeling die afhankelijk is van de mengverhouding waarin regenwater en drinkwater worden gebruikt, met een minimum van 20% bij gebruik van alléén regenwater en een maximum van 30% bij gebruik van alléén drinkwater. Met behulp van deze gegevens wordt een indruk verkregen van de boven- en ondergrens van de waterbehoefte op jaarbasis en van de piekbehoefte (fig. 1 en tabel 2).

Modelberekeningen met betrekking tot de dekking van de waterbehoefte zijn uitgevoerd voor de reeks van jaren 1951 tot en met 1983. Voor het bedrijf zonder waterbassin zijn die berekeningen simpel. De gemiddelde behoefte aan drinkwater op jaarbasis ligt bij gewasverdampingsniveau A in de orde van 9500 m^3 per ha glas (6650 m^3 gewasverdamping, 2850 m^3 doorspoeling). De verschillen van jaar tot jaar zijn relatief klein (fig. 3). Voor bedrijven met een voorraadbassin zijn de berekeningen uitgevoerd voor bassins van 500, 1500 en 2500 m^3 per ha kasoppervlakte, voor verdampingsniveaus A en C (fig. 4 en 5). Bij verdampingsniveau A en een bassin van 500 m^3 kan de waterbehoefte gemiddeld over de doorerekende periode van 33 jaar voor 57% worden gedekt door gebruik van regenwater. Bij een bassin van 1500 m^3 ligt dat op 68% en bij een bassin van 2500 m^3 op 79% (fig. 4). Voor verdampingsniveau C zijn die percentages respectievelijk 66, 80 en 91 (fig. 5).

De dekking van de waterbehoefte in relatie tot het verdampingsniveau en de grootte van het bassin is nader uitgewerkt voor het jaar 1951 ("normaal" jaar met een neerslag van ca. 800 mm), voor het jaar 1959 (zeer droog jaar met een neerslag van 525 mm) en voor het jaar

1966 (zeer nat jaar met een neerslag van 1120 mm). Binnen zekere grenzen blijkt voor elk van de drie jaren een lineair verband te bestaan tussen het regenwatergebruik en de grootte van het bassin en tussen het drinkwatergebruik en de grootte van het bassin (fig. 6 en 7). Via extrapolatie van het lineaire verband tussen drinkwatergebruik en bassingrootte blijkt dat voor volledige dekking van de waterbehoefte met regenwater in een extreem droog jaar als 1959 een bassin van circa 8600 m^3 nodig zou zijn bij gewasverdampingsniveau A (fig. 6) en van 6300 m^3 bij gewasverdampingsniveau C (fig. 7).

Een nadere analyse van de verdeling van het regenwater- en drinkwatergebruik over het jaar laat zien dat de grootte van het bassin vooral van invloed is op het tijdstip waarop met aanvullend gebruik van drinkwater moet worden begonnen (fig. 8 t/m 11). Wanneer eenmaal het tijdstip is bereikt waarop ook bij een groot bassin tot aanvullend gebruik van drinkwater moet worden overgegaan, blijkt er weinig verschil te zijn in het regenwater- en drinkwatergebruik bij kleine en grote bassins in de periode daarna. Dit hangt samen met het feit dat een klein bassin van 500 m^3 per ha kasoppervlakte al voldoende groot is om alle of vrijwel alle neerslag in het zomerhalfjaar op te vangen en voor dekking van de behoefte te benutten.

Tenslotte wordt in het kort aandacht besteed aan de relatie tussen het regenwater- en drinkwatergebruik en de Cl^- -concentratie van het water dat aan het gewas wordt verstrekt. De Cl^- -concentratie fluctueert tussen die van het regenwater (gesteld op $0,4 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$) en die van drinkwater ($2,0 \text{ à } 2,3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$). Grote veranderingen van decade tot decade treden op omdat is aangenomen dat pas met bijmenging van drinkwater wordt begonnen nadat de regenwatervoorraad is uitgeput, op een veronderstelde niet bruikbare restinhoud van het bassin na. Die restinhoud is gesteld op 10% van de maximale inhoud van het bassin. Dit houdt in dat Cl^- -concentratieveranderingen onder invloed van drinkwaterbijmenging of neerslag geleidelijker verlopen bij grote bassins dan bij kleine bassins.

LITERATUUR

- HAMAKER, Ph., 1984a. Model voor berekening van de behoefte aan water voor suppletie bij gebruik van regenwaterbassins op glastuinbouwbedrijven. ICW-nota 1553.
- , 1984b. Kosten van de watervoorziening van glastuinbouwbedrijven in de Kring bij gebruik van drinkwater, al dan niet in combinatie met regenwater. ICW-nota 1588.
- , 1984c. Kosten van de watervoorziening van glastuinbouwbedrijven in het Westland bij gebruik van drinkwater, al dan niet in combinatie met regenwater. ICW-nota 1589.
- SONNEVELD, C., 1982. Adviesbasis voor waterkwaliteit in de glastuinbouw. Proefstation voor Tuinbouw onder glas, Naaldwijk. Informatiereeks, nr. 75.
- STUURGROEP INTEGRAAL ONDERZOEK DRINKWATERVERVOORZIENING ZUID-HOLLAND, 1983. Eindrapport. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Leidschendam en Provinciale Waterstaat Zuid-Holland, 's-Gravenhage.