

# DE BEREKENING VAN DE AANVULLENDE WATER- BEHOEFTE VAN GRASLAND

R. H. A. VAN DUIN  
*Cultuurtechnische Dienst*

## SUMMARY

### CALCULATION OF THE NEED OF WATER SUPPLY FOR GRASSLAND

*To calculate the capacity of irrigation canals one should be informed in the first place on the water balance of the crop in the given area. This water balance consists of precipitation, soil moisture storage and need of water, of which the upper limit is determined by the potential evapotranspiration of the crop. Since dry and wet periods often alternate in such a way that for long periods most times a surplus of water is calculated, e.g. in the Netherlands, this water balance should be set up for short periods. The influence of the length of these periods is represented in figure 1. In this paper the water balances of grass in the Netherlands are calculated for periods of ten days after which the surpluses and deficits are summed up separately during the growing period (table, page 9).*

*The relation between the total moisture deficit during the growing period and the storage capacity of the soil has been given in figure 2. If this capacity equals zero the moisture deficit approaches the potential evapotranspiration since in that case no rain comes available to the crop.*

*The influence of supply with water on the moisture deficit is represented in figure 3. It appears that the efficiency of water supply decreases with increasing capacity since periods with a small water deficit more often occur than periods with a large deficit. A continuous supply with 10 mm of water during each ten days is used up for 75%, the second 10 mm for 45%, the third 10 mm for 25% and the fourth 10 mm only for 8%. Because of this a capacity of the irrigation canals of about 2,5 mm/day will be sufficient to supply a crop of grass in the Netherlands with water except for losses to the underground.*

#### 1. INLEIDING

Bij de uitvoering van werken ten behoeve van de watervoorziening zijn o.m. de volgende gegevens vereist:

- a. de hoeveelheid water die per groeiseizoen moet worden gereserveerd en welke bepalend is voor de grootte van de reservoirs;
- b. de hoeveelheid water die per tijdseenheid (b.v. een etmaal) moet kunnen worden aangevoerd en welke bepalend is voor de capaciteit der aanvoerleidingen (uiteraard afgezien van verliezen tijdens transport en distributie).

Voor de vaststelling van deze hoeveelheden dient men voor het beschouwde gebied te beschikken over waterbalansen gedurende een reeks van jaren, zodat men een inzicht krijgt in de frequenties waarmee bepaalde watertekorten optreden. De waterbalans van een gebied hangt samen met neerslag, verdamping, beschikbaar bodemvocht en aan- en afvoer verliezen. Aangezien natte en droge perioden elkaar afwisselen, waarbij over langere perioden gerekend in Nederland steeds een vochtoverschot bestaat, dienen deze waterbalansen te worden opgesteld voor korte perioden. Door voortgaande sommatie vanaf het begin van de groeiperiode tot aan het einde van deze periode, verkrijgt men dan een beeld van het totale vochttekort of vochtoverschot gedurende de groeiperiode. Naast de keus van de lengte van de periode waarvoor de afzonderlijke waterbalansen worden opgesteld, moet ook een weloverwogen keus worden gedaan inzake de verschillende termen van deze waterbalans, in het bijzonder wat betreft het beschikbare bodemvocht en de verdamping.

Voor de verdampingsterm kan men de werkelijke waterbehoefte van een gewas of bouwplan inzetten (dus gebaseerd op opbrengstdepressies) ofwel de potentiële verdamping van het beschouwde gewas, waardoor men de waarde van de aanvullende waterbehoefte berekent. Voorzover er weinig of geen „luxe-consumptie” optreedt, geeft het op deze wijze berekende vochtdeficit tevens een reëel beeld van de aanvullende waterbehoefte. Voor grasland, waarbij het gaat om de produktie van de bladmassa welke gedurende de groeiperiode meer dan één maal wordt geoogst, lijkt dit een aanvaardbare methode.

Overigens moet men wat betreft de eisen van nauwkeurigheid o.m. rekening houden met het frequentieaspect van de gevraagde grootte, met het feit dat de verliezen bij het transport en de distributie van het water van dezelfde orde van grootte zijn als de aanvullende waterbehoefte en met de onzekerheden bij de berekening van het waterbouwkundig systeem.

Het vochthoudend vermogen van de grond (in feite het verloop van de vocht karakteristiek) en de uitgebreidheid van het wortelstelsel zijn bepalend voor de hoeveelheid water die tijdens de groeiperiode voor het gewas beschikbaar komt (bodemvoorraad) en voor de mate waarin de neerslag tijdens

de groeiperiode kan worden benut (nuttige neerslag). Voor blijvend grasland is deze factor vrij constant maar voor bouwlandgewassen niet, als gevolg van de wisselende omvang van het wortelstelsel tijdens de groeiperiode.

## 2. DE WATERBALANS

Voor de waterbalans van een gebied geldt:

$$N + B + A = U$$

$N$  is de hoeveelheid neerslag die tijdens de beschouwde periode door het gewas wordt benut,

$B$  is de hoeveelheid water die door het gewas aan de grond wordt onttrokken,

$A$  is het verschil tussen aanvoer en afvoer,

$U$  is de verdampte hoeveelheid water.

Voorts geldt:  $O = U - E_p$

$$D = E_p - U$$

$E_p = 0,75 E_o$  is de potentiële verdamping van kort gras, waarbij  $E_o$  de verdamping is van een wateroppervlak volgens PENMAN.

$O$  en  $D$  geven resp. het vochtoverschot en het vochtdeficit weer. Uit combinatie volgt o.a.:  $D = E_p - (N + B + A)$ .

## 3. HET NEERSLAGDEFICIT

Indien  $B = O$  en  $A = O$  is  $D = E_p - N$  (neerslagdeficit) of  $O = N - E_p$ . In een gemiddeld jaar in Nederland is  $N = 720$  mm en  $E_p = 580$  mm, dus  $O = 140$  mm. Gerekend voor het winter- en zomerhalfjaar afzonderlijk geldt:

	$N - E = O$	$N + B - E_p = O$ (als $B = 130$ mm)
okt—mrt	$350 - 80 = 270$ mm	$350 - 130 - 80 = 140$ mm
apr—sep	$370 - 500 = -130$ mm	$370 + 130 - 500 = 0$ mm
jaar:	$720 - 580 = 140$ mm	$720 - 580 = 140$ mm

Hieruit blijkt dat een berekening over een heel jaar geen beeld geeft over het werkelijk opgetreden neerslagtekort gedurende de groeiperiode. In dit geval is pas bij een bodemvoorraad van 130 mm, welke gedurende de groeiperiode wordt verbruikt en gedurende de rest van het jaar weer wordt aangevuld, het vochtdeficit nihil.

Bij een dergelijke berekening wordt ondersteld dat de neerslag tijdens de groeiperiode (hier 370 mm) geheel voor het gewas beschikbaar komt. In hoeverre dit werkelijk het geval is, wordt bepaald door de mate waarin

deze neerslag via de wortelzone weer aan het gewas ten goede kan komen. Bij ondiep wortelende gewassen op gronden met een gering vochthoudend vermogen zal in natte perioden een deel van de neerslag naar de onder-

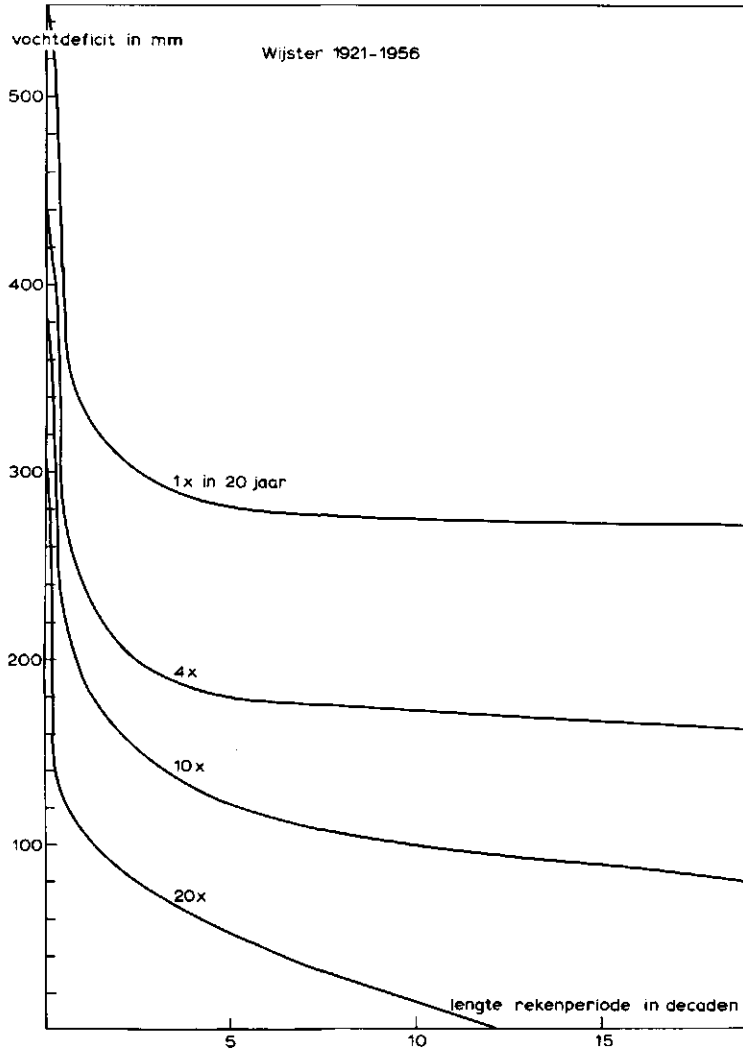


FIG. 1. De invloed van de lengte van de rekenperiode op het minimaal te verwachten jaarlijks neerslagdeficit van grasland

FIG. 1. The influence of the length of periods for which the water balances are calculated on the minimum yearly rainfall deficit of grassland

grond afvloeien. Onder dergelijke omstandigheden is het gewenst met kortere perioden te rekenen en de voor deze korte periode berekende overschotten en tekorten afzonderlijk te sommeren. In de tabel (zie pag. 9) is een schema gegeven voor een berekening met perioden van 1 maand en 1 decade over de maanden april—september. Gedurende deze maanden bedroeg de totale hoeveelheid neerslag 486 mm en de potentiële verdamping 449 mm, overeenkomend met een neerslagoverschot van 37 mm. Sommeert men de per maand berekende overschotten en tekorten afzonderlijk, dan vindt men resp. 113 en 76 mm. Sommering per decade geeft resp. 198 en 161 mm, waarbij het verschil uiteraard steeds weer gelijk is aan 37 mm.

Bij het hier gevolgde rekenschema, waarbij neerslagoverschotten en -tekorten gedurende korte perioden afzonderlijk worden gesommeerd, heeft de lengte van de gekozen rekenperiode een grote invloed op de totale waarde per groeiseizoen, waarbij de grenswaarde ligt bij afzonderlijke sommatie van potentiële verdamping en neerslag. Dit is grafisch weergegeven in figuur 1, waarin verticaal het berekende neerslagdeficit is weergegeven en horizontaal de lengte van de rekenperiode. Hieruit blijkt b.v. dat de invloed van de lengte van de rekenperiode in een nat jaar groter is dan in een droog jaar.

Hieronder is weergegeven met welke frequentie bepaalde neerslagdeficits voor grasland zijn opgetreden te Wijster (Dr.) gedurende de jaren 1911—1956. Deze deficits zijn bepaald door sommering van de per decade berekende deficits over de maanden april — september.

Frequentie (aantal malen in 20 jaar)	Potentiële verdamping (mm)	Neerslagdeficit voor grasland (mm)
1	550	330
2	525	270
4	515	240
10	500	190
15	480	150
20	450	105

Hieruit blijkt dat de spreiding van het neerslagdeficit aanzienlijk groter is dan van de potentiële verdamping.

#### 4. DE BODEMVOORRAAD

De bodemvoorraad *B*, welke aangeeft hoeveel water het gewas tijdens de groeiperiode aan de grond kan onttrekken, varieert globaal tussen 20 mm voor gras op humusarme zandgrond en 200 mm voor luzerne op goede zavelgrond.

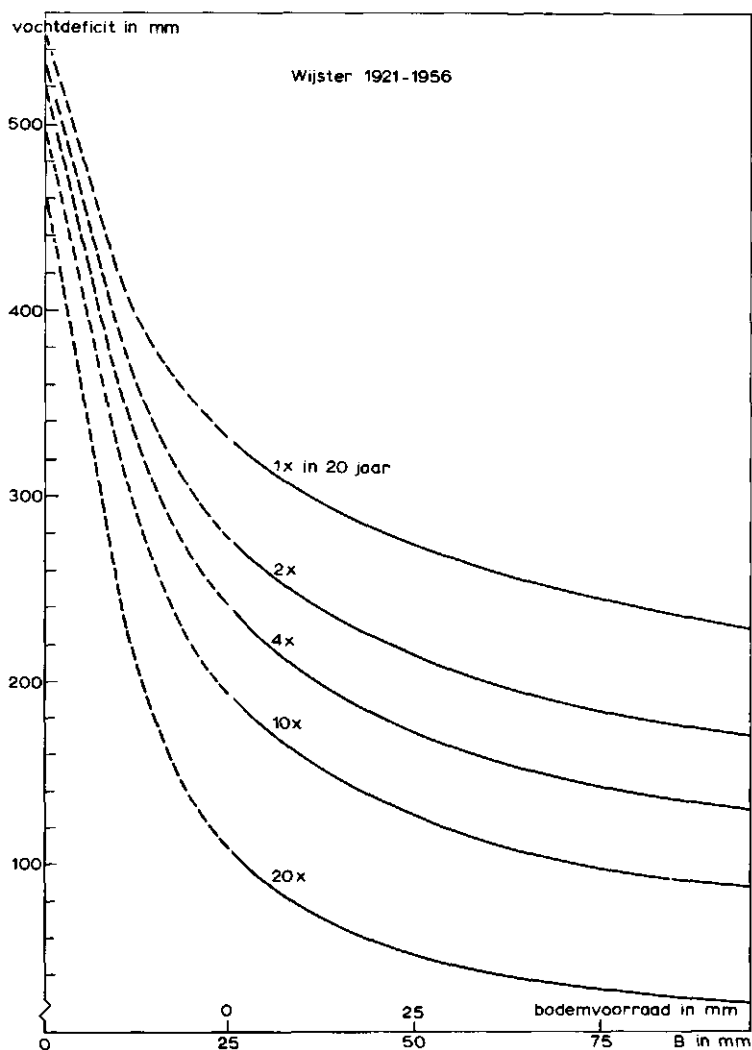


FIG. 2. De invloed van de bodemvoorraad op het minimaal te verwachten vochtdeficit van grasland (berekend per decade)

FIG. 2. *The influence of the soil moisture storage on the minimum yearly moisture deficit of grassland (calculated for decades)*

Als  $A = 0$  is het vochtdeficit  $D_v = E_p - (N + B)$ . In de tabel (zie pag. 9) is een schema gegeven voor de berekening van dit vochtdeficit voor verschillende waarden van  $B$ . Hierin geeft  $b$  de werkelijke hoeveelheid vocht in de grond weer tijdens de beschouwde decade. Voor  $B = 10, 20$  en  $73$  mm

is het vochtdeficit  $D$  resp. gelijk aan 112, 76 en 0 mm.

In figuur 2 is voor Wijster de relatie weergegeven tussen het per decade berekende, gesommeerde vochtdeficit van grasland en de bodemvoorraad. Voor  $B = 0$  is dit vochtdeficit gelijk aan het neerslagdeficit (zie tabel op blz. 9). In feite geldt dit slechts voor de hier gestelde rekenperioden van 1 decade. Immers, indien het vochthoudend vermogen van de grond nihil is, zou de neerslag (afgezien van directe verdamping) geheel tot afstroming komen en zou de verdamping ook nihil zijn en dientengevolge het vochtdeficit gelijk aan de potentiële verdamping. Dit is in figuur 2 aangegeven door extrapolatie van de curven naar  $E_p$  (samenvallend met de verticale as). Dit illustreert het feit, dat men door de keus van de rekenperiode (waarbinnen dus alle neerslag aan het gewas ten goede komt), tevens een bepaalde onderstelling doet omtrent de bodemvoorraad. Dit blijkt ook uit het rekenschema, waarin het per maand berekende neerslagdeficit (76 mm) gelijk is aan het per decade berekende vochtdeficit bij een bodemvoorraad van 20 mm. De werkelijke bodemvoorraad ( $B'$  in fig. 2) is dus steeds groter dan de aangenomen bodemvoorraad. Hierbij hangt het verschil af van de lengte van de rekenperiode. Dit verschil is in figuur 2 gesteld op 25 mm, doch waarschijnlijk ligt het wat lager, nl. bij 15 à 20 mm. Men mag aannemen dat bij een berekening per pentade de hieraan gekoppelde bodemvoorraad zo gering is, dat deze ook op weinig vochthoudende grond geheel ligt binnen de nauwkeurigheid waarmee de bodemvoorraad kan worden bepaald. Voor diepwortelende gewassen op gronden met een gunstig verloop van de vocht karakteristiek is ook een berekening per decade met verwaarlozing van de hieraan gekoppelde bodemvoorraad reeds een goede benadering.

## 5. DE AANVOERFACTOR

Het hier gevolgde rekenschema biedt ook de mogelijkheid de door aanvoer beschikbare hoeveelheid water („maatgevende aanvoer”) in rekening te brengen (desgewenst zowel bodemvoorraad als aanvoer). Dit is voor verschillende waarden van  $A$  weergegeven in het rekenschema (zie pag. 9). Het is duidelijk dat het effect van de aanvoer afneemt voor grotere waarden hiervan, omdat gedurende een groeiperiode in het algemeen vele perioden met een klein vochtdeficit en weinig perioden met een groot vochtdeficit optreden. Dit blijkt duidelijk uit figuur 3, waarin het voor Wijster per decade berekende vochtdeficit van grasland is weergegeven over de maanden april — september voor de jaren 1921 — 1956 in afhankelijkheid van de aanvoer. Hierbij is een continue aanvoer van 10 mm/decade voor

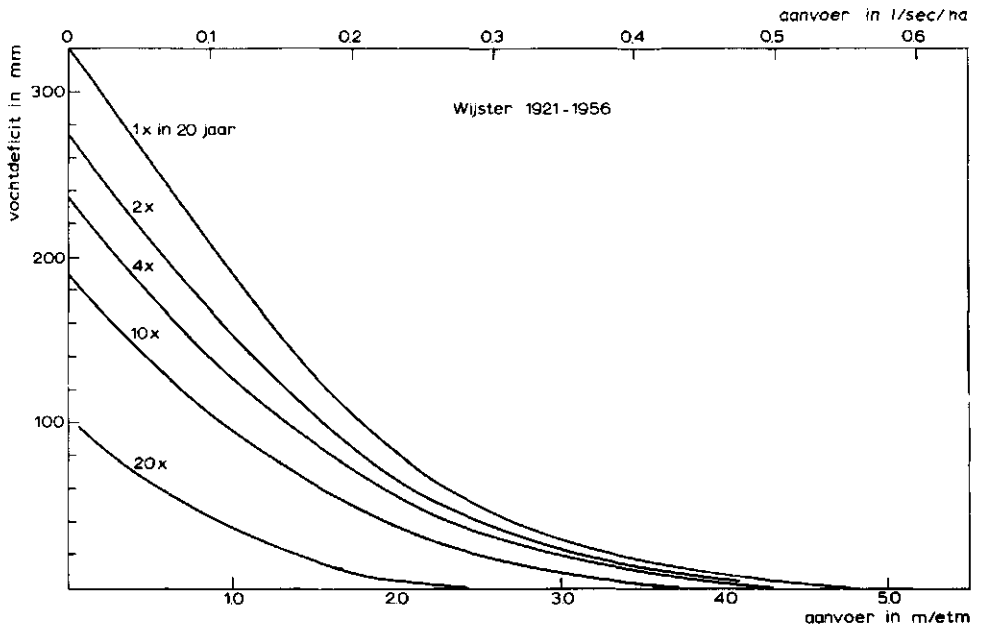


FIG. 3. De invloed van de aanvoer op het minimaal te verwachten jaarlijks vochtdeficit van grasland

FIG. 3. *The influence of the water supply on the minimum yearly moisture deficit of grassland*

75 % effectief, een toename van 10 naar 20 mm voor 45 %, van 20 naar 30 mm voor 25 %, van 30 naar 40 mm voor 8 % en van 40 naar 50 mm voor slechts 3 %. Een waarde van b.v. 0,3 l/sec/ha voor grasland lijkt dan ook alleszins aanvaardbaar. Voor een gebied met geen al te grote ondergrondse verliezen komt men dan tot een totale aanvoercapaciteit van b.v. 0,5 l/sec/ha, waarbij men voor kleine oppervlakten (eindleidingen) eventueel een wat grotere waarde kan aanhouden.



TABEL. Berekening van het vochtdeficit bij verschillende waarden van de bodemvoorraad en de aanvoerfactor

	april		mei		juni		juli		augustus		september			Totaal (mm)	Deficit (mm)
	I	II III	I	II III	I	II III	I	II III	I	II III	I	II III	I		
1. $N$ (mm/mm)	66		107		62		67		140		44		44	486	
2. $E_o$	72		109		132		136		85		64		64	598	
3. $E_p = 0,75E_o$	54		82		99		102		64		48		48	449	
4. $N-E_p$	12		25		-37		-35		76		-4		-4	113-76=37	76
5. $N$ (mm/dec.)	25	2 39	45	5 57	20	15 27	40	2 25	54	50 36	1	6 37	1 6 37	486	
6. $E_o$	22	24 26	28	48 33	44	44 44	41	53 42	29	26 30	26	25 13	26 25 13	598	
7. $E_p$	16	18 19	21	36 25	33	33 33	31	40 32	22	19 22	20	19 10	20 19 10	449	
Inloed bodemvoorraad ( $A = 0$ )															
8. $B = 0$ mm: $N-E_p$	9	-16 20	24	-31 32	-13	-18 -6	9	-38 -7	32	31 14	-19	-13 27	-19 -13 27	198-161=37	161
9. $B = 10$ mm: $b$	10	0 10	10	0 10	0	0 0	9	0 0	10	10 10	0	0 0	0 0 0		
10. $N+b-E_p$	0	-6 0	0	-21 0	-3	-18 -6	0	-29 -7	0	0 0	0	-9 -13 0	-9 -13 0	-112	112
11. $B = 20$ mm: $b$	20	4 20	20	0 20	7	0 0	9	0 0	20	20 20	1	0 20	1 0 20	-76	76
12. $N+b-E_p$	0	0 0	0	-11 0	0	-11 -6	0	-29 -7	0	0 0	0	-12 0	0 -12 0		
13. $B = 73$ mm: $b$	73	57 73	73	42 73	60	42 36	45	7 0	32	63 73	54	41 68	54 41 68		
14. $N+b-E_p$	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0 0 0	0	
Inloed wateraanvoer ( $B = 0$ )															
15. $A = 0$ mm/dec.: $N-E_p$	9	-16 20	24	-31 32	-13	-18 -6	9	-38 -7	32	31 14	-19	-13 27	-19 -13 27	198-161=37	161
16. $A = 10$ mm/dec.: $N+A-E_p$	0	-6 0	0	-11 0	-3	-8 0	0	-28 0	0	0 0	0	-9 -3 0	-9 -3 0	-78	78
17. $A = 20$ : $N+A-E_p$	0	0 0	0	-21 0	0	0 0	0	-18 0	0	0 0	0	0 0	0 0 0	-29	29
18. $A = 30$ : $N+A-E_p$	0	0 0	0	-1 0	0	0 0	0	-8 0	0	0 0	0	0 0	0 0 0	-9	9
19. $A = 38$ : $N+A-E_p$	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0	0 0	0 0 0	0	

$N$  = neerslag;  $E_o$  = verdamping van een wateroppervlak volgens PENMAN;  $E_p$  = potentiële verdamping van kort gras;  
 $B$  = maximale hoeveelheid beschikbaar „hangwater” in de wortelzone (bodemvoorraad);  $b$  = de resterende hoeveelheid beschikbaar water;  $A$  = aanvoer in mm/10 dagen.