NN31396.1427

1427

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN

STICHTING voor BODEMKARTERING
Afd. Opdrachten
Tel. (08370) - 19100
Marijkeweg 11, Wageningen

DROOGTESCHADE ZUIDLAREN

STI
BO
KA

Stichting voor Bodemkartering
Postbus 98
6700 AB Wageningen
Tel. 08370-19100

Rapport nr. 1427
Project nr. 63.2135

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

STICHTING voor BODEMKARTERING
Afd. Opdrachten
Tel. (08370) - 19100
Marijkeweg 11, Wageningen

DROOGTESCHADE ZUIDLAREN

W.J.M. te Riele
en
A.F. van Holst

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0865 2097

ISBN 90 327 0041 3

Wageningen, juni 1979

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting voor Bodemkartering en de instantie die de opdracht tot het onderzoek heeft gegeven.

LSN 970158

I N H O U D:

	pag.
Lijst van bijlagen, afbeeldingen en tabellen	5
Woord vooraf	7
1. Inleiding	9
1.1 Ligging	9
1.2 Doel van het onderzoek	9
1.3 Werkwijze	9
2. Bodemkundig-hydrologische veldgegevens	11
3. Berekeningsmethode en invoergegevens	13
3.1 Algemeen	13
3.2 Benodigde invoergegevens	13
3.3 Rekenprocedure	14
4. Verwerking tot rekengegevens	17
4.1 Meteorologische gegevens	17
4.2 Bodemkundige gegevens	18
4.2.1 De effectieve wortelzone	18
4.2.2 Capillair geleidingsvermogen	18
4.3 Hydrologische gegevens	20
5. Rekenresultaten	23
5.1 Relatieve verdamping in de jaren 1972 t/m 1977	23
5.2 Relatieve verdamping in de uitgangstoestand en in de toekomst	25
Literatuur	27

LIJST VAN BIJLAGEN, AFBEELDINGEN EN TABELLEN

Bijlagen

1. Boorpuntenkaart, schaal 1:5000
2. Vlakkenkaart, schaal 1:5000
3. Rekengegevens en relatieve verdamping in de jaren 1972 t/m 1977

Afbeelding pag.

1. De ligging van de onderzochte percelen 8

Tabellen

1. De k-daagse verdampingsoverschotten in mm vanaf 1 mei behorend bij 8 overschrijdingskansen (gebaseerd op waarnemingen van het meteo-station Eelde/Groningen 17
2. Verklaring van toegekende bodemfysische parameters 19
3. Maximale verdampingsoverschotten bij (droogte-)overschrijdingskansen 23
4. Maximale verdampingsoverschotten met daarbij behorende (droogte-)overschrijdingskansen voor de jaren 1972 t/m 1977 24
5. Relatieve verdamping in de uitgangstoestand, in de situatie met verlaging en de verschillen voor de jaren 1972 t/m 1977 24
6. Gewogen gemiddelde van de relatieve verdamping in de uitgangstoestand en de jaren 1972 t/m 1977 25

W O O R D V O O R A F

Ten behoeve van het Technisch-Secretariaat van de Commissie Grondwaterwet Waterleidingbedrijven (CoGroWa) is in opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht een bodemkundig-hydrologisch onderzoek uitgevoerd op vijf percelen van de heer J. Sluiter te Kropswolde.

De veldopname is door W.J.M. te Riele in september 1978 verricht. De grootte van de verlagingen zijn vastgesteld door het Technisch-Secretariaat van CoGroWa, dat tevens de statistische verwerking van de meteorologische gegevens heeft verzorgd.

De berekeningen van de relatieve verdamping zijn verricht door Ir. P.J.M. de Laat, werkzaam bij het International Institute for Hydraulic and Environmental Engeneering (I.I.H.E.E.) te Delft, door middel van een door hem ontwikkeld rekenprogramma. De in dit rapport opgenomen toelichting op de berekeningsmethodiek is eveneens van zijn hand.

De leiding van het onderzoek berustte bij Ir. A.F. van Holst.

De Directeur,

Ir. R.P.H.P. van der Schans

79164-63.2135

Afb. 1 De ligging van de onderzochte percelen, schaal 1:25 000 (Top.krt. 12 E)

1 INLEIDING

1.1 LIGGING (afb. 1)

De in dit onderzoek betrokken percelen, kadastraal aangeduid als K514, K389, L77, L90 en K57/58, komen voor ten oosten en noordoosten van Zuidlaren. Ze hebben een gezamenlijke oppervlakte van ca. 25 ha en zijn gesitueerd in de Gemeente Zuidlaren (kaartblad 12E van de topografische kaart, schaal 1:25 000).

1.2 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van het onderzoek was de relatieve verdamping vast te stellen bij de onbeïnvloede hydrologische situatie en bij de diverse verlagingen ten gevolge van de waterwinning door het pompstation De Groeve van de N.V. Waprog te Groningen. Hiertoe zijn de geïnventariseerde bodemkundige, hydrologische en meteorologische gegevens zodanig bewerkt dat ze geschikt waren om te worden ingevoerd in een computerprogramma ter berekening van de relatieve verdamping. Aan de hand van de computeruitkomsten kan de droogteschade van de verschillende percelen in de relevante jaren en in de toekomst worden berekend.

1.3 WERKWIJZE

In de 5 percelen zijn in totaal 119 boringen verricht, waarvan 34 tot het geschatte huidige GLG-niveau en de rest tot 120 cm - mv. De boringsdichtheid bedroeg derhalve bijna 5 per hectare. Van alle boringen is een uitvoerige profielbeschrijving gemaakt waarin naast informatie over de aard en dikte van de bewortelbare laag, tevens gegevens zijn opgenomen over de aard van de ondergrond en over de huidige en vroegere grondwaterstandsfluctuatie. Ook is getracht van de percelen waarin recent een diepe grondbewerking (mengwoelen) is uitgevoerd de oorspronkelijke bewortelingsdiepte af te leiden uit de huidige profielopbouw en uit de profielopbouw van naastliggende, niet-bewerkte percelen. De plaatsen en nummers van zowel de diepe als de ondiepe boringen zijn vastgelegd in bijlage 1.

De veldgegevens zijn vervolgens omgezet tot kaartvlakken met bepaalde bodemfysische en hydrologische eigenschappen. Er was enige schematisatie nodig om het aantal bodemfysische/hydrologische combinaties tot een voor verdere computerverwerking aanvaardbaar aantal te beperken. De waarden van de relatieve verdamping zijn berekend voor de diverse jaren met een verlaagde grondwaterstand. De rekengegevens en -resultaten zijn per onderscheiden kaartvlak voor de uitgangstoestand en voor de jaren 1972 t/m 1977 weergegeven op bijlage 3. Voor de relatieve verdamping in de toekomst is een gemiddelde waarde berekend die optreedt op basis van een frequentie-verdeling van de verdampingsoverschotten gedurende het groeiseizoen.

2 BODEMKUNDIG-HYDROLOGISCHE VELDGEGEVENS

Tijdens de veldopname zijn per boring de volgende gegevens in een uitvoerige profielbeschrijving vastgelegd:

a. de subgroep van de bodemclassificatie op basis van dikte, aard en opeenvolging van de verschillende bodemhorizonten
b. de bewortelbare diepte en de diepte van verwerking
c. de bewortelbare diepte vóór de verwerking
d. het humusgehalte, het leemgehalte en de zandgrofheid van de humushoudende bovengrond
e. de diepte en de textuur of aard van de verschillende onder de humushoudende bovengrond voorkomende lagen
f. de geschatte fluctuatie van het grondwater op basis van hydromorfe kenmerken in termen van GHG en GLG van de vroegere (vóór 1972), niet of weinig door grondwateronttrekking beïnvloede situatie
g. de geschatte waarde van de huidige GLG op basis van hydromorfe kenmerken
h. de grondwaterstand in het boorgat tijdens de kartering.

Het voert ter ver om alle gegevens van de profielbeschrijvingen in dit rapport op te nemen. Derhalve is uitsluitend de meest representatieve profielopbouw per kaartvlak geschematiseerd weergegeven op bijlage 3.

De profielgegevens van de oorspronkelijke boringen berusten in het archief van de Stichting voor Bodemkartering.

De profielopbouw loopt tussen de verschillende percelen soms nogal sterk uiteen, doch ook binnen de percelen komen plaatselijk grote verschillen voor. Alle percelen waren ten tijde van de veldopname in gebruik als bouwland.

Perceel K514 heeft een tamelijk ongelijke hoogteligging. Het perceel was oorspronkelijk doorsneden door een aantal sloten. Het bestaat voornamelijk uit podzolgronden met zwak tot sterk lemige bovengronden naar beneden overgaand in zwak lemig zand. De mediaan (M50) bedraagt 145 à 160 µm. De verwerkingsdiepte loopt nogal uiteen, waarschijnlijk mede als gevolg van het dichten van de oorspronkelijk aanwezige sloten. Het humusgehalte en de samenstelling van de bovengrond variëren sterk. Op enkele plaatsen is nog een veenlaagje aangetroffen, meestal irreversibel ingedroogd veen. Ook de B-horizont varieert vrij sterk, zowel in dikte als intensiteit. Plaatselijk is de B-horizont nogal vast, terwijl het bovenste deel van de C-horizont daarentegen dikwijls een nogal losse pakking heeft.

Perceel K389 heeft een 30 tot 80 cm diepe grondbewerking ondergaan. Het perceel helt nogal sterk af in noordoostelijke richting. Ook hier zijn voornamelijk podzolgronden aangetroffen. In het bovenste deel van het profiel loop het leemgehalte uiteen van 14 tot 25%. De ondergrond is steeds zwak lemig en de mediaan van het zand bedraagt evenals die van de bovengrond ca. 150 µm.

Van perceel L77 is de maaiveldsligging in het uiterste westen aanzienlijk hoger dan van de rest van het perceel, dat overigens een vrij vlakke ligging heeft. De verwerkingsdiepte bedraagt maximaal 90 cm. Qua profielopbouw en granulaire samenstelling komt dit perceel sterk overeen met perceel K389. Op enkele plaatsen is onder de bewortelbare laag een veenlaag (gliedeachtig) aangetroffen.

In perceel L90 is geen diepe grondbewerking uitgevoerd. Dit perceel vertoont grote hoogteverschillen over korte afstand. Het bestaat in hoofdzaak uit veengronden en moerige gronden. De bovengrond is sterk lemig en zeer fijnzandig en het organische-stofgehalte varieert van 10 tot meer dan 20%. Het onder de bovengrond aanwezige veen heeft sterk

uiteenlopende verschijningsvormen. De veenlaag, samengesteld uit oligotrofe veensoorten (veenmosveen en zeggeveen), bestaat op de ene plaats uit sterk veraard veen, irreversibel ingedroogd veen of gliede en elders uit weinig veraarde bolster. Ook combinaties van ingedroogd veen en bolster e.d. in een zelfde profiel zijn veenvuldig aangetroffen. De onderkant van de veenlaag reikt vrijwel nooit dieper dan 120 cm beneden maaiveld. Onder de veenlaag is doorgaans een naar intensiteit sterk ontwikkelde B-horizont aanwezig die uit sterk lemig, zeer fijn zand bestaat. De C-horizont is eveneens zeer fijnzandig doch leemarm tot zwak lemig.

Perceel L57/58 heeft recent een diepe (40-80 cm) grondbewerking ondergaan. Grote hoogteverschillen van het maaiveld komen niet voor, maar er is wel wat micro-reliëf aanwezig. Dit perceel bestaat voor het grootste deel uit veldpodzolgronden en voor het overige uit veengronden en moerige gronden. De sterk lemige, zeer fijnzandige bovengronden bezitten over het algemeen een humusgehalte van 4 tot 10%. Ten aanzien van de hier aangetroffen veenlaag kan hetzelfde worden opgemerkt als bij perceel L90. De C-ondergrond bestaat uit leemarm tot zwak lemig zand met een M50 van ca. 150 µm.

Behalve perceel K514 waren oorspronkelijk alle percelen grotendeels nat tot zeer nat (Gt III en II). Door de verbeterde ontwatering en mogelijk ook door de wateronttrekking is de wateroverlast grotendeels opgeheven. Door de toegenomen capaciteit van het pompstation De Groeve en waarschijnlijk nog meer door de verschuiving van de plaats van de pompputten is een verlaging van de grondwaterstand in de onderhavige percelen opgetreden in de jaren 1972 t/m 1977. De grootte van de verlaging per jaar is door de CoGroWa vastgesteld voor de hoekpunten van de vijf percelen.

Alle percelen zijn thans omgeven door diepe, over het algemeen goed onderhouden sloten. Met uitzondering van perceel K514 is hiermee behalve goede ontwatering ook watertoevoer mogelijk, hetgeen blijkt uit de tijdens de kartering gemeten grondwaterstanden in de boorgaten. Door de plaatselijk voorkomende grote hoogteverschillen is het echter niet mogelijk voor alle plaatsen binnen een perceel een optimale grondwaterstand in te stellen dan wel te handhaven.

3 BEREKENINGSMETHODE EN INVOERGEGEVENS

3.1 ALGEMEEN

Voor de berekening van de vermindering van de produktiemogelijkheden ten gevolge van grondwaterstandsverlaging op basis van vochtleverantie is in principe de door Rijtema (1971) geïntroduceerde berekeningswijze toegepast. De Laat (1972) heeft voor deze rekenwijze een computerprogramma ontwikkeld. Voor de onderhavige berekeningen is gebruik gemaakt van een deelmodel dat is afgeleid van het model GELGAM. Dit laatste is ontwikkeld in het kader van het onderzoek ten behoeve van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland.

Op basis van meteorologische, bodemkundige en hydrologische gegevens kan met behulp van het rekenmodel de vochtleverantie door het profiel en het eventueel optredende vochttekort worden berekend.

Gedurende het groeiseizoen ontstaat namelijk een neerslagtekort doordat de potentiële verdamping van het gewas de neerslag overtreft. Indien dit neerslagtekort wordt aangevuld door vochtleverantie vanuit het profiel (onttrekking van vocht uit de bovengrond en capillaire aanvoer vanuit de ondergrond), is er geen vochttekort en treedt er optimale groei op. Als de werkelijke verdamping geringer is dan de potentiële verdamping, ten gevolge van een ontoereikende vochtvoorziening door de bodem, treedt opbrengstderving op. In plaats van de vochtleverantie wordt door het model een daarmee samenhangende grootheid berekend nl. de relatieve verdamping (E_{rel}), zijnde een quotiënt van de som van de neerslag (N) en de vochtleverantie uit het profiel (Vp) en de potentiële verdamping (E_{pot}). In formule:

$$E_{rel} = \frac{N + Vp}{E_{pot}} = \frac{E_{act}}{E_{pot}}.$$

Aangezien er een duidelijke relatie bestaat tussen de relatieve verdamping en de gewasopbrengst wordt eerstgenoemde gehanteeerd als maat voor het produktievermogen van gronden.

Als grondwateronttrekking leidt tot wijziging van de hydrologische parameters van de oorspronkelijke toestand, berekent men de relatieve verdamping voor zowel de uitgangstoestand als de gewijzigde toestand. Het verschil in relatieve verdamping tussen de oorspronkelijke en de gewijzigde hydrologische situatie, in casu de afname van de relatieve verdamping, kan aangemerkt worden te zijn veroorzaakt door grondwateronttrekking.

3.2 BENODIGDE INVOERGEGEVENS

Bij de berekening van de relatieve verdamping door het rekenmodel zijn de volgende invoergegevens nodig:

a. Meteorologische gegevens:
   frequentie-analyse van potentiële verdamping en neerslag tijdens het groeiseizoen
b. Bodemkundige gegevens:
   1. dikte en vochtkarakteristiek (pF-curve) van de effectieve wortelzone
   2. capillair geleidingsvermogen (K/Ψ-relatie) en vochtkarakteristieken van de verschillende lagen beneden de effectieve wortelzone
c. Hydrologische gegevens:
   1. de grondwaterstand aan het begin van het groeiseizoen, gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG)

2. de grondwaterstand aan het eind van het groeiseizoen, gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

Ten aanzien van de meteorologische gegevens, die voor de berekening van de relatieve verdamping bij dit onderzoek een zeer belangrijk uitgangspunt vormen, is in het model gebruik gemaakt van de waarnemingen zoals deze door het KNMI verstrekt zijn voor het meteo-station Eelde/Groningen.

De bodemkundige gegevens, waarvan in het voorgaande hoofdstuk de veldopname beschreven is, dienen in een voor het rekenmodel geschikte vorm te worden herleid. Dit betreft naast de diktevaststelling van de effectieve wortelzone en de daaronder voorkomende lagen vooral de laagsgewijze toekenning van bodemfysische parameters (pF-curven en K/Ψ-relaties). In het volgende hoofdstuk zal hier meer in detail op worden ingegaan.

Voor de berekening van de relatieve verdamping in zowel de oorspronkelijke als in een gewijzigde hydrologische situatie dienen de grondwaterstandsverlopen bekend te zijn in termen van GVG en GLG. Voor hakvruchten, i.c. aardappelen met een groeiperiode van 120 dagen, wordt het begin van het groeiseizoen gesteld op 1 mei. De GVG echter is gedefinieerd als het gemiddelde van de grondwaterstanden op 15 april. Aangezien in het algemeen de grondwaterstand zich op 1 mei op een wat lager niveau bevindt is voor de berekening van de relatieve verdamping deze GVG-waarde met 10 cm (arbitrair) gecorrigeerd. In het navolgende wordt gemakshalve, zij het niet geheel correct, ook de gemiddelde grondwaterstand op 1 mei, i.c. de gecorrigeerde waarde, als GVG aangeduid.

Er wordt van uitgegaan dat aan het einde van deze groeiperiode (1 mei - 1 september) de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) of eindgrondwaterstand bereikt is. Het vaststellen van de relevante grondwaterstandsverlopen op basis van verzamelde veld- en grondwaterstandsgegevens wordt in hoofdstuk 4 beschreven.

3.3 REKENPROCEDURE (Ir. P.J.M. de Laat)

De procedure waarvan gebruik gemaakt is om voor een aantal profielen de relatieve verdamping te berekenen voor gegeven waarden van de GVG en GLG, is in het kort de volgende.

De onverzadigde stroming is gesimuleerd met het pseudo-stationair model zoals dat is ontwikkeld voor het model GELGAM. De randvoorwaarden van dit model bestaan uit een flux door de bovenrand (maaiveld) en de onderrand (freatisch vlak). Het groeiseizoen waarover de berekening steeds heeft plaatsgevonden is 120 dagen vanaf 1 mei, in totaal 12 tijdstappen van 10 dagen. Per tijdstip moet de bovenrandvoorwaarde, het verdampingsoverschot (= potentiële verdamping - neerslag) worden opgegeven. Deze waarden zijn gebaseerd op een statistische verdeling van neerslag en verdamping en hebben betrekking op een 1, 5, 10, 20, 30, 50 en 70% droog jaar. Voor een 90% droog jaar, d.w.z. een jaar met 90% kans dat het betreffende verdampingsoverschot wordt overschreden, is aangenomen dat de relatieve verdamping gelijk is aan één.

De onderrandvoorwaarde (flux) is onbekend, maar kan, aannemende dat deze flux gedurende het gehele groeiseizoen een constante waarde heeft, iteratief worden opgelost. Hiertoe wordt het model voor onverzadigde stroming (voor de gegeven begingrondwaterstand (GVG) en de gegeven bovenrandvoorwaarde overeenkomende met het 50% droog jaar) steeds opnieuw voor een andere waarde van de flux aan de onderzijde doorgerekend, totdat de berekende grondwaterstand aan het einde van het groeiseizoen overeenkomt met de gegeven GLG. De gevonden onderrandvoorwaarde geldt in principe alleen voor het 50% droog jaar. Voor andere frequentie-verdelingen zal deze flux toenemen in neerwaartse richting naarmate de overschrijdingskans afneemt en aldus bijdragen tot een la-

gere grondwaterstand aan het einde van het groeiseizoen in drogere jaren. Gebleken is echter dat het gebruik van één en dezelfde flux door de onderrand voor verschillende frequentie-verdelingen de uitkomsten niet noemenswaardig beïnvloedt.

Vervolgens wordt voor het 1, 5, 10, 20, 30, 50 en 70% droog jaar de onverzadigde stroming gesimuleerd, uitgaande van de gegeven GVG en de berekende onderrandvoorwaarde. Indien aan de flux door de bovenrand niet voldaan kan worden, berekent het model de maximaal te leveren hoeveelheid vocht. De gegeven potentiële verdamping minus de berekende reductie van de bovenrandvoorwaarde levert de werkelijke verdamping. De relatieve verdamping wordt gevonden als het quotiënt van de over het groeiseizoen gesommeerde werkelijke verdamping en de potentiële verdamping.

Integratie van de relatieve verdamping over jaren met een frequentieverdeling van 0 tot 100 levert het gewogen gemiddelde in procenten. Voor ieder van de profielen is de berekening uitgevoerd voor 7 combinaties van GVG en GLG.

4 VERWERKING TOT REKENGEGEVENS

4.1 METEOROLOGISCHE GEGEVENS

De gebruikte neerslag- en verdampingsgegevens voor het meteo-station Eelde/Groningen, zijn afkomstig van het KNMI. De decadegegevens van de neerslag zijn door CoGroWa voor de periode 1911 tot en met 1978 statistisch verwerkt tot k-daagse neerslagsommen die bij een bepaalde onderschrijdingsfrequentie behoren. Als startdatum is uitgegaan van 1 mei, de stapgrootte voor k is 10 dagen.

Bij de berekening van de potentiële verdamping (Ep) voor aardappelen uit de open waterverdamping (Eo) zijn voor de verschillende decaden de volgende reductiefactoren (f) toegepast:

maand	decade	f
mei	I	0,5
	II	0,5
	III	0,7
juni	I	0,7
	II	0,9
	III	0,9
juli	I	0,9
	II	0,9
	III	0,9
augustus	I	0,9
	II	0,7
	III	0,7

De decadegegevens van de potentiële verdamping (Ep) zijn op dezelfde wijze als de neerslaggegevens verwerkt tot een frequentieverdeling met k-daagse verdampingssommen.

De k-daagse sommen van de verdampingsoverschotten, optredend met de bepaalde frequentie, zijn bepaald uit de verschillen tussen de k-daagse verdampingssommen (Ep) en k-daagse neerslagsommen bij dezelfde frequenties (vlg. systeem Rijtema). Deze gegevens zijn waar nodig m.b.v. interpolatie omgerekend tot k-daagse verdampingsoverschotten met een stapgrootte van k is 10 dagen. Deze k-daagse verdampingsoverschotten zijn bij de berekening van de relatieve verdamping als de feitelijke meteorologische invoergegevens gebruikt (tabel 1).

Tabel 1. De k-daagse verdampingsoverschotten in mm vanaf 1 mei behorend bij 8 overschrijdingskansen (gebaseerd op waarnemingen van het meteo-station Eelde/Groningen)

Periode-lengten in dagen (k)	Overschrijdingskans n x in 100 jaar (p)							
	1	5	10	20	30	50	70	90
10	22	20	19	14	11	5	- 5	-22
20	43	34	28	22	15	5	-10	-36
30	69	57	49	38	28	15	- 2	-31
40	96	80	71	55	43	25	5	-28
50	134	118	100	79	63	38	13	-25
60	173	137	118	95	79	51	24	-15
70	203	163	141	115	97	66	35	-10
80	214	173	150	123	103	71	39	- 8
90	241	193	166	134	112	74	37	-18
100	248	198	171	139	116	77	38	-18
110	269	211	180	143	116	71	27	-37
120	281	217	184	143	114	65	17	-53

4.2 BODEMKUNDIGE GEGEVENS

Bij de berekening van de vochtleverantie door het profiel wordt er in het fysisch model van uitgegaan dat de te onttrekken hoeveelheid vocht gedeeltelijk geleverd wordt door de in de effectieve wortelzone aanwezige hoeveelheid opneembaar vocht en verder door een hoeveelheid vocht die via capillair transport vanuit de ondergrond naar de onderzijde van de wortelzone wordt aangevoerd.

4.2.1 De effectieve wortelzone

De effectieve wortelzone wordt gedefinieerd als het gedeelte van de bovengrond waarin 80% van de wortelmassa aanwezig is. Voor een nadere begripsbepaling en de bijbehorende randvoorwaarden wordt verwezen naar Rijtema (1971).

De vochtleverantie van de effectieve wortelzone wordt in de eerste plaats bepaald door de dikte van deze zone. Daarnaast is van belang de hoeveelheid beschikbaar vocht per decimeter, zijnde het verschil tussen het evenwichtsvochtgehalte aan het begin van het groeiseizoen en het vochtgehalte bij het verwelkingspunt (pF 4,2). Deze beschikbare hoeveelheid vocht kan bij een gegeven voorjaarsgrondwaterstand uit de pF-curve van de effectieve wortelzone worden afgeleid.

De dikte van de huidige wortelzone is ontleend aan de profielbeschrijvingen van de boringen. De hierin gegeven waarden zijn vastgesteld aan de hand van profielopbouw, pakking en de aanwezigheid van plantenwortels. Op basis van deze gegevens en wat aanvullende boringen in nabij gelegen niet-verwerkte percelen is ook getracht de vóór de diepe grondbewerking geldende bewortelingsdiepte te reconstrueren.

Voor het vaststellen van de hoeveelheid beschikbaar vocht is gebruik gemaakt van een door Van Heesen en Krabbenborg (1977) ontwikkeld voorlopig schema. Hierin is op basis van de reeks standaard-pF-curven (Krabbenborg en Van der Sluijs, 1976), een relatie vastgesteld tussen humus- en leemgehalte enerzijds en het percentage vocht bij diverse pF-waarden anderzijds. Aan de hand van deze relatie is van de effectieve wortelzone van elke boring een gemiddelde pF-curve bepaald en de totale hoeveelheid beschikbaar vocht berekend. Hierna zijn de afzonderlijke boringen op basis van overeenkomst in totale vochtinhoud en bewortelingsdiepte tot vlakken gegroepeerd. Van elk kaartvlak is de effectieve wortelzone met een dikte in decimeters en een pF-curve gekarakteriseerd, waarbij een zekere vereffening onvermijdelijk was. De aldus samengestelde vlakkenkaart is weergegeven op bijlage 2. De bij de vlakken op deze kaart behorende dikte en pF-curve van de effectieve wortelzone zijn opgenomen in bijlage 3. De toegewezen pF-curven van de wortelzone zijn in tabel 2 vermeld.

4.2.2 Capillair geleidingsvermogen (type standaardondergrond)

De capillaire vochtaanvoer gedurende het groeiseizoen vanuit de ondergrond naar de effectieve wortelzone, wordt bepaald door het verloop van de zuigspanning aan de onderzijde van de wortelzone en door de afstand van de wortelzone tot het grondwater (z) met de tijd, alsmede door het capillair geleidingsvermogen (K/Ψ-relatie) van de ondergrond.

Voor de vochtleverantieberekeningen heeft Rijtema (1970) een reeks van 20 standaard-ondergronden opgesteld waarvan de hydrologische eigenschappen in termen van vochtkarakteristiek en capillair geleidingsvermogen beschreven zijn. Bij het ontbreken van specifieke meetgegevens is ook hier in principe met bedoelde reeks gewerkt.

Uit het veldbodemkundig onderzoek is gebleken dat de ondergrond van de percelen nogal heterogeen van samenstelling was. Daar het rekenprogramma het mogelijk maakte om met gelaagde ondergronden te rekenen

Tabel 2. Verklaring van toegekende bodemfysische parameters

Wortelzone	Vochtgehalte in volumeprocenten bij:													
pF Ψ	0 0	1,0 10	1,3 20	1,5 30	1,7 50	2,0 100	2,3 200	2,4 250	2,7 500	3,0 1000	3,4 2500	3,7 5000	4,0 10000	4,2 16000
1	36,6	36,4	36,0	35,0	32,5	25,0	17,5	16,2	13,2	11,0	8,5	7,0	5,7	5,0
2	38,6	38,3	38,0	37,1	34,6	27,1	20,0	18,1	15,2	12,9	9,9	8,2	6,6	5,7
3	41,0	40,7	40,0	37,0	36,8	29,5	22,1	21,0	17,7	14,8	11,2	9,3	7,5	6,5
4	42,8	42,3	41,8	40,7	38,6	31,5	23,8	22,7	19,8	16,3	12,4	10,0	8,2	7,1
5	44,5	44,0	43,5	42,6	40,5	33,7	25,3	24,5	21,4	17,7	13,7	10,8	9,0	7,8
6	47,5	46,8	46,0	45,1	41,9	36,0	28,0	27,0	23,3	19,1	15,0	11,5	9,8	8,6
7	53,5	50,2	48,5	47,1	45,2	41,0	35,7	34,0	29,1	24,0	17,5	14,5	12,0	10,5
8	52,0	51,2	50,6	50,2	48,0	45,9	42,3	38,5	30,3	25,0	17,9	16,2	14,0	12,7
9	78,5	75,1	73,5	71,7	70,5	66,8	61,5	60,0	54,5	47,5	38,0	33,0	28,0	26,0

Ondergrond

No. K/Ψ rel.	Herkomst	Ko cm day^{-1}	a cm^{-1}	Ψa Ψmax cm cm	a $cm^{2.4}$ day^{-1}	No. pF-curve	Vochtgehalte bij pF:												
							0	1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,2
4,3	De Laat (medium)	70	0,085	0 120	2,5	4,3 (I.M no.8)	35,6	33,0	32,7	32,0	28,4	18,8	12,8	9,6	6,9	3,7	3,1	2,8	2,7
20	Rijtema no. 20	5,3	0,1045	0 50	6,82	Rijtema nr. 20	86,3	83,2	82,4	81,6	79,6	76,3	70,5	64,9	50,5	35,6	32,3	28,9	26,5

is per boring aan elke onderscheiden laag onder de wortelzone op basis van overeenkomst van aard of textuur een standaardondergrond volgens Rijtema (1970) toegekend.

Aan de in een zeer groot aantal boringen voorkomende, homogene zandondergrond, bestaande uit zwak lemig dekzand, is standaardondergrond "medium" van De Laat (ongeveer overeenkomend met Rijtema 3) toegekend. De bijbehorende pF-curve is afkomstig van zwak lemig, fijn zand.

De gelaagde profielen vertoonden onder de effectieve wortelzone in het algemeen het beeld van een in hoedanigheid en dikte variabele veenlaag, overgaand in zwak lemig dekzand. Het aangetroffen veen is gewaardeerd als standaard-ondergrond no. 20 volgens Rijtema; de dekzandondergrond is zoals hierboven getypeerd als "medium". De variatie in de dikte van de veentussenlaag is teruggebracht tot twee waarden: 20 resp. 50 cm veen op zand. Het totaal aantal gehanteerde ondergrond-typen komt hiermede uit op drie.

Aan de hand van de toekenning per boorpunt is vervolgens per kaartvlak van de vochtinhoudskaart (zie 4.2.1), al dan niet met introductie van een z.g. ondergrondgrens, één uniform ondergrond-type gegeven.

Op bijlage 3 zijn de vereiste rekengegevens per kaartvlak vermeld. Naast de informatie over de eerste laag i.c. de effectieve wortelzone, is van elke ondergrond de type-aanduiding gegeven. De toegewezen K/Ψ-relaties zijn in tabel 2 opgenomen.

4.3 HYDROLOGISCHE GEGEVENS

De voor de berekening van de relatieve verdamping noodzakelijke hydrologische parameters zijn de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) (zie par. 3.2). Voor het berekenen van het effect van de onttrekking van grondwater dient de relatieve verdamping in de uitgangstoestand en bij de verschillende verlagingen berekend te worden. Hoewel het begin van de onttrekking dateert uit 1964 is pas sinds 1972 sprake van duidelijke grondwaterstandsdaling, welke door vergaande waterstaatkundige ingrepen in 1978 weer voor een groot deel waren opgeheven. Het onderzoek is er derhalve op gericht de opgetreden droogteschade in de jaren 1972 t/m 1977 en de eventuele droogteschade in de toekomst te kwantificeren. De lage grondwaterstand is in de jaren 1972 t/m 1977 niet uitsluitend toe te schrijven aan de onttrekking door het pompstation, doch ook andere effecten hebben hiertoe bijgedragen.

Als hydrologische uitgangstoestand voor de berekening van de droogteschade is de situatie gekozen zoals die gold, met inachtneming van de effecten van de diverse waterbeheersingswerken. Tijdens de veldopname is getracht deze situatie in termen van een grondwatertrap op basis van hydromorfe profielkenmerken vast te stellen. Ter verificatie is gebruik gemaakt van andere karteringsresultaten (Stiboka, 1977), alsmede van oude grondwaterstandsgegevens. Hiertoe zijn vnl. de gegevens uit de z.g. COLN-periode (1952-1955) betrokken, aangezien gedurende deze periode in een dicht waarnemingsnet grondwaterstandsmetingen zijn verricht. Op basis van deze gegevens is de toenmalige hydrologische situatie cijfermatig gereconstrueerd. Als gevolg van de uitgevoerde ontwateringsplannen moest op deze reconstructie een correctie worden toegepast. Dit was mogelijk met behulp van de meetgegevens van een reeks jaren van een grondwaterstandsbuis in de omgeving. De aldus verkregen waarden voor GVG en GLG bleken in sterke mate overeen te komen met de schattingen in het terrein.

Het vaststellen van de huidige grondwaterstandsfluctuatie is aanzienlijk moeilijker gebleken. Tijdens het veldwerk is de waarde van de GLG bepaald aan de hand van roest- en reductieverschijnselen in het profiel. Daarnaast is ook de grondwaterstand in het boorgat tijdens de

kartering opgenomen. Gezien het feit dat de grondwaterstand thans in belangrijke mate bepaald wordt door het stuwbeheer en de grootte van de waterinlaat, geeft deze grondwaterstand slechts een indicatie van het niveau in de zomer van 1978. Door CoGroWa is voor de jaren 1972 t/m 1977 de verlaging ten gevolge van de waterwinning voor de hoekpunten van de percelen vastgesteld. Aangezien dergelijke kortstondige verlagingen niet in profielkenmerken tot uiting komen is op basis van de door CoGroWa verstrekte gegevens en de oorspronkelijke (uitgangssituatie) grondwaterstandsfluctuatie, het grondwaterstandsverloop voor bovengenoemde jaren tot 1977 berekend. Hierbij is door interpolatie de verlaging ter plaatse van de hoekpunten overgebracht naar de zwaartepunten van de onderscheiden kaartvlakken. Het grondwaterstandsverloop en de verlaging zijn per jaar weergegeven op bijlage 3.

5 REKENRESULTATEN

Voor de uitgangstoestand en voor de door grondwaterstandsverlaging gewijzigde hydrologische situatie in de jaren 1972 t/m 1977 is per kaartvlak met het programma van De Laat (1972) berekend:

I De relatieve verdamping in elk groeiseizoen bij een (droogte-) overschrijdingskans van 1, 5, 10, 20, 30, 50, 70 en 90%.

II Het gewogen gemiddelde van de relatieve verdamping, zoals dat optreedt over een (lange) reeks van groeiseizoenen.

Bij de berekeningen is er van uitgegaan dat de vastgestelde verlagingen van het grondwaterniveau in de betreffende groeiseizoenen uitsluitend zijn veroorzaakt door de wateronttrekking van het pompstation.

5.1 RELATIEVE VERDAMPING IN DE JAREN 1972 t/m 1977

De uitkomsten genoemd onder I geven voor elk kaartvlak in de jaren 1972 t/m 1977 informatie over de grootte van de relatieve verdamping bij de verschillende (droogte-)overschrijdingskansen. Door de grootte van het verdampingsoverschot van elk jaar afzonderlijk te bepalen, is het mogelijk vast te stellen met welk overschrijdingsjaar het overeenkomt. Hierna kan van het betreffende jaar ook de werkelijk opgetreden relatieve verdamping door interpolatie worden berekend.

Om van elk jaar de overeenkomstige (droogte-)overschrijdingskans vast te stellen is uitgegaan van het maximale cumulatieve verdampingsoverschot dat gedurende het groeiseizoen optreedt.

In tabel 1 is de frequentieverdeling gegeven van k-daagse verdampingsoverschotten. De grootste gecumuleerde verdampingsoverschotten komen, vooral bij de kleinere overschrijdingskansen, tegen het einde van het groeiseizoen voor (k = 120 dagen). De grootste verdampingsoverschotten, welke voorkomen bij een bepaalde (droogte-)overschrijdingskans zijn vermeld in tabel 3.

Tabel 3. Maximale verdampingsoverschotten bij (droogte-)overschrijdingskansen (meteo-station Eelde/Groningen; seizoen 1 mei t/m 1 september)

(droogte-)overschrijdingskans	maximaal verdampingsoverschot
1%	281 mm
5%	217 mm
10%	184 mm
20%	143 mm
30%	116 mm
50%	77 mm
70%	39 mm
90%	- 8 mm

De maximale verdampingsoverschotten, die zijn opgetreden in de jaren 1972 t/m 1977 zijn weergegeven in tabel 4. Aan de hand van tabel 3 kan de (droogte-)overschrijdingskans van deze jaren worden ingeschat; de resultaten hiervan zijn eveneens in tabel 4 opgenomen.

Tabel 4. Maximale verdampingsoverschotten met daarbij behorende (droogte-)overschrijdingskansen voor de jaren 1972 t/m 1977

jaar	maximaal verdampingsoverschot (mm)	(droogte-)overschrijdingskans (%)
1972	-12	>90
1973	119	29
1974	99	39
1975	157	17
1976	245	3
1977	96	40

Uit tabel 4 blijkt dat 1972 zeer nat is geweest; de overige jaren zijn alle droger dan gemiddeld. Een jaar met een verdampingsoverschot gelijk aan of groter dan dat in 1976 komt gemiddeld slechts 3 maal per 100 jaar voor.

Met de resultaten van tabel 4 kan voor elk jaar met gegeven klimatologische toestand van alle kaartvlakken de relatieve verdamping worden bepaald in de situatie zonder (uitgangstoestand) en met verlaging. De resultaten hiervan zijn voor de jaren 1972 t/m 1977 vermeld in bijlage 3. In bijlage 3 zijn bovendien de verschillen in relatieve verdamping opgenomen tussen de uitgangstoestand en de situatie met verlaging; deze verschillen zijn een maat voor de grootte van de opbrengstdepressie door verlaging van de grondwaterstand in de jaren 1972 t/m 1977.

Uit bijlage 3 blijkt dat in 1972 de relatieve verdamping op alle kaartvlakken 100% is; in dit jaar zijn geen opbrengstdepressies door verdroging opgetreden. In de andere jaren komen duidelijk wel verschillen voor tussen relatieve verdamping in uitgangstoestand en situatie met verlaging. In tabel 5 zijn o.m. deze verschillen per perceel vermeld.

Voor de berekening van de perceelsgemiddelden is aangenomen dat de uitkomsten per kaartvlak even zwaar mogen wegen. Weliswaar zijn niet alle kaartvlakken even groot, maar de berekende verschillen in relatieve verdamping zijn zo gering dat de gegeven uitkomsten in tabel 5 weinig of niet afwijkend zijn.

Tabel 5. Relatieve verdamping in de uitgangstoestand, in de situatie met verlaging en de verschillen voor de jaren 1972 t/m 1977 (perceelsgemiddelden)

jaar	relatieve verdamping uitgangssituatie (%)					relatieve verdamping in situatie met verlaging (%)					verschil in relatieve verdamping (%)				
	K514	K389	L77	L90	L57/58	K514	K389	L77	L90	L57/58	K514	K389	L77	L90	L57/58
1972	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
1973	100	100	99,9	100	100	99,9	98,8	95,2	99,9	100	0,1	1,2	4,7	0,1	0
1974	100	100	99,9	100	100	100	100	99,6	100	100	0	0	0,3	0	0
1975	99,6	100	98,4	100	100	98,6	98,8	96,8	99,3	98,2	1,0	1,2	1,6	0,7	1,8
1976	89,6	94,4	90,6	97,6	97,1	86,1	87,6	84,4	88,1	82,9	3,5	6,8	6,2	9,5	14,2
1977	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100*	100*	0*	0*	0*	0*	0*

* In de situatie met verlaging is rekening gehouden met de invloed van het mengwoelen op de relatieve verdamping (1977).

In 1973 treedt op perceel L77 droogteschade op ten gevolge van de grondwaterstandsverlaging van ca. 1 m ten opzichte van de uitgangssituatie. In de jaren 1974 en 1975 met geringere verlagingen is er sprake van een geringe opbrengstdepressie door verdroging. Het zeer droge jaar

1976 leidt tot het optreden van een aanzienlijke droogteschade op alle percelen; perceel L57/58 met een grondwaterstandsverlaging van gemiddeld 70 cm ondervindt duidelijk de grootste depressie. Geringe grondwaterstandsverlaging gecombineerd met het effect van mengwoelen brengt in 1977 geen schade door verdroging meer teweeg.

5.2 RELATIEVE VERDAMPING IN DE UITGANGSTOESTAND EN IN DE TOEKOMST

De uitkomsten genoemd onder II leveren per kaartvlak de gewogen gemiddelde relatieve verdamping in de uitgangstoestand en in de situatie met verlaging. Om inzicht te krijgen in de gevoeligheid voor verschillende verlagingsgrootten zijn de berekeningen uitgevoerd voor de uitgangstoestand en de jaren 1972 t/m 1977 (zie tabel 6). De resultaten voor 1977 zijn het meest bruikbaar voor een schadeberekening in de toekomst, omdat bij deze resultaten het effect van de diepe grondbewerking is meegenomen.

Tabel 6. Gewogen gemiddelde van de relatieve verdamping in de uitgangstoestand en de jaren 1972 t/m 1977 (perceelsgemiddelden)

perceel	uitgangs-toestand	1972	1973	1974	1975	1976	1977
K514	99,2	98,7	98,7	98,8	98,8	98,8	99,7
K389	99,7	97,8	97,6	99,8	98,9	98,9	98,9
L77	99,0	95,0	94,5	98,5	98,1	98,1	99,5
L90	99,9	99,3	99,1	99,7	99,1	99,0	99,7
L57/58	99,8	99,6	99,6	99,6	98,6	98,3	99,9

Uit tabel 6 komt naar voren dat het gewogen gemiddelde van de relatieve verdamping in de uitgangstoestand hoog ligt op de betrokken percelen (ca. 99,5%). Ook bij de verlagingen, zoals die optreden in de jaren 1972 t/m 1977 blijft deze hoog, vooral in 1977. Dat betekent dat de afneming van de gewogen gemiddelde relatieve verdamping gering is.

De verlagingen van de grondwaterstand verschillen in de jaren 1972 t/m 1977; het effect op de relatieve verdamping is echter gering. De grootste afneming wordt in 1973 berekend, maar blijft t.o.v. de uitgangstoestand binnen de 5%. Op de percelen K514, K389, L77 en L57/58 is begin 1977 een diepe grondbewerking uitgevoerd; hierdoor is de gevoeligheid voor verdroging sindsdien afgenomen. Voor het groeiseizoen 1977 is voor alle percelen nauwelijks een afneming van de gewogen gemiddelde relatieve verdamping berekend, voor enkele percelen daarentegen zelfs enige toename.

Gezien de resultaten van 1977 mag voor de toekomst weinig of geen droogteschade verwacht worden.

L I T E R A T U U R

Heesen, H.C. van en A.J. Krabbenborg	1977	Verslag vochtleverantie-onderzoek Overloon. Intern rapport. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
Holst, A.F. van en H. Makken	1978	Droogteschade Bergum. Rapport nr. 1402. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
Kleijer, H. en H.J.M. Zegers	1972	Proefveld waterbalans "De Groeve" (Zuidlaren). Rapport nr. 1039, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
Krabbenborg, A.J.	1976	Standaard-pF-gegevens van dekzandgronden. Cult.Techn.Tijdschrift 15,6.
Rijtema, P.E.	1970	Soil moisture forecasting. Nota 513. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
Stichting voor Bodemkartering	1977	Toelichting bij kaartblad 12 Oost, Assen, van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

B I J L A G E 3

REKENGEGEVENS EN RELATIEVE VERDAMPING
in de jaren
1972 t/m 1977

UITGANGSTOESTAND

Kad. perceel nummer	Kaart-vlak-nummer	Bovengrond		Ondergrond				GVG	GLG	E_{rel} in %
		1e laag		2e laag		3e laag				gew.gemid.
		dikte in cm	pF-curve	K/Ψ	dikte in cm	K/Ψ	dikte in cm			
K514	1	40	3	4,3	-			90	140	99,1
K514	2	40	9	20	20	4,3	-	80	130	100
K514	3	40	5	4,3	-			90	140	99,3
K514	4	30	4	4,3	-			90	140	97,9
K514	5	40	6	20	20	4,3	-	70	130	99,7
K514	6	60	7	4,3	-			90	140	100
K514	7	40	5	4,3	-			100	150	98,8
K514	8	40	7	4,3	-			100	150	99,2
K514	9	40	3	4,3	-			100	150	98,4
K514	10	50	7	4,3	-			110	160	99,6
K389	1	50	2	4,3	-			100	150	99,3
K389	2	40	3	4,3	-			70	120	99,5
K389	3	40	6	4,3	-			90	140	99,4
K389	4	40	8	20	20	4,3	-	50	90	100
K389	5	40	9	20	20	4,3	-	60	110	100
K389	6	40	3	4,3	-			60	100	99,7
L77	1	40	3	4,3	-			130	180	96,3
L77	2	40	4	4,3	-			50	100	99,7
L77	3	40	6	4,3	-			50	100	99,8
L77	4	40	3	4,3	-			60	100	99,7
L77	5	40	3	4,3	-			60	110	99,6
L90	1	50	9	4,3	-			50	100	100
L90	2	30	9	20	50	4,3	-	40	90	99,9
L90	3	50	9	4,3	-			70	120	100
L90	4	50	9	4,3	-			50	100	100
L90	5	30	8	20	50	4,3	-	70	120	99,3
L90	6	50	8	4,3	-			50	100	100
L90	7	30	9	20	50	4,3	-	60	100	99,8
L90	8	30	9	20	50	4,3	-	50	90	99,8
L57/58	1	40	2	4,3	-			50	90	99,7
L57/58	2	40	2	4,3	-			40	90	99,7
L57/58	3	40	8	4,3	-			50	90	100
L57/58	4	40	7	4,3	-			40	90	100
L57/58	5	40	6	4,3	-			40	90	99,9
L57/58	6	40	8	20	20	4,3	-	40	90	100
L57/58	7	40	3	4,3	-			50	100	99,7
L57/58	8	40	5	4,3	-			50	100	99,8
L57/58	9	40	9	20	50	4,3	-	40	90	100
L57/58	10	30	8	20	50	4,3	-	50	100	99,6
L57/58	11	30	3	20	20	4,3	-	50	90	99,6

JAAR 1972

Kad. perceel nummer	Kaart-vlak-nummer	Bovengrond		Ondergrond				Gem. verlaging in cm	GVG	GLG	E_{rel} in % (1972)		
		1e laag		2e laag		3e laag					zonder verlaging	met verlaging	verschil
		dikte in cm	pF-curve	K/Ψ	dikte in cm	K/Ψ	dikte in cm						
K514	1	40	3	4,3	–			10	100	150	100	100	0
K514	2	40	9	20	20	4,3	–	10	90	140	100	100	0
K514	3	40	5	4,3	–			10	100	150	100	100	0
K514	4	30	4	4,3	–			10	100	150	100	100	0
K514	5	40	6	20	20	4,3	–	10	80	140	100	100	0
K514	6	60	7	4,3	–			10	100	150	100	100	0
K514	7	40	5	4,3	–			10	110	160	100	100	0
K514	8	40	7	4,3	–			15	115	165	100	100	0
K514	9	40	3	4,3	–			15	115	165	100	100	0
K514	10	50	7	4,3	–			10	120	170	100	100	0
K389	1	50	2	4,3	–			55	155	205	100	100	0
K389	2	40	3	4,3	–			50	120	170	100	100	0
K389	3	40	6	4,3	–			70	160	210	100	100	0
K389	4	40	8	20	20	4,3	–	40	90	130	100	100	0
K389	5	40	9	20	20	4,3	–	50	110	160	100	100	0
K389	6	40	3	4,3	–			40	100	140	100	100	0
L77	1	40	3	4,3	–			85	215	265	100	100	0
L77	2	40	4	4,3	–			85	135	185	100	100	0
L77	3	40	6	4,3	–			85	135	185	100	100	0
L77	4	40	3	4,3	–			85	145	185	100	100	0
L77	5	40	3	4,3	–			85	145	195	100	100	0
L90	1	50	9	4,3	–			90	140	190	100	100	0
L90	2	30	9	20	50	4,3	–	80	120	170	100	100	0
L90	3	50	9	4,3	–			70	140	190	100	100	0
L90	4	50	9	4,3	–			65	115	165	100	100	0
L90	5	30	8	20	50	4,3	–	60	130	180	100	100	0
L90	6	50	8	4,3	–			55	105	155	100	100	0
L90	7	30	9	20	50	4,3	–	45	105	145	100	100	0
L90	8	30	9	20	50	4,3	–	40	90	130	100	100	0
L57/58	1	40	2	4,3	–			20	70	110	100	100	0
L57/58	2	40	2	4,3	–			20	60	110	100	100	0
L57/58	3	40	8	4,3	–			20	70	110	100	100	0
L57/58	4	40	7	4,3	–			25	65	115	100	100	0
L57/58	5	40	6	4,3	–			25	65	115	100	100	0
L57/58	6	40	8	20	20	4,3	–	25	65	115	100	100	0
L57/58	7	40	3	4,3	–			30	80	130	100	100	0
L57/58	8	40	5	4,3	–			25	75	125	100	100	0
L57/58	9	40	9	20	50	4,3	–	30	70	120	100	100	0
L57/58	10	30	8	20	50	4,3	–	30	80	130	100	100	0
L57/58	11	30	3	20	20	4,3	–	20	70	110	100	100	0

JAAR 1973

Kad. perceel nummer	Kaart-vlak-nummer	Bovengrond		Ondergrond				Gem. verlaging in cm	GVG	GLG	E_{rel} in % (1973)		
		1e laag		2e laag		3e laag					zonder verlaging	met verlaging	verschil
		dikte in cm	pF-curve	K/Ψ	dikte in cm	K/Ψ	dikte in cm						
K514	1	40	3	4,3	-			10	100	150	100	100	0
K514	2	40	9	20	20	4,3	-	10	90	140	100	100	0
K514	3	40	5	4,3	-			10	100	150	100	100	0
K514	4	30	4	4,3	-			10	100	150	100	99,7	0,3
K514	5	40	6	20	20	4,3	-	10	80	140	100	100	0
K514	6	60	7	4,3	-			15	105	155	100	100	0
K514	7	40	5	4,3	-			10	110	160	100	100	0
K514	8	40	7	4,3	-			15	115	165	100	100	0
K514	9	40	3	4,3	-			15	115	165	100	99,7	0,3
K514	10	50	7	4,3	-			15	125	175	100	100	0
K389	1	50	2	4,3	-			60	160	210	100	97,4	2,6
K389	2	40	3	4,3	-			50	120	170	100	99,6	0,4
K389	3	40	6	4,3	-			75	165	215	100	95,9	4,1
K389	4	40	8	20	20	4,3	-	40	90	130	100	100	0
K389	5	40	9	20	20	4,3	-	55	155	165	100	100	0
K389	6	40	3	4,3	-			40	100	140	100	100	0
L77	1	40	3	4,3	-			100	230	280	99,3	86,4	12,9
L77	2	40	4	4,3	-			95	145	195	100	98,6	1,4
L77	3	40	6	4,3	-			95	145	195	100	99,3	0,7
L77	4	40	3	4,3	-			95	155	195	100	96,1	3,9
L77	5	40	3	4,3	-			95	155	205	100	95,8	4,2
L90	1	50	9	4,3	-			95	145	195	100	100	0
L90	2	30	9	20	50	4,3	-	85	125	175	100	100	0
L90	3	50	9	4,3	-			80	150	200	100	100	0
L90	4	50	9	4,3	-			70	120	170	100	100	0
L90	5	30	8	20	50	4,3	-	70	140	190	100	99,0	1,0
L90	6	50	8	4,3	-			55	105	155	100	100	0
L90	7	30	9	20	50	4,3	-	50	110	150	100	100	0
L90	8	30	9	20	50	4,3	-	40	90	130	100	100	0
L57/58	1	40	2	4,3	-			20	70	110	100	100	0
L57/58	2	40	2	4,3	-			20	60	110	100	100	0
L57/58	3	40	8	4,3	-			20	70	110	100	100	0
L57/58	4	40	7	4,3	-			25	65	115	100	100	0
L57/58	5	40	6	4,3	-			25	65	115	100	100	0
L57/58	6	40	8	20	20	4,3	-	25	70	120	100	100	0
L57/58	7	40	3	4,3	-			25	80	130	100	100	0
L57/58	8	40	5	4,3	-			25	75	125	100	100	0
L57/58	9	40	9	20	50	4,3	-	30	70	120	100	100	0
L57/58	10	30	8	20	50	4,3	-	30	80	130	100	100	0
L57/58	11	30	3	20	20	4,3	-	20	70	110	100	100	0

JAAR 1974

Kad. perceel nummer	Kaart-vlak-nummer	Bovengrond		Ondergrond				Gem. verlaging in cm	GVG	GLG	E_{rel} in % (1974)		
		1e laag		2e laag		3e laag					zonder verlaging	met verlaging	verschil
		dikte in cm	pF-curve	K/Ψ	dikte in cm	K/Ψ	dikte in cm						
K514	1	40	3	4,3	-			10	100	150	100	100	0
K514	2	40	9	20	20	4,3	-	10	90	140	100	100	0
K514	3	40	5	4,3	-			5	95	145	100	100	0
K514	4	30	4	4,3	-			10	100	150	100	100	0
K514	5	40	6	20	20	4,3	-	10	80	140	100	100	0
K514	6	60	7	4,3	-			10	100	150	100	100	0
K514	7	40	5	4,3	-			10	110	160	100	100	0
K514	8	40	7	4,3	-			10	110	160	100	100	0
K514	9	40	3	4,3	-			10	110	160	100	100	0
K514	10	50	7	4,3	-			10	120	170	100	100	0
K389	1	50	2	4,3	-			25	125	175	100	100	0
K389	2	40	3	4,3	-			20	90	140	100	100	0
K389	3	40	6	4,3	-			25	115	165	100	100	0
K389	4	40	8	20	20	4,3	-	20	70	110	100	100	0
K389	5	40	9	20	20	4,3	-	20	80	130	100	100	0
K389	6	40	3	4,3	-			20	80	120	100	100	0
L77	1	40	3	4,3	-			25	155	205	99,8	98,0	1,8
L77	2	40	4	4,3	-			25	75	125	100	100	0
L77	3	40	6	4,3	-			25	75	125	100	100	0
L77	4	40	3	4,3	-			25	85	125	100	100	0
L77	5	40	3	4,3	-			25	85	135	100	100	0
L90	1	50	9	4,3	-			30	80	130	100	100	0
L90	2	30	9	20	50	4,3	-	30	70	120	100	100	0
L90	3	50	9	4,3	-			25	95	145	100	100	0
L90	4	50	9	4,3	-			25	75	125	100	100	0
L90	5	30	8	20	50	4,3	-	25	95	145	100	100	0
L90	6	50	8	4,3	-			25	75	125	100	100	0
L90	7	30	9	20	50	4,3	-	25	85	125	100	100	0
L90	8	30	9	20	50	4,3	-	25	75	115	100	100	0
L57/58	1	40	2	4,3	-			20	70	110	100	100	0
L57/58	2	40	2	4,3	-			20	60	110	100	100	0
L57/58	3	40	8	4,3	-			20	70	110	100	100	0
L57/58	4	40	7	4,3	-			25	65	115	100	100	0
L57/58	5	40	6	4,3	-			25	65	115	100	100	0
L57/58	6	40	8	20	20	4,3	-	25	65	115	100	100	0
L57/58	7	40	3	4,3	-			25	75	125	100	100	0
L57/58	8	40	5	4,3	-			25	75	125	100	100	0
L57/58	9	40	9	20	50	4,3	-	30	70	120	100	100	0
L57/58	10	30	8	20	50	4,3	-	30	80	130	100	100	0
L57/58	11	30	3	20	20	4,3	-	20	70	110	100	100	0

JAAR 1975

Kad. perceel nummer	Kaart-vlak-nummer	Bovengrond		Ondergrond				Gem. verlaging in cm	GVG	GLG	E_{rel} in % (1975)		
		1e laag		2e laag		3e laag					zonder verlaging	met verlaging	verschil
		dikte in cm	pF-curve	K/Ψ	dikte in cm	K/Ψ	dikte in cm						
K514	1	40	3	4,3	-			10	100	150	100	98,7	1,3
K514	2	40	9	20	20	4,3	-	10	90	140	100	100	0
K514	3	40	5	4,3	-			10	100	150	100	99,5	0,5
K514	4	30	4	4,3	-			10	100	150	97,7	94,1	3,6
K514	5	40	6	20	20	4,3	-	10	80	140	100	100	0
K514	6	60	7	4,3	-			10	100	150	100	100	0
K514	7	40	5	4,3	-			10	110	160	99,5	98,1	1,4
K514	8	40	7	4,3	-			10	110	160	100	99,5	0,5
K514	9	40	3	4,3	-			10	110	160	98,7	96,4	2,3
K514	10	50	7	4,3	-			10	120	170	100	100	0
K389	1	50	2	4,3	-			30	130	180	100	97,0	3,0
K389	2	40	3	4,3	-			30	100	150	100	98,7	1,3
K389	3	40	6	4,3	-			30	120	170	100	97,0	3,0
K389	4	40	8	20	20	4,3	-	30	80	120	100	100	0
K389	5	40	9	20	20	4,3	-	30	90	140	100	100	0
K389	6	40	3	4,3	-			30	90	130	100	100	0
L77	1	40	3	4,3	-			35	165	215	91,9	83,9	8,0
L77	2	40	4	4,3				30	80	130	100	100	0
L77	3	40	6	4,3	-			30	80	130	100	100	0
L77	4	40	3	4,3	-			30	90	130	100	100	0
L77	5	40	3	4,3	-			30	90	140	100	100	0
L90	1	50	9	4,3	-			105	155	205	100	100	0
L90	2	30	9	20	50	4,3	-	95	135	185	100	98,6	1,4
L90	3	50	9	4,3	-			80	150	200	100	100	0
L90	4	50	9	4,3	-			75	125	175	100	100	0
L90	5	30	8	20	50	4,3	-	70	140	190	100	95,5	4,5
L90	6	50	8	4,3	-			55	105	155	100	100	0
L90	7	30	9	20	50	4,3	-	45	105	145	100	100	0
L90	8	30	9	20	50	4,3	-	35	85	125	100	100	0
L57/58	1	40	2	4,3	-			30	80	120	100	100	0
L57/58	2	40	2	4,3	-			40	80	130	100	100	0
L57/58	3	40	8	4,3	-			45	95	135	100	100	0
L57/58	4	40	7	4,3	-			65	105	155	100	99,6	0,4
L57/58	5	40	6	4,3	-			60	100	150	100	99,6	0,4
L57/58	6	40	8	20	20	4,3	-	75	115	165	100	100	0
L57/58	7	40	3	4,3	-			80	130	180	100	91,9	8,1
L57/58	8	40	5	4,3	-			80	130	180	100	94,5	5,5
L57/58	9	40	9	20	50	4,3	-	90	130	180	100	100	0
L57/58	10	30	8	20	50	4,3	-	95	145	195	100	95,2	4,8
L57/58	11	30	3	20	20	4,3	-	40	90	130	100	99,4	0,6

JAAR 1976

Kad. perceel nummer	Kaart-vlak-nummer	Bovengrond		Ondergrond				Gem. verlaging in cm	GVG	GLG	E_{rel} in % (1976)		
		1e laag		2e laag		3e laag					zonder verlaging	met verlaging	verschil
		dikte in cm	pF-curve	K/Ψ	dikte in cm	K/Ψ	dikte in cm						
K514	1	40	3	4,3	-			10	100	150	86,6	81,5	5,1
K514	2	40	9	20	20	4,3	-	10	90	140	100	99,5	0,5
K514	3	40	5	4,3	-			10	100	150	89,2	84,0	5,2
K514	4	30	4	4,3	-			10	100	150	77,2	73,0	4,2
K514	5	40	6	20	20	4,3	-	10	80	140	95,6	93,5	2,1
K514	6	60	7	4,3	-			10	100	150	100	100	0
K514	7	40	5	4,3	-			10	110	160	84,0	79,0	5,0
K514	8	40	7	4,3	-			10	110	160	87,9	83,6	4,3
K514	9	40	3	4,3	-			10	110	160	81,5	77,1	4,4
K514	10	50	7	4,3	-			10	120	170	93,7	90,0	3,7
K389	1	50	2	4,3	-			30	130	180	89,6	76,6	13,0
K389	2	40	3	4,3	-			25	95	145	91,7	84,0	7,7
K389	3	40	6	4,3	-			30	120	170	90,3	77,0	13,3
K389	4	40	8	20	20	4,3	-	25	75	115	100	98,2	1,8
K389	5	40	9	20	20	4,3	-	25	85	135	100	99,5	0,5
K389	6	40	3	4,3	-			25	85	125	95,0	90,1	4,9
L77	1	40	3	4,3	-			35	165	215	70,9	62,9	8,0
L77	2	40	4	4,3	-			30	80	130	95,9	90,7	5,2
L77	3	40	6	4,3	-			30	80	130	97,1	93,0	4,1
L77	4	40	3	4,3	-			30	90	130	95,0	88,7	6,3
L77	5	40	3	4,3	-			30	90	140	94,0	86,6	7,4
L90	1	50	9	4,3	-			115	165	215	100	89,6	10,4
L90	2	30	9	20	50	4,3	-	105	145	195	97,7	79,5	18,2
L90	3	50	9	4,3	-			90	160	210	100	90,7	9,3
L90	4	50	9	4,3	-			80	130	180	100	96,1	3,9
L90	5	30	8	20	50	4,3	-	75	145	195	89,5	74,5	15,0
L90	6	50	8	4,3	-			60	110	160	100	94,0	6,0
L90	7	30	9	20	50	4,3	-	50	110	150	96,1	86,9	9,2
L90	8	30	9	20	50	4,3	-	35	85	125	97,5	93,3	4,2
L57/58	1	40	2	4,3	-			30	80	120	95,8	90,1	5,7
L57/58	2	40	2	4,3	-			40	80	130	95,9	87,6	8,3
L57/58	3	40	8	4,3	-			35	85	125	99,4	95,4	4,0
L57/58	4	40	7	4,3	-			70	110	160	99,3	83,6	15,7
L57/58	5	40	6	4,3	-			65	105	155	98,4	83,0	15,4
L57/58	6	40	8	20	20	4,3	-	85	125	175	100	89,3	10,7
L57/58	7	40	3	4,3	-			90	140	190	95,1	68,0	27,1
L57/58	8	40	5	4,3	-			90	140	190	96,5	71,2	25,3
L57/58	9	40	9	20	50	4,3	-	105	145	195	100	88,7	11,3
L57/58	10	30	8	20	50	4,3	-	105	155	205	94,1	72,1	22,0
L57/58	11	30	3	20	20	4,3	-	45	95	135	93,8	83,3	10,5

JAAR 1977

Kad. perceel nummer	Kaart-vlak-nummer	Bovengrond		Ondergrond				Gem. verlaging in cm	GVG	GLG	E_{rel} in % (1977)			E_{rel} in %
		1e laag		2e laag		3e laag					zonder verlaging	met verlaging	verschil	gew.gemid.
		dikte in cm	pF-curve	K/Ψ	dikte in cm	K/Ψ	dikte in cm							
K514	1	60	1	4,3	–			10	90	150	100	100	0	99,6
K514	2	60	8	4,3	–			10	80	140	100	100	0	100
K514	3	60	3	4,3	–			10	90	150	100	100	0	99,8
K514	4	50	2	4,3	–			10	90	150	100	100	0	99,3
K514	5	40	6	4,3	–			10	70	140	100	100	0	99,4
K514	6	60	7	4,3	–			10	90	150	100	100	0	100
K514	7	60	3	4,3	–			10	100	160	100	100	0	99,7
K514	8	50	5	4,3	–			10	100	160	100	100	0	99,3
K514	9	60	2	4,3	–			10	100	160	100	100	0	99,6
K514	10	70	5	4,3	–			10	110	170	100	100	0	99,9
K389	1	50	2	4,3	–			25	115	175	100	100	0	98,0
K389	2	60	1	4,3	–			25	85	145	100	100	0	99,7
K389	3	70	4	4,3	–			25	105	165	100	100	0	99,9
K389	4	50	7	4,3	–			25	65	115	100	100	0	100
K389	5	70	7	4,3	–			25	75	135	100	100	0	100
K389	6	60	2	4,3	–			25	75	125	100	100	0	99,9
L77	1	70	1	4,3	–			30	150	210	100	100	0	98,2
L77	2	50	3	4,3	–			30	70	130	100	100	0	99,7
L77	3	90	4	4,3	–			30	70	130	100	100	0	100
L77	4	50	2	4,3	–			25	75	125	100	100	0	99,7
L77	5	70	2	4,3	–			30	80	140	100	100	0	100
L90	1	50	9	4,3	–			35	75	135	100	100	0	100
L90	2	30	9	20	50	4,3	–	35	65	125	100	100	0	99,6
L90	3	50	9	4,3	–			30	90	150	100	100	0	100
L90	4	50	9	4,3	–			30	70	130	100	100	0	100
L90	5	30	8	20	50	4,3	–	30	90	150	100	100	0	98,5
L90	6	50	8	4,3	–			30	70	130	100	100	0	100
L90	7	30	9	20	50	4,3	–	30	80	130	100	100	0	99,5
L90	8	30	9	20	50	4,3	–	30	70	120	100	100	0	99,6
L57/58	1	60	1	4,3	–			25	65	115	100	100	0	99,9
L57/58	2	80	1	4,3	–			25	55	115	100	100	0	100
L57/58	3	90	6	4,3	–			25	65	115	100	100	0	100
L57/58	4	80	5	4,3	–			30	60	120	100	100	0	100
L57/58	5	50	6	4,3	–			30	60	120	100	100	0	99,9
L57/58	6	40	8	4,3	–			30	60	120	100	100	0	99,8
L57/58	7	60	1	4,3	–			30	70	130	100	100	0	99,8
L57/58	8	60	2	4,3	–			30	70	130	100	100	0	99,9
L57/58	9	60	8	4,3	–			35	65	125	100	100	0	100
L57/58	10	30	8	4,3	–			30	70	130	100	100	0	99,2
L57/58	11	80	2	4,3	–			25	65	115	100	100	0	100

ISBN 90 327 0041 3