)R CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

NOTA 304, d. d. 11 juni 1965

Het ontwerpen van een drainageplan voor de proefboerderij 'De Olde Weije' te Vaassen en de controle op de werking van deze drainage

H. Fonck

I. A. INLEIDING

Het proefbedrijf van de stikstof meststofindustrie bestaat geheel uit grasland en is zeer kwetsbaar ten aanzien van het stuktrappen van de graszode door het vee. Dit is het gevolg van het feit, dat de bovengrond overal bestaat uit een veenlaag van wisselende dikte, die een vrij geringe draagkracht vertoont, hetgeen nog wordt versterkt door het hoge vochtgehalte van de grond als gevolg van de constant hoge waterstand. Weliswaar heeft het bedrijf een eigen onderbemaling, doch deze is door verschillende oorzaken niet in staat een voldoend lage grondwaterspiegel te realiseren. Het bedrijf is gelegen op het laagste punt van de gehele omgeving en rekening zal moeten worden gehouden met het voorkomen van een aanzienlijke kwel. Tevens vormt het slootonderhoud, als gevolg van het feit, dat de slootwanden in het slappe veen, niet standhouden, een ongewenste schadepost. Verwacht mag worden, dat door drainage een deel der sloten kan worden gedempt.

B. Bodemprofiel en Doorlatendheid

Op een zestigtal plekken, verspreid over het gehele bedrijf zijn doorlatendheidsmetingen verricht met behulp van de boorgatenmethode. Deze methode is minder geschikt om de doorlatendheid van dunne storende lagen te meten. Waar nodig, zijn daarom aanvullende doorlatendheidsmetingen verricht in Kopeckyringen.

B.I. Gemiddeld profiel (zie figuur 1)

A. Veen

De dikte van het veenpakket varieert van 20 - 150 cm. Waar het veen dunner is dan 50 cm is het meestal sterk veraard en vermengd met beekslib, hetgeen de doorlatendheid ongunstig beïnvloedt. De bovenste 30 cm vertoont tijdens natte perioden overal schijnspiegels (zie figuren 2I t/m 2V)hetgeen duidt op een zeer slechte doorlatendheid, veroorzaakt door bijmenging van beekslib en door vertrapping. In hoeverre deze beide eigenschappen door drainage verbeteren, dient te worden afgewacht. Wellicht zal alsnog bezanding moeten worden toegepast.

B. Overgangslaag

Hierin kunnen twee delen worden onderscheiden:

1. De B.I. laag. Deze heeft een dikte van 5 à 10 cm waarin het veen nog overheerst, doch waarin door de aanwezigheid van slib en zeer fijn zand een uiterst dichte en compacte laag is ontstaan.
2. De B.II. laag. Deze laag is 5 à 20 cm dik en bevat weinig of geen veen meer. De laag bestaat uit zeer fijn slibhoudend zand en is eveneens zeer compact.

C. Slib- en grindhoudend zand

Onder de overgangslaag is steeds een 30 à 50 cm dikke laag aanwezig, welke bestaat uit matig grof zand (U cijfer ± 80) met matig tot veel grind. Het slibpercentage is uiteraard het hoogst, waar deze laag aan de overgangslaag grenst, namelijk 12 - 20% en neemt naar beneden toe af tot 5 à 10%.

D. Slibarme grindlaag

De C-laag gaat nauwelijks merkbaar over in een eveneens grindhoudende laag, waarin het grind fijner is en waarin minder slib voorkomt. Het slibpercentage bedraagt nog hoogstens 5%. De dikte bedraagt meestal 30 cm.

E. Zandondergrond

De ondergrond bestaat uit vrijwel grind- en slibvrij zand met een U-cijfer van 70 à 80.

B.II. Doorlatendheid

A. Veen

Op 34 plekken is de doorlatendheid van het veen gemeten. Deze bedraagt gemiddeld 0,20 m/etm.

B. Overgangslaag

Bij de berekening van de doorlatendheid door middel van de K x h formule bleek deze gemiddeld 0,015 m/etm. te bedragen.

C + D. Slib- en grindhoudend zand en slibarme grindlaag

Van de C en D laag tezamen zijn een 20-tal meetresultaten beschikbaar. Gebleken is, dat de doorlatendheid van de grindhoudende ondergrond groter is, naarmate het veenpakket dunner is. Wellicht hangt dit samen met de uitspoeling van slibdeeltjes.

De gemiddelde doorlatendheid van de C laag bedroeg 0,20 m/etm. die van de D laag 0,50 m/etm.

E. Zandondergrond

De zandondergrond heeft een doorlatendheid van 1,- à 1,20 m/etm.

B.II.1. Controle metingen

Op een plaats, waar de beschreven lagen alle duidelijk aanwezig zijn, is in 3-voud een zeer nauwkeurige meting van de doorlatendheid in de verschillende lagen verricht.

Het profiel was als volgt opgebouwd:

Diepte		
0 - 45 cm	Kleiig veen	(A laag)
45 - 55 cm	fijnzandige venige overgang	(B_1 laag)
55 - 65 cm	Fijn lemig zand	(B_2 laag)
65 - 85 cm	Minder lemig vrij vast zand	(B_2 laag)
85 - 120 cm	Minder lemig grindhoudend zand	(C + D laag)
120 - dieper	Slibarm, grindarm zand	(E laag)

De meetresultaten waren als volgt

Gemeten laag	Omschrijving		Doorlatendheid in m/etm. Enkelvoudige metingen			Gemiddeld
30 - 50 cm	$A+B_1$	ged	0,003	0,003	0,0015	0,0025
30 - 60 cm	$A+B_1+B_2$	ged	0,0007	0,0004	0,0004	0,0005
30 - 70 cm	$A+B_1+B_2$	ged	0,007	0,007	0,007	0,007
30 - 80 cm	$A+B_1+B_2$		0,013	0,06	0,013	0,028
30 - 90 cm	A+B +C	ged	0,07	0,027	0,05	0,05
30 - 100 cm	A+B +C		0,28	0,12	0,20	0,20
30 - 110 cm	A+B +C +D	ged	0,20	0,28	0,13	0,21
30 - 120 cm	A+B +C +D		0,28	0,15	0,22	0,22
30 - 150 cm	A+B +C +D +E		0,80	0,75	0,86	0,80

Op grond van het totaal aan verrichte metingen kan de doorlatendheid van de verschillende lagen als volgt worden weergegeven

A	Veen	0,20	m/etm.
B_1	Venige overgang	0,0005 - 0,001	m/etm.
B_2	Zandige overgang	0,02 - 0,05	m/etm.
C	Lemige grindlaag	0,15	m/etm.
D	Slibarme grindlaag	0,50	m/etm.
E	Zandondergrond	1,20	m/etm.

(zie ook figuur 1)

II. BEREKENING VAN DE DRAINAFSTAND

A. Principe

Voor het berekenen van de drainafstand is geen gebruik gemaakt van de formule van Hooghoudt, al dan niet gecompleteerd door de K x h-formule. Voor de in dit object optredende afwisseling van gescheiden lagen met sterk wisselende doorlaatfactor leek de toepassing van de formules van ERNST wenselijk. Daarbij is gebruik gemaakt van de formule voor het zogenaamde sg-profiel (slecht doorlatende bovengrond op goed doorlatende ondergrond).

De volledige formule luidt:

$$\Delta h = \Delta h_h + \Delta h_v + \Delta h_r = \frac{NL^2}{8(k_1 d_1 + k_2 d_2)} + N\frac{d_1}{k_1} + NLW$$

waarin:

Δh = totale drukhoogte in m

Δh_h = drukhoogte, benodigd voor het overwinnen van de horizontale weerstand

Δh_v = idem voor verticale weerstand

Δh_r = idem voor radiale weerstand

d_1 = gemiddelde dikte watervoerende laag boven drainniveau met doorlaatfactor k_1

d_2 = dikte laag met doorlaatfactor k_2

N = afvoer in m/etm.

W = radiale weerstand drainsleuf in m/etm.

Het principe, volgens welke de drainafstandsberekening wordt opgezet, is nu, dat het drainage geval wordt gesplitst in twee min of meer van elkaar afhankelijke drainages. In het bovenste systeem dienen de te graven sleuven als basis voor de berekening, in het onderste systeem zijn het de te leggen drainbuizen, die de basis vormen. De slecht doorlatende B laag komt op zodanig diepte voor, dat meestal onder deze B laag moet worden gedraineerd. In verband met de zeer geringe doorlatendheid van deze B laag en de relatief goede doorlatendheid van de ondergrond zal het overtollige water de drains niet binnen een redelijke

tijd kunnen bereiken indien de doorlatendheid van de B laag niet vergroot wordt door het graven van sleuven op regelmatige afstanden door deze laag heen. Hierbij kan bij de berekening van de drainafstand het best worden uitgegaan van een vaste sleufafstand. Wordt dit niet gedaan, dan zal bij groter wordende diepte van de B laag de drainafstand sterk afnemen en de sleufafstand snel toenemen. Een groot deel van de beschikbare drukhoogte zal nodig zijn voor het bereiken van een relatief grote sleufafstand, terwijl de resterende drukhoogte slechts een geringe drainafstand kan bewerkstelligen. Bij het hanteren van een vaste sleufafstand kan de resterende drukhoogte worden benut tot het vergroten van de drainafstand en wanneer in de berekening verschillende sleufafstanden worden opgenomen, kan uit de alternatieve combinaties van sleuf- en drainafstand de gunstigste worden gekozen.

Als ontwateringseis wordt in de berekening een diepte van 30 cm opgenomen.

De berekening wordt opgezet voor een variërende diepte van de bovenzijde van de B laag en wel van 50 - 120 cm. In verband met de overwegende importantie die de B_1 laag op de berekening uitoefent worden de weliswaar geringe, variaties in doorlaatfactor, die deze laag vertoont, in de berekening tot uiting gebracht.

Voor de bovengrond wordt de berekening zodanig uitgevoerd dat bij de mogelijke variaties van dikte, diepte en doorlatendheid van de B_1 laag wordt uitgerekend, hoeveel water bij de beschikbare drukhoogte in de ondergrond dringt.

Dit overschot dient, tezamen met eventuele kwel, als basis voor de berekening van de drainafstand in de ondergrond.

A.1. Berekening bovengrond

Voor de berekening wordt de bovengrond gesplitst in twee delen 1: de A laag met een doorlaatfactor van 0,20 m/etm. en de B_1 laag met een dikte van 5 à 10 cm en een doorlaatfactor van 0,0005 à 0,001 m/etm.

In laag A is de verticale weerstand van ondergeschikt belang. In laag B_1 is juist de verticale weerstand alleen van belang. Voor laag A + B_1 geldt dan ook:

KA = 0,20 m/etm. dA (= ΔhA) varieert met de diepte van laag B en is steeds 30 cm kleiner dan deze diepte.

Voor laag A kan dan ook worden geschreven:

$$\Delta h_b = \Delta h_h + \Delta h_r$$

of

$$\Delta h_b = \frac{N_h L^2}{8kAdA} + N_r LW$$

Nu is in dit geval N_h gelijk te stellen aan N_r en bovendien is N (= 0,007 m/etm) gelijk aan $N_h + N_v$

Daardoor kan men ook schrijven:

$$\Delta h_b = \frac{(N - N_v)L^2}{8kAdA} + (N - N_v)LW$$

of

$$\Delta h_b = \frac{(0{,}7 - \frac{kB}{dB}\Delta h_v)L^2}{8kA\Delta hA} + (0{,}7 - \frac{kB}{dB}\Delta h_v)LW$$

of

$$L^2 + 8kA\Delta hALW = \frac{8kA\Delta hA\Delta h_b}{0{,}7 - \frac{kB}{dB}\Delta h_v}$$

of

$$8kA\Delta hA\Delta h_b = 0{,}7L^2 + 0{,}7\ (8kA\Delta hALW) - \frac{kB}{dB}\Delta h_v L^2 - 8\frac{kB}{dB}kA\Delta hA\Delta h_v LW$$

en aangezien $\Delta h_h + \Delta h_r$ in laag A hetzelfde is als Δh_v in laag B.1:

$$8kA\Delta hA\Delta h_b\ (1 + \frac{kB}{dB}LW) + \frac{kB}{dB}\Delta h_b L^2 = 0{,}7\ (L^2 + 8kA\Delta hALW)$$

of

$$\Delta h_b\ (8kA\Delta hA + 8kA\Delta hA\frac{kB}{dB}LW + \frac{kB}{dB}L^2) = 0{,}7\ (L^2 + 8kA\Delta hALW)$$

of

$$\Delta h_b = \frac{0{,}7\ (L^2 + 8kA\Delta hALW)}{8kA\Delta hA + \frac{kB}{dB}(L^2 + 8kA\Delta hALW)}$$

De berekening van Δh_b volgens deze formule is etappegewijs uitgevoerd in tabel 1.

De hierin voorkomende factor W is volgens ERNST gelijk aan 2,3 log R/Π KA waarin R = dA/U en U = 1/2 Πr. = 15 cm. (Omdat in deze sleuven geen drains worden gelegd, wordt de halve sleufbreedte genomen).

Ter vermijding van te veel cijfers achter de komma, wordt de berekening in tabel 1 in cm uitgevoerd.

De in tabel 1 berekende Δh_b geeft weer de drukhoogte, die vereist is om bij de gegeven variatie in doorlatendheid, dikte en diepte van laag B.1 en bij een sleufafstand van respectievelijk 5 en 10 meter een neerslag van 7 mm/etm door laag B.1 heen te drukken. Hierbij is te zien, dat de vereiste drukhoogte bij een diepte van laag B.1 van 50 cm groter is dan de beschikbare drukhoogte ΔhA = dA = 20 cm. Deze situatie doet zich slechts in een zeer klein deel van het te draineren areaal voor. Daar zal men in tijden van wateroverlast dus genoegen moeten nemen met een iets geringere ontwatering dan de gestelde 30 cm.

A.II. Berekening ondergrond

De beschikbare drukhoogte Δh_o beneden laag B is uit twee componenten samengesteld:

1. Het overschot van de beschikbare drukhoogte in de bovengrond ($\Delta hA - \Delta h_b$ zie tabel 2).
2. De drukhoogte onder laag B. Deze is gelijk aan de afstand van de bovenzijde van laag B.1 tot draindiepte verminderd met de dikte van laag B.1.

De totale drukhoogte in de ondergrond kan dus hoger stijgen dan de onderzijde van laag B.1.

Omgekeerd behoeft deze maximale opbolling niet gerealiseerd te worden, wanneer de drainafstand niet te groot wordt.

De werkwijze is nu zo, dat, uitgaande van een reeks vaste drainafstanden, de drukhoogten worden berekend, die nodig zijn om het water bij de gegeven drainafstanden in de drains te krijgen. Deze benodigde drukhoogten worden vergeleken met de beschikbare drukhoogten (Δho in tabel 2), waarna de te verwezenlijken drainafstand kan worden vastgesteld.

Er dient op gewezen te worden, dat aan dit sleuvenstelsel de normale eis wordt gesteld dat 0,007 m/etm moet worden kunnen verwerkt. Dit kan overal met de restrictie, dat daar waar de laag B.1 zeer ondiep voorkomt, de eis van 30 cm ont-

watering niet steeds kan worden gehandhaafd.

Dit houdt in, dat de drainage in de ondergrond eveneens de volle 0,007 m/etm te verwerken krijgt. Er is dan nog geen rekening gehouden met kwel, die ongetwijfeld aanwezig is. Daarom zal de berekening van de drainafstand worden uitgevoerd voor 1e. N = 0,007 m/etm (geen kwel) 2e. N = 0,012 m/etm (5 mm kwel) en 3e. N = 0,017 m/etm (10 mm kwel). De verticale weerstand kan worden verwaarloosd, zodat alleen Δh_h en Δh_r in de ondergrond een rol spelen.

Hierbij worden gebruikt: Ld (drainafstand) te varieren van 20 - 100 meter, kC = 1 m/etm, dC = 10 meter.

De voor de berekening van W vereiste U wordt hier berekend uit Πr = 30 cm (volle sleufbreedte) en bedraagt dan 1,114.

De berekening geschiedt ter vermijding van zeer grote getallen in meters.

In tabel 3A is de berekening weergegeven van Δh_h, Δh_r en de som van deze beide drukhoogten en wel voor N = respectievelijk 7, 12 en 17 mm/etm en voor een drainafstand (Ld) varierend van 10 tot en met 80 m. In figuur 3 zijn de gebruikte drainafstanden uitgezet tegen de vereiste drukhoogten. Wanneer de beschikbare totale drukhoogten Δh_o uit tabel 2 op deze lijnen worden teruggezocht kunnen de bijbehorende drainafstanden worden gevonden. Deze zijn in tabel 3B weergegeven.

Er zijn tenslotte nog twee gevallen, waarin de gegeven berekening niet voorziet:

1. Wanneer de slechtdoorlatende B-laag op of vlak onder het drainniveau voorkomt.
2. Wanneer de slechtdoorlatende B-laag dieper beneden drainniveau aanwezig is.

<u>Ad. 1 en 2</u>. In het geval onder 1 is praktisch geen opbolling meer mogelijk. In beide gevallen is Δh niet gelijk aan Δh_r en zal het water dus niet verticaal door de B-laag worden gedrukt. Dit houdt in, dat de weerstand van deze laag zo groot wordt, dat laag B in deze gevallen gevoeglijk als ondoorlatend kan worden beschouwd. In verband hiermede kan de drainafstand met de formule van Hooghoudt worden berekend.

In het eerste geval wordt Ld berekend volgens $L^2 = \frac{4kmo^2}{S}$ en wordt Ld $\pm$ 12 meter. In het tweede geval wordt Ld berekend volgens $Ld^2 = \frac{8kdm^o + 4kmo^2}{S}$ en wordt Ld $\pm$ 16 meter.

II. B. ANDERE OVERWEGINGEN

Voor de uiteindelijk toe te passen drainafstand dient met de volgende overwegingen rekening te worden gehouden:

1. De eventuele lengte van de drains bij gebruik van 4 cm PVC buizen. Wanneer het te draineren oppervlak per buis te groot wordt, zal misschien gedeeltelijk gebruik dienen te worden gemaakt van een andere, minder courante diameter.
2. De variaties in diepte, doorlatendheid en dikte van de B-laag en in sleufafstand. Deze variaties zijn te grillig om er overal rekening mee te kunnen houden.
   Wèl blijkt, dat de variatie in diepte van de B-laag slechts zeer geringe drainafstandsverschillen tot gevolg heeft, zodat deze factor kan worden verwaarloosd. Met de variaties in dikte en doorlatendheid kan in de praktijk moeilijk rekening worden gehouden. De grootte van de invloed op de drainafstand hangt samen met de sleufafstand. Bij Ls = 10 meter is de variatie in drainafstand als gevolg van verschillen in dikte en doorlatendheid van de B-laag, aanzienlijk groter dan bij Ls = 5 meter.
3. De grootte van de kwel. De grootte van de kwel kon door bijzondere omstandigheden tijdens het onderzoek niet worden gemeten. Toch dient met een aanzienlijke kwel rekening te worden gehouden, waarbij gedacht wordt aan een grootte orde van 5 à 10 mm/etm.

Het leek gewettigd bij deze variatiemogelijkheden een keuze te doen, die gedeeltelijk gebaseerd zou zijn op het gemiddelde en gedeeltelijk, ter handhaving van een veiligheidsmarge op de ongunstigste factoren combinatie. Bij de ongunstigste factoren combinatie wordt gedacht aan de combinatie van kB = 0,05 cm/etm en dB = 10 cm en aan de hoogste in aanmerking komende kwel namelijk 10 mm/etm.

Wat betreft de variatie in diepte van de B-laag wordt het advies gebaseerd op het gemiddelde, een diepte dus van 80 à 90 cm, die inderdaad in grote delen van het te draineren deel voorkomt.

De sleufafstand Ls zal moeten worden ingepast tussen de te kiezen drainafstand maar nooit meer dan 10 m of minder dan 5 m kunnen bedragen.

Deze overwegingen in aanmerking nemende, zal de drainafstand dienen te varieren tussen 13 en 24 meter bij een sleufafstand van respectievelijk 5 en 10 meter.

Teneinde bij de te leggen drains, die een respectabele lengte zullen krijgen,

nog wat van de beschikbare drukhoogte veilig te stellen voor het watertransport door de drains, wordt aanbevolen de definitieve drainafstand dichter bij de 13 dan bij de 24 meter te kiezen.

Op grond van bovenstaande overwegingen wordt de te realiseren drainafstand definitief vastgesteld op 16 m en de sleufafstand op 8 meter.

III. FORMULES

Gegeven: $\Delta h = \Delta h_h + \Delta h_v + h_r$ dat wil zeggen totale drukhoogte wordt gevormd door drukhoogte, benodigd voor het overwinnen van de horizontale weerstand plus de drukhoogte benodigd voor het overwinnen van de verticale weerstand plus de drukhoogte, benodigd voor het overwinnen van de radiale weerstand.

Volgens ERNST is

$$\Delta h_h = \frac{N_h L^2}{8k_1 D_1}$$

$$\Delta h_v = N_v \frac{d_2}{k_2}$$

$$\Delta h_r = N_r LW$$

Tenslotte is $N = N_h + N_v$ en $N_h = N_r$

<u>Het oplossen van Δh_h</u>

$$\Delta h = \Delta h_h + \Delta h_v + \Delta h_r$$

$$\Delta h = \Delta h_h + N_v \frac{d_2}{k_2} + N_r LW$$

$$\Delta h = \Delta h_h + (N - N_h) \frac{d_2}{k_2} + N_h LW$$

$$\Delta h = \Delta h_h + N_h \left(LW - \frac{d_2}{k_2}\right) + N \frac{d_2}{k_2}$$

$$\Delta h = \Delta h_h + \frac{8k_1 D_1}{L^2} \left(LW - \frac{d_2}{k_2}\right) \Delta h_h + N \frac{d_2}{k_2}$$

$$\Delta h - N \frac{d_2}{k_2} = \frac{\Delta h_h}{k_2 L^2} \left(k_2 L^2 + 8k_1 D_1 k_2 LW - 8k_1 D_1 d_2\right)$$

Stel term tussen () = P dan ontstaat

$$k_2 L^2 \Delta h - L^2 d_2 N = P \Delta h_h \qquad (1)$$

Het oplossen van Δh_v:

$$\Delta h = \Delta h_h + \Delta h_v + \Delta h_r$$

$$\Delta h = \frac{N_h L^2}{8k_1D_1} + \Delta h_v + N_r LW$$

$$\Delta h = \frac{N - N_v}{8k_1D_1} L^2 + \Delta h_v + (N - N_v)LW$$

$$\Delta h = \Delta h_v - N_v \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right) + N \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right)$$

$$\Delta h = \Delta h_v - \frac{k_2}{d_2} \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right) \Delta h_v + N \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right)$$

$$\Delta h - N \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right) = \Delta h_v \left\{1 - \frac{k_2}{d_2} \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right)\right\}$$

$$\Delta h - N \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right) = \frac{\Delta h_v}{8k_1D_1d_2} (8k_1D_1d_2 - k_2L^2 - 8k_1D_1LWk_2)$$

De term tussen () in het rechtse lid is gelijk aan - P

Zo ontstaat: $- \Delta h_v P = 8k_1D_1d_2\Delta h - d_2L^2N - 8k_1D_1d_2NLW$ (2)

Het oplossen van Δh_r

$$\Delta h = \Delta h_h + \Delta h_v + \Delta h_r$$

$$\Delta h = \frac{N_h L^2}{8k_1D_1} + N_v \frac{d_2}{k_2} + \Delta h_r$$

$$\Delta h = \frac{N_r L^2}{8k_1D_1} + (N - N_r) \frac{d_2}{k_2} + \Delta h_r$$

$$\Delta h = \Delta h_r + N_r \left(\frac{L^2}{8k_1D_1} - \frac{d_2}{k_2}\right) + N \frac{d_2}{k_2}$$

$$\Delta h = \Delta h_r + \frac{1}{LW}\left(\frac{L^2}{8k_1D_1} - \frac{d_2}{k_2}\right)\Delta h_r + N\frac{d_2}{k_2}$$

$$\Delta h - N\frac{d_2}{k_2} = \Delta h_r\left\{1 + \frac{1}{LW}\left(\frac{L^2}{8k_1D_1} - \frac{d_2}{k_2}\right)\right\}$$

$$\Delta h - N\frac{d_2}{k_2} = \frac{\Delta h_r}{8k_1D_1k_2LW}\left(8k_1D_1k_2LW + k_2L^2 - 8k_1D_1d_2\right)$$

De term tussen () is gelijk aan P

Zo ontstaat $\Delta h_r P = 8k_1k_2D_1LW\Delta h - 8Nd_2k_1D_1LW$ (3)

Wanneer (1) (2) en (3) worden opgeteld ontstaat:

$$P\Delta h_h + P\Delta h_v + P\Delta h_r = k_2L^2\Delta h - 8k_1D_1d_2\Delta h + 8k_1D_1k_2LW\Delta h = \Delta h(k_2L^2 - 8k_1D_1d_2 + 8k_1D_1k_2LW)$$

of

$$P\left(\Delta h_h + \Delta h_v + \Delta h_r\right) = P\Delta h$$

De waarden van Δh_h, Δh_v en Δh_r voldoen zonder meer aan de vergelijking

$$\Delta h = \Delta h_h + \Delta h_v + \Delta h_r$$

De uitkomsten zijn als volgt:

$$\Delta h_h = \frac{k_2L^2\left(\Delta h - N\frac{d_2}{k_2}\right.}{8k_1D_1k_2LW + k_2L^2 - 8k_1D_1d_2} \qquad (4)$$

$$\Delta h_v = -\frac{8k_1D_1d_2\left\{\Delta h - N\left(\frac{L^2}{8k_1D_1} + LW\right)\right\}}{8k_1D_1k_2LW + h_2L^2 - 8k_1D_1d_2} \qquad (5)$$

$$\Delta h_r = \frac{8k_1k_2D_1LW\left(\Delta h - N\frac{d_2}{k_2}\right)}{8k_1k_2D_1LW + k_2L^2 - 8k_1D_1d_2} \qquad (6)$$

$$Nh = \frac{8k_1D_1\Delta h_h}{L^2} \qquad (7)$$

$$N_v = \Delta h_v\frac{k_2}{d_2} \qquad (8)$$

81

$$N_r = \frac{\Delta h_r}{LW}$$

IV. KWEL

Medio april 1964 zijn op het object van een aantal drains de debieten gemeten, teneinde een inzicht te krijgen in de grootte van de kwel.

Daarnaast zijn de grondwaterstandsdiepten gemeten in de drainsleuven en tussen de drains. Aangezien er op het tijdstip van de opname geruime tijd geen neerslag was gevallen en bovendien de grondwaterspiegel in de drainsleuven zowel als tussen de drains nagenoeg horizontaal stond, mocht worden aangenomen, dat de te meten debieten alleen het gevolg waren van kwel.

Het gemiddelde debiet van alle gemeten afvoeren bedroeg 10,5 mm/etm.

Wanneer men de totale afvoer (859,2 ltr/min) deelt door het totaal gedraineerd oppervlak (130 000 m^2) dan ontstaat als afvoer 9,5 mm/etm

Een aanname van 10 mm kwel per etmaal lijkt dus alleszins gewettigd.

Vlak vóór dat in de herfst van 1964 de regenperiode intrad is een dergelijke kwelmeting herhaald.Weer was het gehele freatische vlak horizontaal, waaruit mag worden geconcludeerd dat het debiet geheel uit kwel bestond. De afvoeren bleken te zijn afgenomen tot 50 à 80% van de voorjaarsdebieten, hetgeen een normaal verschijnsel is. Dit houdt in, dat de gemiddelde voorjaarskwel van 9,5 mm/etm gedurende de zomer afneemt tot 4,5 à 7 mm/etm in de herfst.

V. UITVOERINGSEISEN

Aangezien niet met volle zekerheid kan worden voorspeld hoe het veenprofiel zal reageren op grondwaterstandsverlaging, dient bij de uitvoering rekening te worden gehouden met de mogelijkheid om met verschillende grondwaterstandsdiepten te kunnen experimenteren.

Verder zullen in verband met de verwachte sterke ijzersedimentaties voorzieningen nodig zijn om de drainbuizen te kunnen doorspoelen.

In verband met eerstgenoemde eis is het wenselijk, dat de grondwaterstandsdiepte kan worden gevarieerd. Een proef met verschillende ontwateringsdiepten zal moeten uitwijzen wat de meest gewenste diepte moet zijn. Dit kan worden onderzocht door de drainbuis te laten eindigen in een flexibel mondstuk, dat aan een drijvende overstort is bevestigd. De overstorthoogte kan ten opzichte van het slootwaterpeil worden gevarieerd.Wanneer na een regenperiode het gemaal het water tot een bepaalde diepte wegmaalt, dan zal het grondwater afstromen tot een diepte, die zoveel hoger is als met de stand van de drijvende overstort overeenkomt. Een plan van proefneming kan dan worden opgesteld, waaruit kan worden geconcludeerd hoe de vertrapping afhangt van 1e: de hoeveelheid neerslag 2e: de hoeveelheid afgevoerd water 3e: de drukhoogte, die nodig is om die afvoer te bewerkstelligen 4e: de diepte, tot waar men de grondwaterspiegel onder invloed van de drainage laat dalen.

In verband met de op de tweede plaats genoemde eis dienen de drainbuizen aan het begin een verticale standpijp te krijgen, waardoorheen met behulp van een mobiele pomp, de buizen, indien nodig, doorgespoeld kunnen worden. De uitmondingen dienen onder water te blijven ter voorkoming van ijzeroxyde neerslagen. Mochten ijzersulfide neerslagen ontstaan door afsluiting van lucht onder water, dan zal moeten worden nagegaan of het bij drainage zin heeft een reinigingstechniek met zuur toe te passen.

In verband met de helling in het terrein zullen

1. in de drainagesloot stuwen moeten worden aangebracht, teneinde te voorkomen, dat de bovenste panden meestal droog zullen staan
2. de drains zoveel mogelijk volgens de hoogtelijnen dienen te verlopen, teneinde een maximaal rendement te garanderen. Hierbij dient niet verder te worden gegaan, dan met rechte drainsleuven en zonder samengestelde drainage te bereiken is.

In verband met bovengenoemde overwegingen is een drainageplan opgesteld (zie bijlage II).

VI. DE CONTROLE OP DE AANGELEGDE DRAINAGE

Op de bijgevoegde revisiekaart (bijlage III) is aangegeven, hoe de drainage is aangelegd.

Direct valt op dat de hoeveelheid sloten aanzienlijk is afgenomen namelijk van 2919 meter tot 733 meter ofwel met 75%.

Dit betekent een aanzienlijke verlichting van de werkzaamheden.

Helaas zijn niet zo vaak afvoermetingen verricht als in de bedoeling lag, omdat de vijzel, die de drainagesloot op peil moet houden, nogal eens de dienst weigerde. Toch is het mogelijk gebleken conclusies te trekken omtrent het functioneren van de drainage.

Er zijn namelijk wèl in verschillende stadia van regenintensiteit vrij veel grondwaterstanden opgenomen zowel tussen, naast als in de drainsleuven en zowel boven als onder de slecht doorlatende B-laag.

Daarbij is één aspect wel zeer duidelijk naar voren gekomen. Na een regenperiode, zelfs tijdens een regenperiode reikt de grondwaterspiegel nooit meer tot de waarden van vóór de drainage. Ook is gebleken dat binnen zeer korte tijd het freatisch vlak weer horizontaal wordt en ongeveer op draindiepte verloopt. Dit gaat zelfs zo snel, dat de aanleg van de beoogde proefvakken niet gerealiseerd kan worden omdat in de vrij smalle proefvakken elke plaatselijke variatie in de grondwaterstand ogenblikkelijk weer genivelleerd zou worden vanuit de aangrenzende vakken. Tijdens een hevige regenperiode is gebleken dat het freatisch vlak nergens hoger komt dan 50 à 60 cm onder maaiveld. Dit is een zeer acceptabele drooglegging en volgens de praktijkervaring is de draagkracht van het profiel dan ook merkbaar toegenomen.

Resumerend kan worden geconcludeerd dat, ondanks het feit, dat door bijzondere omstandigheden niet zoveel controlemetingen verricht konden worden als oorspronkelijk in de bedoeling lag, toch aan de hand van de verrichte grondwaterstandswaarnemingen en andere observaties met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld, dat de hydrologische toestand van dit object als gevolg van de drainage een aanzienlijke verbetering heeft ondergaan.

In de drainagesloot zijn een viertal stuwen aangebracht, die door middel van een vlottersysteem zelf de waterstand in het bovenstroomse pand regelen. In verband met het feit, dat gebleken is dat de grondwaterstand zich steeds bijzonder snel op drainniveau instelt, zal langdurig experimenteren met de vlotters teneinde het gunstigste slootpeil te verkrijgen, overbodig zijn.

Tabel 1

Diepte bovenzijde laag B_1	50	60	70	80	90	100	110	120	cm
$\Delta hA = dA$	20	30	40	50	60	70	80	90	cm
$8kA\Delta hA$	3 200	4 800	6 400	8 000	9 600	11 200	12 800	14 400	
R	1,33	2,-	2,67	3,33	4,-	4,67	5,33	6,-	
log R	0,124	0,301	0,427	0,522	0,602	0,669	0,727	0,778	
W	0,0045	0,011	0,0156	0,0191	0,022	0,0245	0,0266	0,0285	
$8kA\Delta hALW$:									
Voor L_s (sleufafstand) = 500 cm	7 200	26 400	49 920	76 400	105 600	137 200	170 240	205 200	
Voor L_s (sleufafstand) = 1000 cm	14 400	52 800	99 840	152 800	211 200	274 400	340 480	410 400	
$L^2 + 8kA\Delta hALW$									
Voor L_s = 500 cm	257 200	276 400	299 920	326 400	355 500	387 200	420 240	455 200	
Voor L_s = 1000 cm	1 014 400	1 052 800	1 099 840	1 152 800	1 211 200	1 274 400	1 240 480	1 410 400	
$0,7\ (L^2 + 8kA\Delta hALW)$									
Voor L_s = 500 cm	180 040	193 480	209 944	228 480	248 920	271 040	294 168	318 640	
Voor L_s = 1000 cm	710 080	736 960	769 888	806 960	847 840	892 080	938 336	987 280	
$\frac{kB}{dB} = (L^2 + 8kA\Delta hALW)$ voor L_s = 500 cm									
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 5$	5 144	5 528	5 998	6 528	7 112	7 744	8 408	9 104	
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 10$	2 572	2 764	2 999	3 264	3 556	3 872	4 204	4 552	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 5$	2 572	2 764	2 999	3 264	3 556	3 872	4 204	4 552	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 10$	1 286	1 382	1 499	1 632	1 778	1 936	2 102	2 276	
voor L_s = 1000 cm									
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 5$	20 288	21 056	21 996	23 056	24 224	25 488	26 810	28 208	
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 10$	10 144	10 528	10 998	11 528	12 112	12 744	13 405	14 104	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 5$	10 144	10 528	10 998	11 528	12 112	12 744	13 405	14 104	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 10$	5 072	5 264	5 499	5 764	6 056	6 372	6 707	7 052	
$8hA\Delta hA + \frac{kB}{dB}(L^2+8kA\Delta hALW)$ v. L_s = 500 cm									
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 5$	8 344	10 328	12 298	14 528	16 712	18 944	21 208	23 504	
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 10$	5 772	7 564	9 399	11 264	13 156	15 072	17 004	18 952	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 5$	5 772	7 564	9 399	11 264	13 156	15 072	17 004	18 952	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 10$	4 486	6 182	7 899	9 632	11 378	13 136	14 902	16 676	
Voor L_s = 1000 cm									
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 5$	23 488	25 856	28 396	31 056	33 824	36 688	39 610	42 608	
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 10$	13 344	15 328	17 398	19 528	21 712	23 944	26 205	28 504	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 5$	13 344	15 328	17 398	19 528	21 712	23 944	26 205	28 504	
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 10$	8 272	10 064	11 899	13 764	15 656	17 572	19 502	21 452	
Δh_b (vereiste drukh. bovengr.) v. L_s = 500 cm									
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 5$	21,54	18,74	16,93	15,73	14,89	14,30	13,87	13,55	cm
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 10$	31,19	25,58	22,34	20,29	18,92	17,95	17,30	16,81	cm
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 5$	31,19	25,58	22,34	20,29	18,92	17,95	17,30	16,81	cm
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 10$	40,13	31,30	26,58	23,72	21,88	20,64	19,74	19,11	cm
Voor L_s = 1000 cm									
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 5$	30,23	28,49	27,46	26,00	25,07	24,32	23,68	23,17	cm
Voor $k_2 = 0,1$ $d_2 = 10$	53,21	48,04	44,54	41,32	39,05	37,26	35,80	34,64	cm
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 5$	53,21	48,04	44,54	41,32	39,05	37,26	35,80	34,64	cm
Voor $k_2 = 0,05$ $d_2 = 10$	85,34	73,23	64,71	58,63	54,17	50,76	48,12	46,07	cm

Tabel 2.

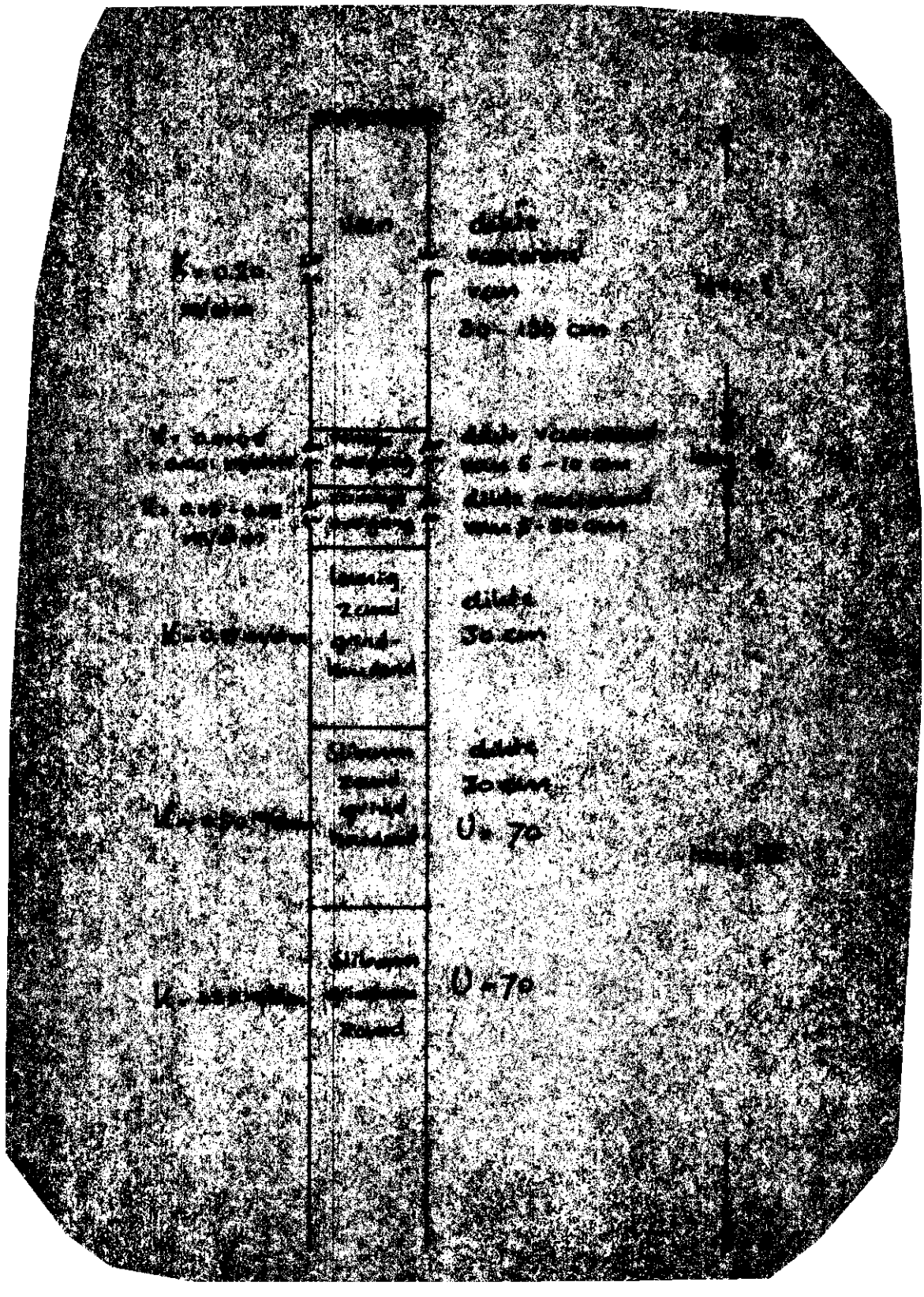
Diepte bovenzijde laag II (laag B)	50	60	70	80	90	100	110	120	cm
$\Delta hA - \Delta h_b$ overschot drukhoogte bovengrond beschikbaar voor ondergrond L_s = 500 cm									
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 5	- 1,54	11,26	23,07	34,27	45,11	55,70	66,13	76,45	cm
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 10	- 11,19	4,42	17,66	29,71	41,08	52,05	62,70	73,19	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 5	- 11,19	4,42	17,66	29,71	41,08	52,05	62,70	73,19	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 10	- 20,13	- 1,30	13,42	26,28	38,12	49,36	60,26	70,89	cm
Voor L_s = 1000 cm									
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 5	- 10,23	1,51	12,54	24,00	34,93	45,68	56,32	66,83	cm
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 10	- 33,21	- 18,08	- 4,54	8,68	20,95	32,74	44,20	55,36	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 5	- 33,21	- 18,08	- 4,54	8,68	20,95	32,74	44,20	55,36	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 10	- 65,84	- 43,23	- 24,71	- 8,63	5,83	19,24	31,88	43,93	cm
Δh_o totale beschikbare drukhoogte in ondergrond voor L_s = 500 cm									
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 5	65,-	66,26	68,07	69,27	70,11	70,70	71,13	71,45	cm
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 10	60,-	54,42	57,66	59,71	61,08	62,05	62,70	63,19	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 5	65	59,42	62,66	64,71	66,08	67,05	67,70	68,19	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 10	60,-	50,-	53,42	56,28	58,12	59,36	60,26	60,89	cm
Voor L_s = 1000 cm									
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 5	65,-	56,51	57,54	59,-	59,93	60,68	61,32	61,83	cm
Voor k_2 = 0,1 d_2 = 10	60,-	50,-	40,-	38,68	40,95	42,74	44,20	45,36	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 5	65,-	55,-	45,-	43,68	45,95	47,74	49,20	50,36	cm
Voor k_2 = 0,05 d_2 = 10	60,-	50,-	40,-	30,-	25,83	29,24	31,88	33,93	cm

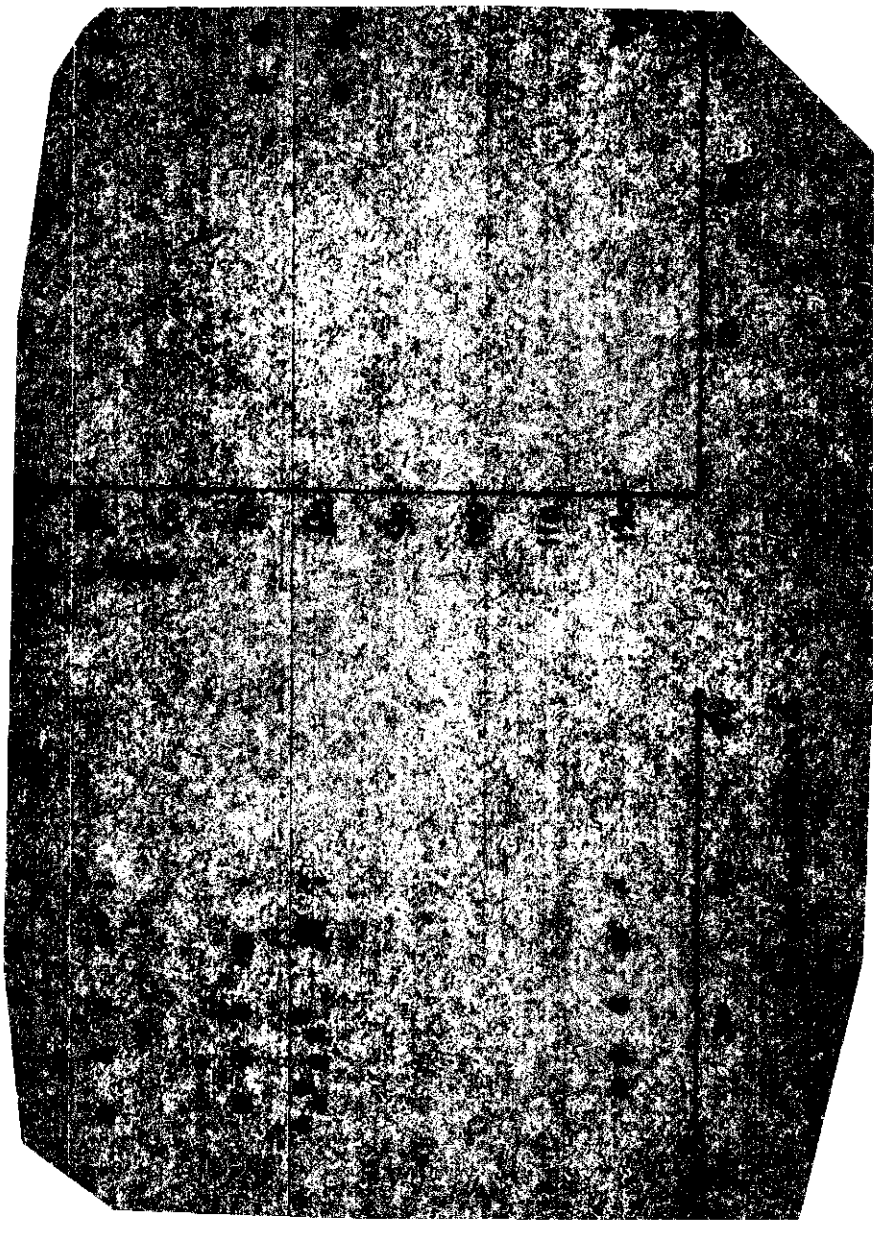
Tabel 3A.

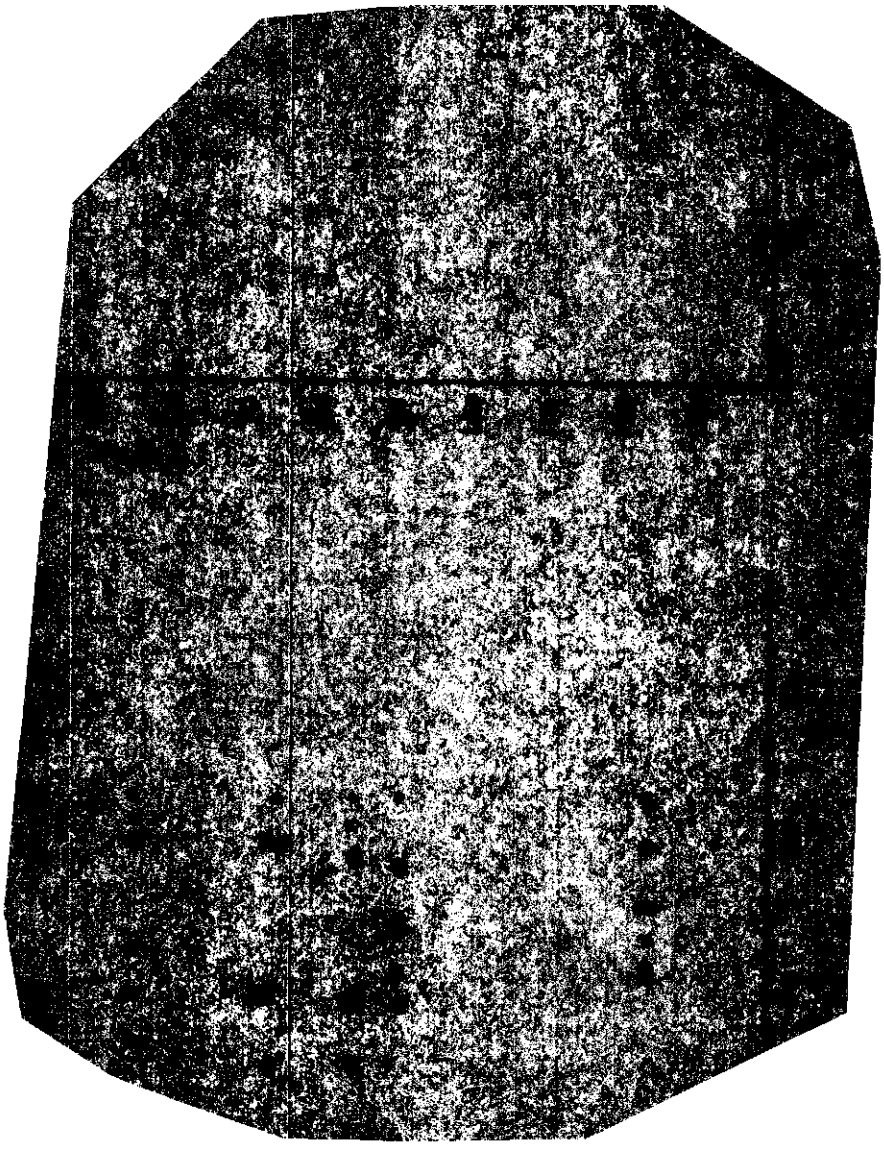
$\Delta h_h = \frac{NhL^2}{8kCDC}$ Voor LD (drainafstand)	10	20	30	40	50	60	70	80	m
Δh_h (Nh = 7 mm/etm)	0,00875	0,035	0,07875	0,140	0,21875	0,315	0,42875	0,560	m
Δh_r = NrLW (Nr = 7 mm/etm)	0,07798	0,15596	0,23394	0,31192	0,38990	0,46788	0,54586	0,62384	m
Δh_o	0,08673	0,19046	0,31296	0,45192	0,60865	0,78288	0,97461	1,18384	
Δh_h (Nh = 12 mm/etm)	0,015	0,040	0,135	0,240	0,375	0,540	0,735	0,960	m
Δh_r (Nr = 12 mm/etm)	0,13368	0,26736	0,40104	0,53472	0,66840	0,80208	0,93576	1,06944	m
Δh_o	0,14868	0,30736	0,53604	0,77472	1,04340	1,34208	1,66076	2,02944	m
Δh_h (Nh = 17 mm/etm)	0,02125	0,085	0,19125	0,340	0,53125	0,765	1,04125	1,360	m
Δh_r (Nr = 17 mm/etm)	0,18938	0,37876	0,56814	0,75752	0,94690	1,13628	1,32566	1,51504	m
Δh_o	0,21063	0,46376	0,75939	1,09752	1,47815	1,90128	2,36691	2,87504	m

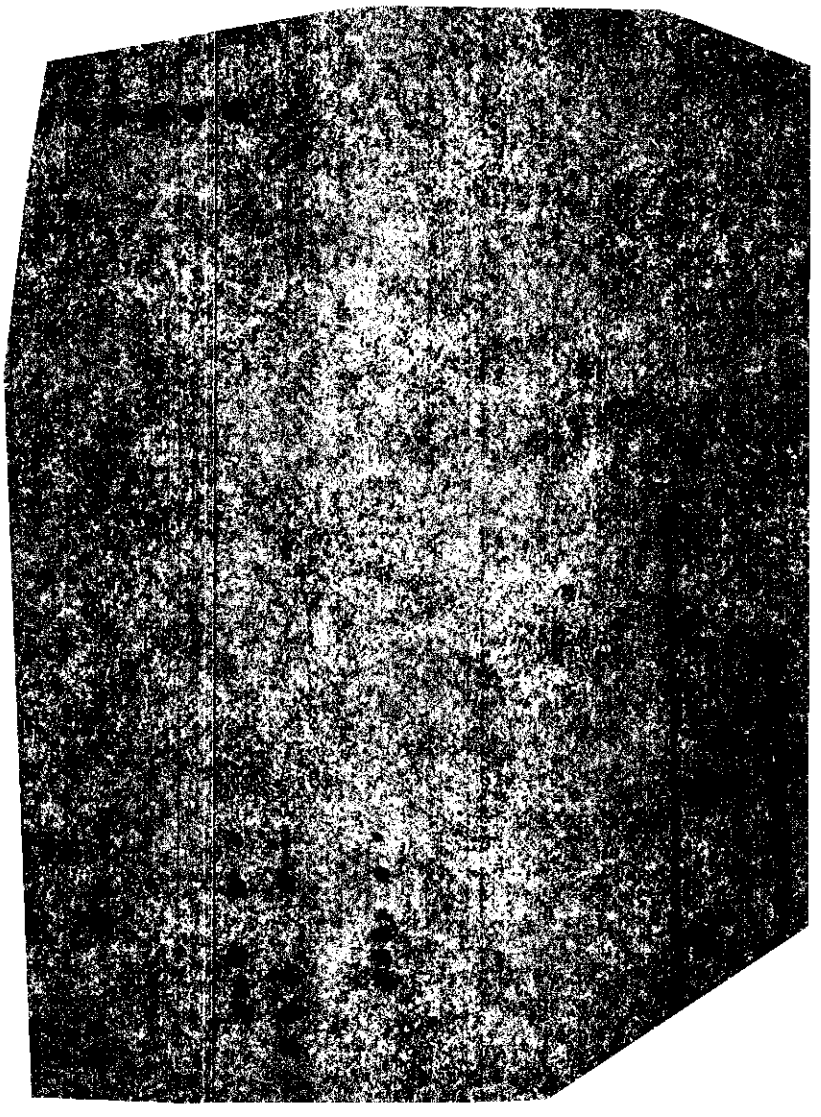
Tabel 3B

Drainafstanden Ld:	10	20	30	40	50	60	70	80	m
Diepte bovenzijde laag B_1	50	60	70	80	90	100	110	120	cm
N = 7 mm/etm Sleufafstand L_s = 5 m									
kB = 0,1 dB = 5	52,5	53,-	54,-	55,-	55,5	56,-	56,-	56,5	m
kB = 0,1 dB = 10	50,-	46,-	48,-	49,5	50,-	51,-	51,5	51,5	m
kB = 0,05 dB = 5	52,5	49,-	51,-	52,-	53,-	53,5	54,-	54,5	m
kB = 0,05 dB = 10	50,-	43,-	45,5	47,-	48,5	49,5	50,-	50,-	m
Sleufafstand L_s = 10 m									
kB = 0,1 dB = 5	52,5	47,-	48,-	49,-	49,5	50,-	50,5	50,5	m
kB = 0,1 dB = 10	50,-	43,-	36,5	35,5	37,-	38,-	39,5	40,-	m
kB = 0,05 dB = 5	52,5	46,5	40,-	39,-	40,5	41,5	42,5	43,5	m
kB = 0,05 dB = 10	50,-	43,-	36,5	29,-	25,5	28,-	30,-	32,-	m
N = 12 mm/etm L_s = 5 m									
kB = 0,1 dB = 5	35,-	35,5	36,-	36,5	36,5	37,-	37,-	37,5	m
kB = 0,1 dB = 10	33,-	30,5	32,-	33,-	33,5	33,5	34,-	34,-	m
kB = 0,05 dB = 5	35,-	32,5	34,-	35,-	35,5	36,-	36,5	36,5	m
kB = 0,05 dB = 10	33,-	28,5	30,-	31,-	31,5	32,-	32,5	33,-	m
L_s = 10 m									
kB = 0,1 dB = 5	35,-	31,5	32,-	32,5	32,5	33,-	33,-	33,5	m
kB = 0,1 dB = 10	33,-	28,5	24,-	23,-	24,-	25,-	26,-	26,5	m
kB = 0,05 dB = 5	35,-	31,-	26,-	25,5	26,5	27,5	28,5	29,-	m
kB = 0,05 dB = 10	33,-	28,5	24,-	19,-	16,5	18,5	20,-	21,-	m
N = 17 mm/etm L_s = 5 m									
kB = 0,1 dB = 5	27,-	27,5	28,-	28,-	28,5	28,5	29,-	29,-	m
kB = 0,1 dB = 10	25,-	23,-	23,5	24,-	24,5	25,-	25,5	26,-	m
kB = 0,05 dB = 5	27,-	25,-	25,5	26,-	26,5	17,-	27,5	27,5	m
kB = 0,05 dB = 10	25,-	21,5	23,-	23,5	24,-	24,5	25,-	25,5	m
L_s = 10 m									
kB = 0,1 dB = 5	27,-	23,5	24,-	24,5	24,5	25,-	25,-	25,5	m
kB = 0,1 dB = 10	25,-	22,-	18,-	24,5	18,5	19,-	19,5	20,0	m
kB = 0,05 dB = 5	27,-	23,-	20,-	19,5	20,5	21,-	21,5	22,-	m
kB = 0,05 dB = 10	25,-	22,-	18,-	14,-	12,-	13,5	14,5	15,5	m


U = 70
U = 70



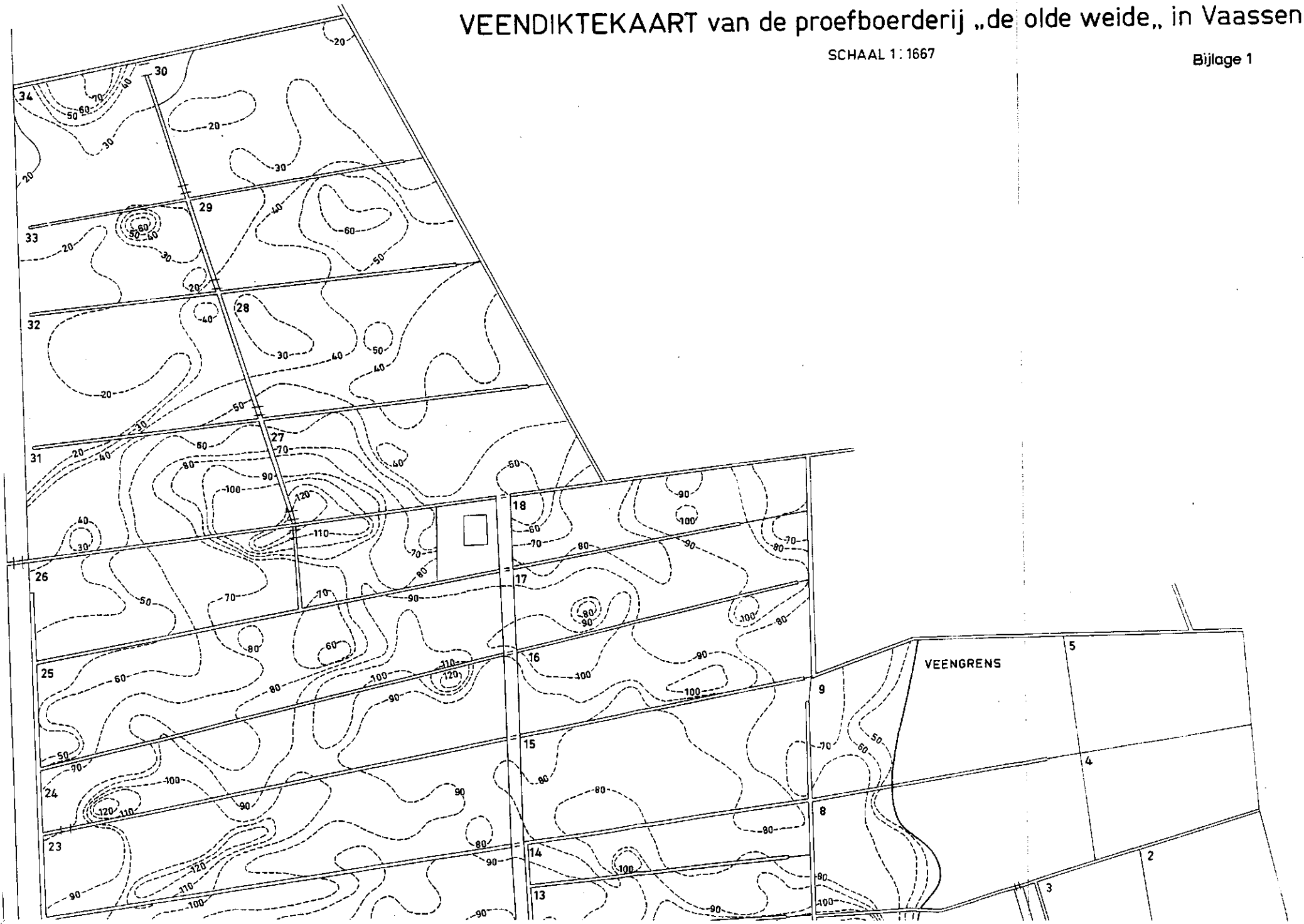


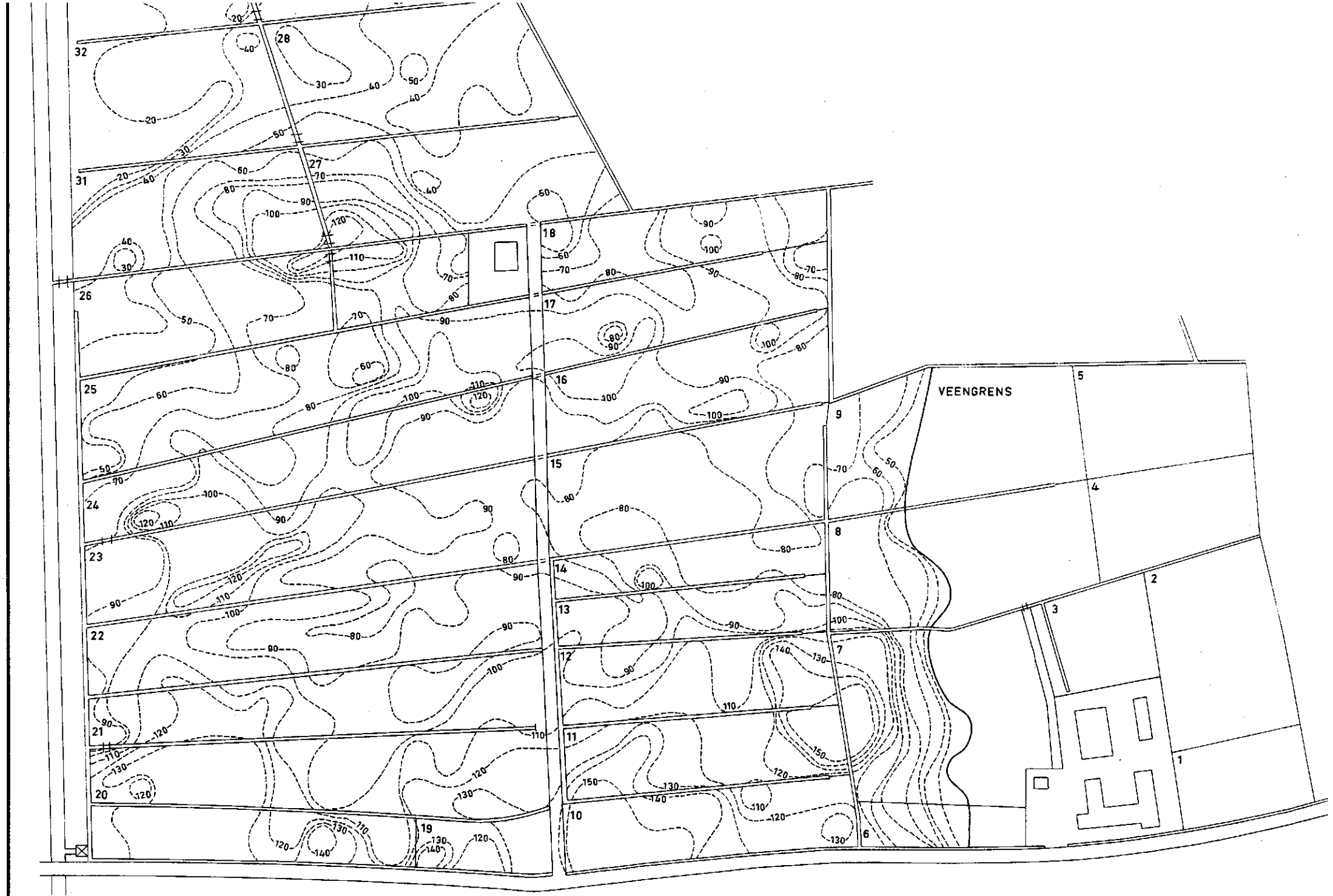


VEENDIKTEKAART van de proefboerderij „de olde weide„ in Vaassen

SCHAAL 1 : 1667

Bijlage 1




VEENGRENS
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
31
32

60-716

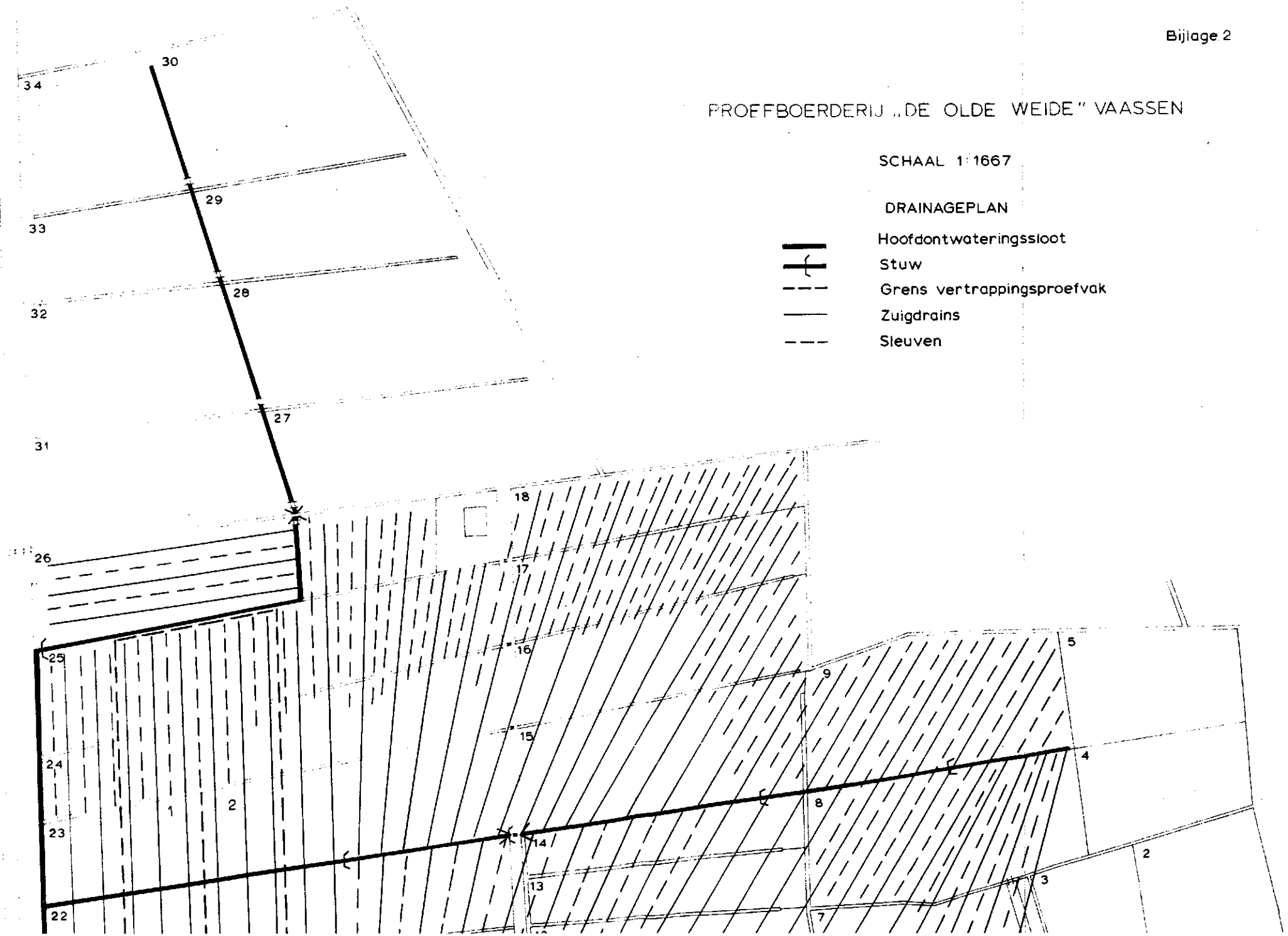
Bijlage 2

PROEFBOERDERIJ „DE OLDE WEIDE" VAASSEN

SCHAAL 1:1667

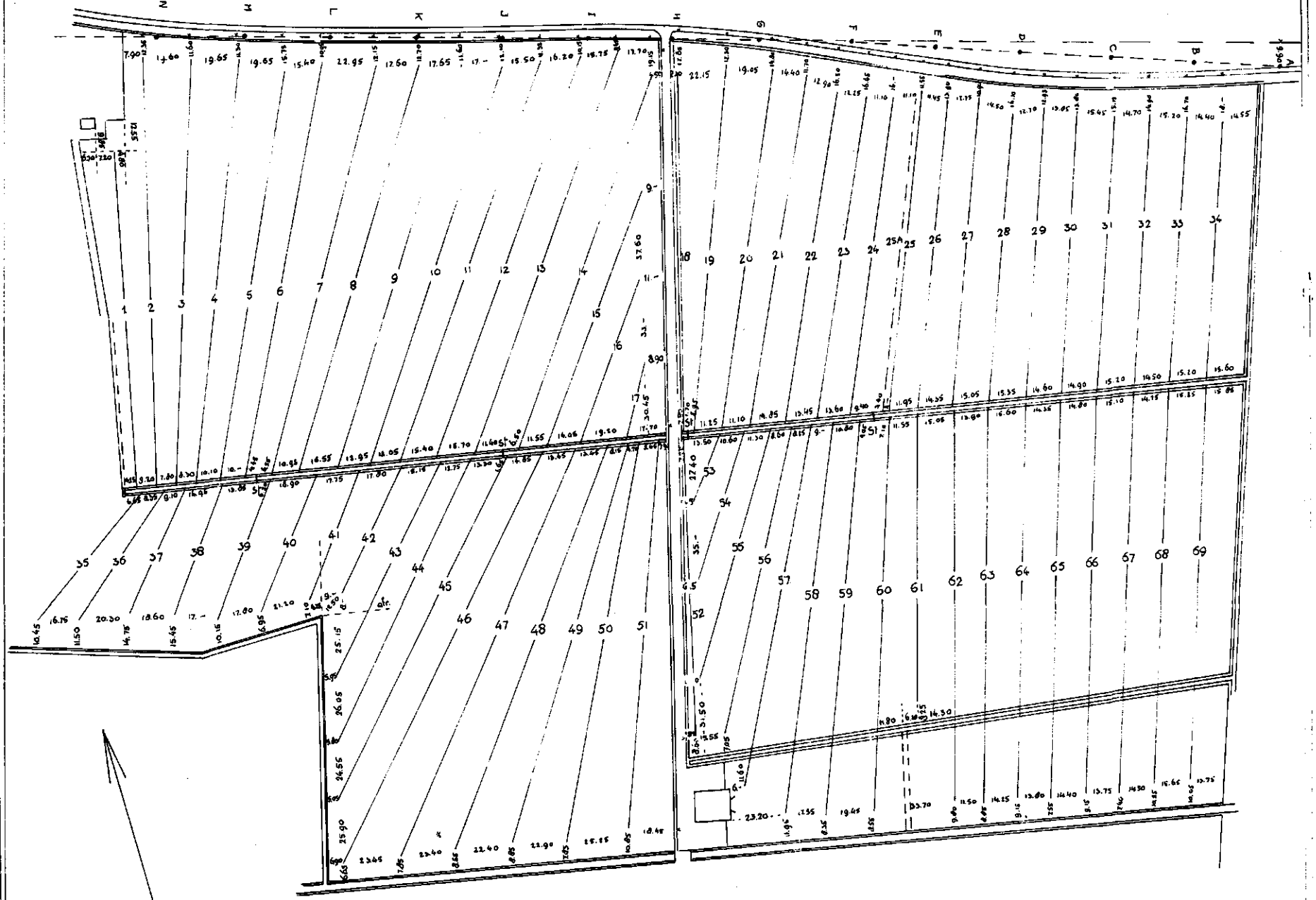
DRAINAGEPLAN

Hoofdontwateringssloot
Stuw
Grens vertrappingsproefvak
Zuigdrains
Sleuven




Stuw
Grens vertrappingsproefvak
Zuigdrains
Sleuven
32
31
28
27
26
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1
2
3
4

Bylage 3



REVISIEKAART „DE OLDEWEIJE" VAASSEN

SCHAAL 1:1667