

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING

Nota nr. 154 dd. 23 november 1962

NN31545.0154

De mogelijke invloed van de voorgenomen peilverla-
ging op een aantal panden van de Zuid-Willemsvaart
op de grondwaterstanden in de aangrenzende gronden.

ir. J. J. Kouwe

180/1162/35

JSN 160572.02

I N H O U D

	<u>blz</u>
Hoofdstuk I Inleiding	1
Hoofdstuk II Het onderzoek	3
Hoofdstuk III De algemene beschrijving van de gevolgen van peilveranderingen en van de vernieuwing van het kanaal	8
1. Inleiding	8
2. De radiale weerstand van het kanaal	10
3. De invloed van de peilverandering van het kanaal op de grondwaterstand	13
4. De afleiding van de gebieden met grondwaterstandsveranderingen uit de isohypsenkaart	15
Hoofdstuk IV De mogelijke gevolgen van de peilveranderingen voor de afzonderlijke kanaalpanden	17
A. Het kanaalpand tussen sluis 2 en 3	17
B. " " " " 3 " 4	21
C. " " " " 4 5	23
D. " " " " 5 " 6	26
E. " " " " 6 " C	29
F. " " " " C " D	31
G. " " " " D " E	35
H. " " " " 10 " 11	38
I. " " " " 11 " F	40
K. " " " " F " 12	43
L. " " " " 12 " 13	46
Hoofdstuk V Samenvatting	50
Lijst van bijlagen en figuren	52
Bijlagen 1 en 2	

I. INLEIDING

Door Rijkswaterstaat wordt overwogen om het aantal schutsluizen in de Zuid-Willemsvaart te verminderen, het kanaal te verbreden van 25 tot 40 m en de diepte te vergroten, van 2,30 m tot 3,50 m. Hierdoor zal worden bereikt dat de capaciteit van het kanaal wordt verruimd en de doorvaarttijd ingekort. Tevens wordt gedacht aan een omleiding ten oosten van de stad Helmond, binnen welke stad geen mogelijkheden bestaan voor de modernisering van het kanaal. Op deze wijze zal de 130 jaar oude Zuid-Willemsvaart aangepast worden aan de eisen welke door de scheepvaart aan een modern kanaal worden gesteld. Door verruiming van het kanaal en de sluizen wordt tevens bereikt dat grotere schepen kunnen passeren. Dit voordeel zal naar verwacht wordt de industriële ontwikkeling en de bedrijvigheid in het gebied grenzend aan het kanaal bevorderen.

Voorts lijkt het niet onwaarschijnlijk dat aan de meer dan 100 jaar oude sluizen en andere kunstwerken in de naaste toekomst kostbare onderhoudswerken zullen moeten plaatsvinden.

Het opruimen van een aantal sluizen houdt in het verlengen van de kanaalpanden. Op een aantal oude panden dient daarom het kanaalpeil te worden verlaagd tot het peil van het benedenstrooms gelegen lagere pand. Dit betekent dat het peil op de eerstgenoemde kanaalpanden + 2 m zal worden verlaagd. Bovendien zullen er korte trajecten zijn waar deze verlaging zelfs 4 m zal bedragen, aangezien de plaats van de nieuwe sluizen zich enige honderden meters stroomopwaarts van de oude bevindt.

Gevreesd wordt, en niet zonder reden, dat dergelijke forse peilverlagingen niet zonder gevolgen zullen blijven voor de landbouwgronden ter weerszijden van het kanaal.

Derhalve werd door Rijkswaterstaat tot het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding het verzoek gericht te willen nagaan in welke mate de eerder vermelde peilverlagingen de grondwa-

terstanden in de aangrenzende gronden, en daarmee de landbouw zullen beïnvloeden. Op 1 mei 1958 vond een eerste bespreking plaats tussen de heren ir. Van der Does, Hoofdingenieur van het Arrondissement 's-Hertogenbosch van Rijkswaterstaat, de heer Benard, oud Waterbouwkundig Ambtenaar bij deze Dienst en de heren ir. Visser en ir. Kouwe van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Besloten werd dat ir. Kouwe het onderzoek voor het Instituut zou uitvoeren in overleg met de heer Benard.

Op grond van beschikbare gegevens omtrent: de grondwaterstanden ontleend aan het onderzoek van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland en aan de Bodemkaart van Nederland (Nebo-kaart stadium D) en met gebruikmaking van de bekende rivierpeilen van de Aa kon in februari 1959 een interim rapport worden opgesteld, getiteld: "Voorlopig rapport betreffende de invloed van mogelijke peilverlaging op een aantal ponden van de Zuid-Willemsvaart in Noord-Brabant op de grondwaterstand van de aangrenzende gronden".

Zoals uit dit definitieve rapport zal blijken zijn de conclusies waartoe in het voorlopig rapport gekomen werd, in grote lijnen gelijk gebleven.

II. HET ONDERZOEK

Teneinde de gestelde vraag te kunnen beantwoorden dienden een aantal gegevens ter beschikking te staan. Zoals in het voorgaande reeds werd uiteengezet konden deze voor een deel geput worden uit de resultaten van reeds verricht onderzoek, bestaand kaartmateriaal en gegevens die door de Rijkswaterstaat werden verstrekt. Daar echter de gegevens omtrent de grondwaterstanden ontleend zijn aan het C.O.L.N.-onderzoek, dat naar bekend mag worden verondersteld, gewerkt heeft met een net van waarnemingspunten met een dichtheid van 1 waarnemingspunt per \pm 100 ha, dienden enige meer gedetailleerde grondwaterstandswaarnemingen, in het bijzonder in de naaste omgeving van het kanaal, te worden verzameld.

Een ander belangrijk punt wordt gevormd door de gesteldheid van de ondergrond. Wat meer gedetailleerd inzicht hieromtrent werd als gewenst beschouwd, aangezien de geologische kaart geen verdere informatie geeft dan de laagdikte van de verschillende geologische formaties en een globale opgave van het materiaal waaruit deze zijn opgebouwd.

Op een enkele plaats werden enige monsters gestoken uit de sliblaag, welke zich op de kanaalbodem bevindt en werd de doorlatendheid bepaald.

Meer gepreciseerd werden de volgende gegevens verzameld:

1. Grondwaterstanden: Aan de C.O.L.N.-gegevens werden de gemiddelde winter- en zomergrondwaterstand ontleend.

In 13 raaien werd éénmaal in het voorjaar en éénmaal in de zomer in boorgaten de grondwaterstand waargenomen. Vanaf het kanaal gerekend werden de eerste boorgaten geplaatst op \pm 5 en 10 m afstand vanaf de bermsloot, waarna onderlinge afstanden tussen de boorgaten steeds groter werden genomen. Doel was om na te gaan of eventueel kwel uit of naar het kanaal de grondwaterstand thans reeds beïnvloedt.

Bij elk kanaalpand, waarvan het peil zal worden verlaagd werden twee raaien gelegd; één raai op enige afstand boven de sluis aan het benedenstroomse eind en één raai even beneden de sluis aan het bovenstroomse eind van het kanaalpand. De situatie van deze raaien staat

weergegeven op de overzichtskaart van figuur 1A, terwijl figuur 6 de dwarsprofielen met gemeten grondwaterstanden voorstellen.

2. De kanaal- en rivierpeilen: De peilen van de verschillende kanaal- panden zijn steeds constant. Eventuele fluctuaties daarvan zijn ver- waarloosbaar klein en gezien de uitstekende peilbeheersing slechts van zeer korte duur. De kanaalpeilen werden ontleend aan de opgave van Rijkswaterstaat, evenals de peilen welke na uitvoering der mo- derniseringswerken zullen worden aangehouden. Deze oude en nieuwe peilen en de verschillen daartussen staan vermeld in bijlage 1.

De peilen van de Aa zijn in de tijden dat niet gestuwd wordt aan belangrijke wisselingen onderhevig. In verband met de doelstel- ling van dit onderzoek zijn slechts de stuwpeilen van de rivier in de zomer van belang. In de winter wordt de rivier niet gestuwd of wordt er gestreefd naar eenzelfde mogelijk iets lager stuwpeil. Het- zelfde geldt voor perioden van grote waterafvoer in de zomer. De maanden april tot en met juni zijn potentiëel droge maanden. De neer- slag wordt in toenemende mate door de verdamping overtroffen, het- geen zich uit in een gestadig dalende grondwaterstand. Teneinde een te snelle waterafvoer te voorkomen wordt in die tijden de rivier ge- stuwd. Als representatief voor het zomerstuwpeil van de Aa werd dat van de maand juni beschouwd. Uit de door het Waterschap "Het stroom- gebied van de Aa " beschikbaar gestelde gegevens van de zelfregis- trerende peilschalen werd zo goed mogelijk het juni stuwpeil van de rivier bepaald. Hierbij werden de peilen van de rivierpanden waar zich een dergelijke peilschaal niet bevindt door interpolatie vastgesteld; **geïnterpoleerd** werd met behulp van een voor iedere stuw geschat- te spronghoogte. Mogelijk kunnen de peilen van enkele riviervakken wat hoger liggen dan hier wordt aangenomen. Tijdens het onderzoek was het peil daarvan in verband met uitvoering van herstelwerkzaam- heden drastisch verlaagd. Bijlage 2 geeft een overzicht van deze stuwpeilen terwijl de nummers van de stuwen met de bijbehorende pei- len tevens op figuur 1A worden vermeld.

De gegevens van de bestaande en de toekomstige kanaalpeilen, het juni stuwpeil van de Aa en de gemiddelde zomergrondwaterstand

bij het kanaaltracé staan vermeld in figuur 1B. Hierbij werden dus het lengteprofiel van de rivier op dat van het kanaal geprojecteerd. In bijlage 1 worden de verschillen tussen het nieuwe kanaalpeil en de zomergrondwaterstand vermeld.

3. Het onderzoek naar de diepere ondergrond. Met de boorstelling van het Instituut werden 17 diepboringen verricht tot 30 à 40 meter diepte. Deze boringen genummerd N 102 tot en met N 118 staan aangegeven op figuur 1A. Per raai werden 1-3 boringen gedaan. De boorprofielen staan schematisch weergegeven in figuur 2. Van deze boringen werd tevens gebruik gemaakt om daarin in samenwerking met het Archief van Grondwaterstanden T.N.O. 2-3 waarnemingsfilters aan te brengen op verschillende diepten. Deze werden zoveel mogelijk in lagen van verschillende samenstelling geplaatst, veelal gescheiden door aangetroffen kleilagen. De positie van de filters staat eveneens in figuur 2 bij de boorprofielen aangegeven.

Van alle grondlagen in iedere boring werden geroerde grondmonsters genomen. In de boringen N 105, N 114 en N 115 werd met een steekapparaat tevens een aantal ongeroerde monsters genomen, teneinde hieraan de doorlaatfactor te kunnen bepalen.

Door dr. N.A. de Ridder, geohydroloog van ons Instituut, zal in een apart verslag over deze boringen worden gerapporteerd. In dit rapport zullen slechts die gegevens vermeld worden, die direct samenhangen met de gestelde vraag.

4. Bemonstering van de kanaalbodem. Daar in het interimrapport reeds geconcludeerd werd tot een zeer slecht doorlatende kanaalbodem, werden daaruit op twee plaatsen monsters gestoken. Deze plekken zijn gelegen op 150 en 300 m bovenstrooms van sluis 4. Van deze monsters werd de doorlatendheid bepaald. De foto, zie figuur 3, geeft een lengte-doorsnede van vijf van deze monsters.

5. De te verwachten schade tengevolge van de wijziging van de hydrologische toestand. Naar de schade veroorzaakt door wateronttrekking of kwel, welke de landbouw zal kunnen ondervinden tengevolge van de verlaging of verhoging van de grondwaterstanden van de aan het kanaal

grenzende gronden, werd geen speciaal proefveldenonderzoek verricht.

De zones waarbinnen de dalingen respectievelijk stijgingen van de grondwaterstanden zullen optreden, werden bepaald aan de hand van de isohypsenkaart van figuur 1A. Daarna werden met behulp van gegevens ontleend aan het meergenoemde C.O.L.N.-onderzoek¹⁾ schattingen verricht van de te verwachten schade voor de landbouw. Deze staan, voor zover zij direct aan de peilveranderingen op het kanaal kunnen worden geweten, gerecapituleerd per kanaalpand vermeld op bijlage 1.

Hierbij is uitgegaan van het grondgebruik zoals thans wordt aangetroffen. De gronden langs de Zuid-Willemsvaart waarin grondwaterdalingen of -stijgingen zullen plaatsvinden zijn overwegend als grasland in gebruik. Vele gronden gelegen tussen de rivier de Aa en het kanaal en een deel van de gebieden ten westen van het kanaal zullen ongeschikt worden voor het gebruik als grasland tengevolge van de geringe hydrologische kwaliteiten van de grond. De betreffende gebruikers kunnen wel overschakelen op de teelt van bouwlandgewassen, doch zullen elders compensatie moeten vinden voor het verloren gegane graslandareaal van hun bedrijf. Bij de opgegeven schadebedragen werd met de uit deze situatie voortvloeiende kosten geen rekening gehouden. Bij de berekening van gemiddeld jaarlijks te verwachten schade werd uitgegaan van een gemiddelde opbrengstdepressie voor het gehele gebied langs het betreffende kanaalpand waarop een grondwaterdaling zich zal voordoen. Als bruto-opbrengst voor goed grasland werd aangehouden een bedrag van f 1 000,--/ha.

Bij beschouwingen omtrent opbrengstdepressies, die geleden worden tengevolge van een te diepe of te hoge waterstand, dient steeds rekening gehouden te worden met twee factoren. In de eerste plaats is er de schade veroorzaakt door de waterhuishoudkundige toestand van de grond zelf. Voorts is er in de tweede plaats de ongelijke ligging van het maaiveld. Bij diepe grondwaterstanden speelt deze factor geen rol, doch in de omgeving van het optimum en het "natte" traject

1) ir. J. J. Kouwe: De landbouwwaterhuishouding in de Provincie Noord-Brabant. Rapport nr. 11 van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland, T.N.O. 1958.

van de opbrengst ontwateringsdiepte-curve is dit wel het geval. Deze invloed bestaat hieruit, dat de lage delen van een perceel te nat en de hoge delen te droog zijn. De optimale opbrengst zal daardoor steeds lager liggen dan de theoretisch maximaal mogelijke. Een verdere verhoging van het opbrengstniveau kan dan alleen bereikt worden door egalisatie van het betreffende perceel en het vervolgens realiseren van de meest gewenste grondwaterstand.

Zonder egalisatie zal de ongelijke ligging van het maaiveld dus tot gevolg hebben dat een zekere opbrengstdepressie zelfs door middel van grondwaterpeilregeling niet opgeheven kan worden. Dit zou uiteraard wel mogelijk zijn door toepassing van de kunstmatige berekening. Deze blijvende opbrengstdepressie wordt op grond van onderzoek elders verricht¹⁾ geschat op 7% en dient dus bij de vaststelling van de schade welke de kanaalwerken zouden kunnen veroorzaken in rekening te worden gebracht.

De meeste gronden welke door een kanaalpeilwijziging zullen worden beïnvloed, hebben volgens het C.O.L.N.-onderzoek een waterhuishoudkundige toestand welke als voldoende wordt beschouwd. De verdrogingskaart geeft daarvoor geen opbrengstdepressie aan. Op grond van bovenstaande overwegingen wordt in deze studie echter aangenomen, dat deze gronden tengevolge van de ongelijke ligging van het maaiveld een opbrengstdepressie hebben van 7%, welke dus van het op grond van de C.O.L.N.-gegevens geschatte depressie-percentages dient te worden afgetrokken, teneinde hiermee de gemiddelde jaarlijkse schade te kunnen berekenen welke uitsluitend het gevolg is van de kanaalpeilveranderingen.

1) ir. J. J. Kouwe: The influence of the unevenness of the landsurface on the possibilities of subsoil irrigation as a method of supplementary irrigation.
Nog niet gepubliceerd.

III. DE ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE GEVOLGEN VAN PEILVERANDERINGEN EN VAN DE VERNIEUWING VAN HET KANAAL

1. Inleiding

De Zuid-Willemsvaart werd op Noord-Brabants gebied voor een belangrijk gedeelte van zijn tracé gegraven op de westelijke dalhelling van de rivier de Aa. Over het algemeen bedraagt de afstand tussen het kanaal en de rivier slechts enkele honderden meters. Een uitzondering hierop vormt het traject tussen de sluizen 3 en 4 en tussen de sluizen 5 en 6. Deze beide trajecten vormen als het ware "bochtafsnijdingen".

Uit de vergelijking tussen de kanaalpeilen en de grondwaterstanden - zie figuur 1A en bijlage 1 - blijkt, dat men ernaar gestreefd heeft om aan de bovenstroomse einden van de kanaalpannen diepe insnijdingen te voorkomen. In het algemeen is hier het kanaalpeil nog even boven of gelijk aan de wintergrondwaterstand van de aangrenzende gronden. Dit houdt voorts in dat het kanaalpeil aan het benedeneind van een pand omstreeks 2 meter of meer hoger ligt dan de zomergrondwaterstand. Ten tijde van het graven van de Zuid-Willemsvaart zullen de grondwaterstanden echter wel wat hoger geweest kunnen zijn dan thans het geval is. De verbetering van de Aa en de verbetering van de waterafvoer van het gebied zullen ertoe hebben bijgedragen, dat de grondwaterstanden thans wellicht gemiddeld 0,5 m lager zijn komen te liggen.

Uit figuur 1B blijkt dat het zomerstuwpeil van de Aa 1-3 m lager ligt dan het kanaalpeil. De waterstand in de rivier zal ondanks sterke stijgingen van het peil vrijwel steeds lager blijven dan dat van de Zuid-Willemsvaart.

De beide geschetste omstandigheden, namelijk: lagere grondwaterstanden en lagere rivierpeilen dan die van het kanaal, hebben ertoe bijgedragen dat het kanaal nooit in belangrijke mate drainerend heeft kunnen werken. Na het tot stand komen van de Zuid-Willemsvaart plaatselijk wellicht optredende kwel is door het dichtslaan van de kanaalbodem en van de taluds geleidelijk verdwenen, of althans in zeer sterke mate verminderd.

Nadat de peilverlagingen en overige werken tot stand gekomen zullen zijn, zal het kanaal in de meergenoemde panden evenwel steeds drainerend gaan werken en daarbij niet alleen water onttrekken aan de aangrenzende gronden, doch ook aan de rivier de Aa en aan het afleidingskanaal bij Boerdonk tussen stuw 4a en Sluis B. Op andere kanaal-panden, waarvan het peil gelijk blijft, doch waarvan de sliblaag op de kanaalbodem verwijderd wordt zal dit, zoals later uiteengezet zal worden, neerkomen op een "schijnbare peilverhoging" en een sterke vermindering van de weerstand van het kanaal tegen waterverlies. Een versterkte kwel zal dus hiervan het gevolg zijn.

Alvorens de gevolgen van de peilverlaging en de "schijnbare peilverhoging" voor de omgeving van het kanaal voor ieder pand afzonderlijk te bespreken, verdient het aanbeveling om aan de hand van enige theoretische beschouwingen over de hydrologische achtergrond van die gevolgen een indruk te krijgen hoe het proces van de invloed van de peilwijzigingen zich voltrekt.

Voor de stroming van water vanuit of naar een open waterloop is de radiale weerstand, die daarbij ondervonden wordt, van belang. Voor grote brede rivieren en kanalen is deze weerstand in de regel klein, doch in het geval, zoals zich bij de Zuid-Willemsvaart voordoet, wordt de weerstand tegen waterverlies uit het kanaal in hoofdzaak geleverd door de slecht doorlatende sliblaag. Bij wateropname door het kanaal speelt deze laag echter geen rol omdat het binnenstromen van water uit de bodem in het kanaal het dichtslibben daarvan verhindert.

De peilverandering van het kanaal zal vooral door dit omdraaien van de stroomrichting van het grondwater verandering van de grondwaterstand in de omgeving veroorzaken. Een beschrijving zal gegeven worden op welke wijze dit proces van de verlaging, c.q. verhoging, zich in principe voltrekt.

Tenslotte zal beschreven worden op welke wijze de gebieden, waarbinnen een grondwaterstandsverandering nog praktische betekenis heeft, werden afgeleid uit de isohypsenkaart van het grondwatervlak.

2. De radiale weerstand van het kanaal

Reeds werd melding gemaakt van bemonstering van de kanaalbodem en van de aanwezigheid van de slecht doorlatende humeuze sliblaag die zich op de bodem heeft gevormd. Dat een dergelijke laag aanwezig zou zijn werd duidelijk tijdens de bestudering van de gegevens op grond waarvan het in Hoofdstuk I vermelde Voorlopige Rapport werd opgesteld. Het werd echter gewenst geacht aan deze veronderstellingen wat meer zekerheid te geven door het verrichten van enkele waarnemingen.

De stroming van water van en naar waterlopen, in dit geval de Zuid-Willemsvaart, wordt mede beheerst door de radiale weerstand. Deze weerstand welke een grondwaterstroom ondervindt is het gevolg van een steeds toenemende concentratie van stroomlijnen naarmate de natte omtrek dichter genaderd wordt. Door ERNST¹⁾ werd voor een waterloop met een veel grotere breedte dan diepte voor de radiale weerstand w de volgende formule gegeven:

$$w = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{e^{\frac{\pi b}{4D}} - e^{-\frac{\pi b}{4D}}}{2}$$

waarin:

- w = radiale weerstand in dagen/m
- k = de doorlaatfactor van de grond in m/dag
- b = de breedte van het kanaal op de waterspiegel in m
- D = de dikte van het grondpakket in m
- e = het grondtal van de natuurlijke logaritmie

Vullen we voor de verschillende grootheden waarden in zoals in tabel 1 weergegeven, dan volgen daaruit de waarden voor $k.w.$:

¹⁾ Drs. L.F.Ernst: "Het berekenen van stationaire grondwaterstromingen, welke in een verticaal vlak afgebeeld kunnen worden". 1954, Rapport IV v.h. Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O. te Groningen.

Tabel 1

De radiale weerstand w van het kanaal bij verschillende waarden van de dikte D van het watervoerende grondpakket en de doorlaatfactor K

D	k.w.	de radiale weerstand w voor	
		$k = 2$ m/dag	$k = 5$ m/dag
25	+ 0.03	+ 0.015	+ 0.006
30	+ 0.13	+ 0.06	+ 0.026
40	+ 0.20	+ 0.10	+ 0.040
60	+ 0.34	0.17	+ 0.07

Deze gegevens hebben betrekking op een homogene watervoerende laag, en een symmetrische stromingstoestand. Met behulp van deze formule kan een goed inzicht worden verkregen in de orde van grootte van de gezochte factoren.

Voor laagdikten geringer dan ± 24 m is de radiale weerstand negatief. Bij een dikte $D = 40$ m bedraagt de radiale weerstand nog slechts $0.10 - 0.04$ dagen/meter. De conclusie is dat, gezien de lage waarden van de radiale weerstand van het kanaal, bij de voorkomende grote verschillen tussen kanaalpeil en grondwaterstand welke wel 1.5 à 2 m kunnen bedragen, grote waterverliezen zouden moeten optreden, die vrijwel uitsluitend bepaald zouden worden door de doorlaatcapaciteit van de grond (kD -waarde). Kwelverschijnselen zouden dan in de aangrenzende gronden wateroverlast veroorzaken.

Daar deze feiten zich niet in die mate voordoen is de voor de hand liggende conclusie, dat de zich op de kanaalbodem bevindende sliblaag een geringe doorlatendheid heeft en daardoor een beschermende werking uitoefent.

Deze veronderstelling wordt bevestigd door een zevental onge-roerde monsters gestoken bij sluis 4 uit de sliblaag die zich op de kanaalbodem bevindt. De resultaten van deze bemonstering zijn samengevat in tabel 2, terwijl enkele monsters staan afgebeeld op figuur 3.

Tabel 2

De verticale weerstand c van de sliblaag op de bodem van de Zuid-Willemsvaart, berekend uit doorlaatfactor -bepaling aan ongeroerde monsters

monster nr.	N 102	N 103	N 104	N 105	N 106	N 107	N 108
k_{slib} (cm/dag)	2.1	2.1	1.1	5.6	2.2	0.9	0.1
lengte monster (cm)	26	47	45	53	52	50	26
$c = D/k$ (dagen)	12	22	41	10	24	56	260

Uit bovenstaande gegevens laat zich de gemiddelde verticale weerstand c van de sliblaag berekenen. Hiervoor wordt gevonden $425/7 = 60$ dagen. Beschouwt men de uitkomst van monster N 108 als extreem en niet representatief, dan wordt gevonden $c = 27,5$ dag of afgerond 30 dagen.

De totale weerstand w van het kanaal tegen waterverlies kan beschouwd worden als opgebouwd uit de radiale weerstand volgens de waarden van tabel 1 en de weerstand van de sliblaag:

$$w = w_{\text{kan}} + w_{\text{slib}}$$

Hierin is $w_{\text{slib}} = \frac{c}{u} = \infty 1.15$ dagen/m ($u =$ natte omtrek van het kanaal).

Voor een dikte van de doorstroomde laag gelijk 40 m en $k = 2$ m/dag volgt met de berekende radiale weerstand van tabel 1.

$$w = 0.1 + 1.15 = 1.25 \text{ dag/m}$$

Deze waarde moet voor een kanaal met de afmetingen van de Zuid-Willemsvaart als zeer hoog worden beschouwd.

Het gemiddelde peilverschil tussen het kanaal en de grondwaterstand bedraagt tussen de sluizen 2 en 3 ca. 1 m. Dit betekent een waterverlies uit het kanaal van $1/1.25 = 0,8 \text{ m}^3/\text{dag.m}'$, met een maximum in de zomer van $1,2 \text{ m}^3/\text{dag.m}'$ en een minimum in de winter van $0,4 \text{ m}^3/\text{dag.m}'$. Op een totale lengte van de Zuid-Willemsvaart binnen Noord Brabant van 55 km bedraagt het gemiddelde waterverlies dan $0,8 \times 55.000/86400 = 0,51 \text{ m}^3/\text{sec.}$ (max. 0,76 en min. $0,25 \text{ m}^3/\text{sec.}$).

Door het vergroten en verdiepen van de Zuid-Willemsvaart zal ook de weerstand daarvan kleiner worden, aangezien de natte omtrek van de huidige 26 m vergroot wordt tot ca. 45 m. Door DE RIDDER

wordt in zijn rapport gesteld, dat de Formatie van Kedichem, die op ca. 60 m - N.A.P. begint, als de basis van het watervoerend pakket mag worden beschouwd, voor het geval dat geen kleilagen ondieper in het profiel als afsluitende laag mogen worden aangemerkt. Onder die omstandigheden is bij een dikte van dit watervoerende grondpakket $D = 80$ m de eigenlijke radiale weerstand, berekend volgens de formule van blz.10, gelijk aan 0,15 à 0,06 dagen/m terwijl voor $D = 35$ is $w \approx 0$. Aannemende dat te zijner tijd weer een 30 cm dikke sliblaag met een verticale weerstand $c = 30$ dagen aanwezig zal zijn dan zal de weerstand w_{slib} daardoor veroorzaakt bedragen $30/45 = 0,66$ dagen/m. Er mag dus verwacht worden, dat er bij gelijkblijvende drukverschillen een blijvend grotere hoeveelheid water uit het kanaal zal kwellen.

3. De invloed van de peilverandering van het kanaal op de grondwaterstand

De quantificering van de invloed van de peilverlaging van de Zuid-Willemsvaart op de grondwaterstanden in de omgeving ervan vormt een gecompliceerd vraagstuk. Teneinde eventuele schade toegebracht aan de landbouw te kunnen begroten is het nodig voor ieder punt de verlaging van de grondwaterstand te kennen. Theoretisch strekt de peilverlaging van het kanaal zich uit tot de eerstvolgende belangrijke rivier. Indien zich tussen het kanaal en deze rivier geen drainerende sloten bevinden, dan zal bij de nieuwe evenwichtstoestand, die na lange tijd benaderd wordt de verlaging van de grondwaterstand evenredig met de afstand tot het kanaal afnemen en bij de eerstvolgende rivier tot nul naderen.

Tussen het kanaal en de eerstvolgende drainerende rivier bevindt zich echter een gebied, waarin veelal wel een net van drainerende sloten aanwezig is. Deze sloten voeren onder invloed van de regenval een deel van de neerslag af, terwijl het overige deel door de ondergrond rechtstreeks op de drainerende rivieren afvloeit. Er zal onder invloed van een algemene gradient van het grondwater evenwijdig aan de stromingsrichting van die rivieren ook water uit het beschouwde gebied wegstromen, doch men kan echter bij wijze van benadering aannemen dat een zelfde hoeveelheid uit een aangrenzend bovenstrooms gelegen gebied weer wordt aangevoerd. Onder deze omstan-

digheden geldt dus dat de overtollige neerslag, waaronder dus verstaan wordt dat deel van de neerslag dat tot afvoer komt (neerslag-verdamping), voor een deel door de drainerende sloten en voor het overige deel rechtstreeks door de rivieren aan het gebied wordt onttrokken. In figuur 4 staat deze situatie op schematische wijze aangegeven, uitgaande van een stationair gedachte gemiddelde toestand.

Wanneer nu het kanaalpeil verlaagd wordt zoals op de figuur staat aangegeven, dan zal dit beneden de gemiddelde grondwaterstand komen te liggen. Het gevolg is dat het kanaal water gaat onttrekken aan de omgeving. Aanvankelijk zal een sterk verhang in het grondwater bestaan, waardoor de onttrekking intensief zal zijn. Evenwel zal de verlaging zich op steeds grotere afstand van het kanaal doen gevoelen, waardoor het verhang en daarmee de wateronttrekking geleidelijk aan zal afnemen. Dit proces is op de figuur weergegeven door de gestippelde lijntjes.

Het gevolg van de grondwaterstandsverlaging is, dat op een steeds breder wordende strook grond de sloten zullen droogvallen. Dit heeft weer tot gevolg dat de hoeveelheid overtollige neerslag die door deze sloten werd afgevoerd, thans als extra voeding aan het diepe grondwater ten nutte komt en de geleidelijk afnemende onttrekking door het kanaal in toenemende mate gaat compenseren. Tenslotte zal deze compensatie volledig zijn wanneer over een zekere breedte B alle sloten zijn drooggevallen, waarna weer een stationaire evenwichtstoestand is bereikt.

In wezen is de situatie natuurlijk gecompliceerder dan hier werd voorgesteld. Vooreerst zal het voor kunnen komen dat over een zekere strook grond de grondwaterstand wel verlaagd wordt, doch dat de sloten niet geheel droogvallen en dus nog, zij het in mindere mate, een deel van de overtollige neerslag blijven afvoeren. In de tweede plaats zijn er de seizoensinvloeden, waarbij de verdamping een belangrijke rol speelt en waarbij de overtollige neerslag wisselt. In de zomer zal de strook B waarbinnen de sloten droogvallen, breder worden tengevolge van de verminderde neerslag en de toegenomen verdamping. In de winter neemt de neerslag toe en valt de verdamping geleidelijk aan weg, zodat de strook B smaller

wordt en drooggevalen sloten weer water gaan afvoeren, waarna weer een nieuwe evenwichtstoestand benaderd wordt.

Dezelfde beschouwing kan worden gehouden voor het geval de slecht doorlatende sliblaag op de kanaalbodem wordt verwijderd hetgeen, zoals eerder werd uiteengezet, neerkomt op een "schijnbare verhoging" van het kanaalpeil ten opzichte van de grondwaterstand. Het gevolg zal zijn een kwelstroom vanuit het kanaal naar de omgeving en een verhoging van de grondwaterstand. Dit heeft weer tot gevolg een intensievere afvoer door het slotenstelsel. Ook in dit geval zal de grondwaterstandsverhoging beperkt blijven binnen een strook grond met een zekere breedte. Het zal duidelijk zijn dat de dichtheid, de afvoercapaciteit en de onderhoudstoestand van het slotennet grote invloed hebben op de breedte van deze beïnvloede strook grond. Evenwel mag verwacht worden dat zich op de verse kanaalbodem gaandeweg weer een sliblaag zal vormen waardoor de radiale weerstand toeneemt en de kwel en daarmee de invloedssfeer van het kanaal afneemt. Ook in het geval van een peilverhoging van het kanaal zullen de seizoensinvloeden zich doen gelden door het smaller en breder worden van de beïnvloede strook grond. De verdamping door de planten zal echter in de zomer een belangrijke rol blijven spelen.

Voor het vaststellen van de schade veroorzaakt door de peilveranderingen op het kanaal zijn alleen de evenwichtstoestanden van belang. Aan het feit, dat de evenwichtstoestanden als gevolg van wisselende omstandigheden bij de verschillende panden na een kortere of langere tijd worden bereikt, wordt hier stilzwijgend voorbijgegaan. Er wordt slechts rekening gehouden met een situatie die als gemiddelde voor een reeks van jaren kan worden beschouwd.

4. De afleiding van de gebieden met grondwaterstandsveranderingen uit de isohypsenkaart

Voor het vaststellen van de verlaging of verhoging van de grondwaterstanden in de omgeving van het kanaal werd gebruikgemaakt van een methode die uitgaat van de isohypsenkaart voor de bestaande toestand. De isohypsen voor de gemiddelde zomergrondwaterstanden, werden met behulp van de gegevens die door het onderzoek van de

Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland T.N.O. ter beschikking kwamen, voor het gebied van de Zuid-Willemsvaart bepaald. Figuur 1A brengt deze in beeld. Tevens werden op deze kaart ingetekend alle kanaalpeilen en de zomerstuwpeilen van de verschillende vakken van de rivier de Aa en de afwateringskanalen.

Vervolgens werd figuur 5 vervaardigd, waarbij de gemiddelde toekomstige nieuwe situatie staat aangegeven, te weten: de nieuwe kanaalpeilen en het nieuwe gemiddelde beloop van de isohypsen, zoals dat zich zal instellen onder invloed van de wateronttrekkende werking en van de kwel uit het kanaal.

De gebieden waarin verhoging en verlaging van de grondwaterstanden wordt verwacht zijn met verschillende arceringen aangegeven. Bij deze figuur is verondersteld, dat de peilen van de Aa en de zijriviertjes daarvan geen wijzigingen zullen ondergaan, zodat deze als natuurlijke begrenzingen van het beïnvloede gebied kunnen worden beschouwd.

Door het zich opnieuw vormen van een slecht doorlatende sliblaag op de bodem van het kanaal zullen de gebieden waarin grondwaterstandsstijgingen worden verwacht geleidelijk inkrimpen.

Evenwel mag verwacht worden, dat tegen de gevolgen van de kwel uit de Zuid-Willemsvaart maatregelen zullen worden getroffen in de vorm van kwel sloten in de naaste omgeving van het kanaal en het verbeteren en eventueel aanvullen van het bestaande slotennet in het gebied.

IV. DE MOGELIJKE GEVOLGEN VAN DE PEILVERLAGING VOOR DE AFZONDERLIJKE KANAALPANDEN

In dit hoofdstuk zal voor ieder kanaalpand een beschrijving gegeven worden van:

- de algemene situatie;
- de opbouw van de ondergrond, zoals uit de diepboringen is gebleken;
- de grondwaterstanden, de kanaal- en rivierpeilen;
- de verdrogingstoestand, zoals die met behulp van de beschikbare gegevens valt vast te stellen;
- de te verwachten schade;

A. Het kanaalpand tussen de sluizen 2 en 3

De algemene situatie

De Zuid-Willemsvaart is tussen de schutsluizen 2 en 3 gelegen aan de rand van het dal van de Aa, dat hier vlak en breed is. Het kanaal en de rivier lopen vrijwel evenwijdig, terwijl de onderlinge afstand varieert van ca. 150 m bij het middengedeelte tot 500 m bij de beide sluizen (zie figuur 1A). Aan de zuidzijde van het kanaal is een bermsloot gelegen, die tot taak heeft de waterafvoer van de aangrenzende gronden te verzorgen en die een deel van het uit het kanaal kwellende water opvangt.

De opbouw van de ondergrond

Ter verkrijging van een inzicht in de opbouw van de ondergrond werden boven sluis 2 één (N 118, zie figuren 1A en 2) en beneden sluis 2 drie diepboringen verricht (N 115, N 116 en N 117). Uit de boorprofielen blijkt er verschil te bestaan tussen de eerstgenoemde boring en de drie andere. In de buurt van sluis 2 bedraagt de dikte van de fijnzandige en dus matig doorlatende laag ($k \approx 0,5 - 2,50$ m/dag) ongeveer 16 m. Een leemlaag van geringe dikte ($\pm 0,5$ m) werd gevonden op 3,5 à 4 m beneden maaiveld en voorts een op 18 m diepte, terwijl tussen 22 en 26 m onder maaiveld een kleilagencomplex voorkomt dat vermoedelijk samenhangt met de op deze diepte gevonden kleilagen bij sluis 3.

Aan het bovineinde van dit kanaalpand werden betrekkelijk dikke kleilagen ondiep in het profiel aangetroffen, terwijl op ca. 24 m onder maaiveld een 5 à 6 m dik kleilagencomplex werd doorboord. In de boringen N 115 en N 117 komt op 13 m diepte nog een kleilaag voor van ca. 1,5 m dikte.

Uit het rapport van DE RIDDER blijkt, dat de op 26 m diepte voorkomende kleilaag vermoedelijk een grote verbreiding heeft, terwijl op grond van de bodemkaart ditzelfde gezegd kan worden van de leemformatie welke op geringe diepte aanwezig is. Van alle overige in het boorprofiel aangetroffen leem- of kleilagen valt omtrent de verbreiding niets met zekerheid te zeggen. Wil een klei- of leemlaag in hydrologisch opzicht voor de grondwaterbeweging van betekenis zijn, dan dient deze over een groot gebied een aaneengesloten laag te vormen.

Daar de bovenste leemlagen door het kanaal doorsneden worden of zullen worden en omtrent de verbreiding van andere storende lagen niet veel bekend is, dient er rekening mee gehouden te worden, dat onder het kanaalpand tussen de sluizen 2 en 3 dergelijke storende lagen op geringe diepte niet voorkomen en dat de grondwaterstroming betrekkelijk onbelemmerd kan plaatsvinden tussen maaiveld en de kleilaag welke op 26 m diepte begint.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

Het kanaalpeil van het onderhavige pand bedraagt 6,53 m + N.A.P. In de Aa is ongeveer midden tussen de beide sluizen een stuw aanwezig. Het peil in de zomer op het rivierpand beneden de stuw is ca. 3,80 m, terwijl dit boven de stuw ca. 4,80 m + N.A.P. bedraagt. Er bestaat dus een peilverschil van 1,70 à 2,70 m tussen het kanaal- en zomerstuwpeil van de Aa. De winterpeilen van de Aa zullen gemiddeld genomen niet veel afwijken van de zomerpeilen, daar de waterafvoer met de stuwen geregeld wordt. Evenwel kunnen de rivierpeilen tengevolge van een abnormale watertoevloed zowel in de zomer als in de winter belangrijk hoger liggen, zoals tussen 10 en 14 oktober 1960 het geval is geweest, toen boven en beneden de stuw waterstanden werden gemeten van ca. 6,30 m en 5,30 m + N.A.P. De hoge waterstanden in de rivier zijn voor het onderhavige probleem voor de gevolgen van peilverlaging van het kanaal niet van belang en zullen dan ook verder buiten bespreking blijven.

Uit de grondwaterstandskarten van de C.O.L.N. valt op te maken dat het gebied ten zuiden van het kanaalpand in de winter hoge grondwaterstanden heeft, namelijk minder dan 0,40 m beneden maaiveld.

In de zomer zakken deze tot iets meer dan 1 m beneden maaiveld. Ten noorden van het kanaal, in de betrekkelijk smalle strook dus tussen het kanaal en de Aa worden ongeveer dezelfde waarden voor de grondwaterstanden gevonden.

Figuur 1A geeft de plaatsen weer waar in een tweetal dwars-raaien het beloop van de grondwaterstand werd bestudeerd (zie figuur 6, raai 1 en 2).

In raai 1, die ca. 500 m bovenstrooms van sluis 2 is gelegen, werden de grondwaterstanden van 18-3-1959 en 16-6-1959 ingetekend. Het hoge kanaalpeil van 6,53 m + N.A.P. heeft weinig of geen invloed. Van kwel is vrijwel geen sprake. De zomerstand is vlak bij het kanaal ca. 4,70 m + N.A.P., een verschil met het kanaalpeil van ca. 1,80 m. De invloed van de Aa op het grondwater is slechts waarneembaar in een strook ter breedte van ca. 30 m.

In de diepboring N 118, welke in raai 1 is gelegen, op een afstand van 50 m van het kanaal en op 300 m vanaf de Aa, werden 3 buizen geplaatst met filters op respectievelijk 1,5, 16 en 29 m onder maaiveld. Het blijkt dat de stijghoogte in de middelste filter (zie figuur 2), dat zich op 16 m onder maaiveld bevindt steeds ca. 0,20 m lager is dan in de stijghoogte van het grondwater in het ondiepe filter. De stijghoogte in het diepste filter, dat zich op 29 m - m.v. bevindt, is in de winter hoger en in de zomer lager dan die in de andere filters. De ondiepe kleilaag blijkt dus een zekere afsluitende werking te hebben.

De invloed van de peilverlaging op de grondwaterstand valt op te maken uit de volgende gegevens:

grondwaterstand in de zomer	4,70 m
toekomstig kanaalpeil	4,48 m
zomerstuwpeil Aa	3,65 m

Er zal dus een verschil van 0,20 m bestaan tussen het kanaalpeil en de zomergrondwaterstand. Het kanaal zal steeds wateronttrekkend werken, hetgeen aanleiding zal geven tot iets lagere zomergrondwaterstanden.

De strook gronden waarop deze grondwaterdaling gaat optreden zal ten zuiden van het kanaal betrekkelijk smal zijn, wellicht 150 à 100 m breed. Tussen het kanaal en de Aa zal deze daling echter

groter zijn. Het lijkt niet uitgesloten dat zowel de winter- als de zomergrondwaterstand ca. 0,5 m lager zullen komen te liggen.

Ter plaatse van raai 2, welke ongeveer 500 m beneden sluis 3 is gelegen wordt een geheel andere situatie aangetroffen. Uit figuur 6 blijkt dat de wintergrondwaterstand niet beïnvloed wordt door het hoge kanaalpeil, doch dat de zomergrondwaterstand over een breedte van 100 m tengevolge van kwel uit het kanaal een zekere verhoging ondergaat. Aangezien de grondwaterstand in de zomer reeds 1,50 m - m.v. bedraagt, heeft deze verhogende invloed van het kanaal geen praktische betekenis.

Daar het gebied in de omgeving van sluis 3 bekend is door de voorkomende leemlagen, werden in de bestaande raai een drietal diepboringen verricht, (N 115, N 116 en N 117) waarin weer waarnemingsfilters werden geplaatst op 2 m, 18 m en 32 à 35 m onder maaiveld (respectievelijk de buizen III, II en I, zie ook figuur 2). De diepste filters staan dus onder het kleilagencomplex waarvan de top ongeveer 25 m - m.v. ligt. Uit de figuur van raai 2 blijkt dat de stijghoogte van het diepe grondwater in de diepe filters steeds 15 à 25 cm hoger is dan in de beide andere filters, terwijl de stijghoogte in het middelste filter steeds omstreeks 0,10 m hoger is dan in het ondiepste. De waarnemingen in de filters van N 115 tonen aan dat de kleilagen op een diepte van 25 m inderdaad als afsluitende laag kunnen worden beschouwd; het grondwater onder deze laag wordt nauwelijks beïnvloed door de wateronttrekking door de Aa.

Verwacht wordt dat de kanaalbodem in de toekomst ca. 1 m + N.A.P. komt te liggen, hetgeen betekent dat het leemlagencomplex, dat ondiep in het profiel aanwezig is, doorsneden zal worden. De verandering in de toestand wordt weergegeven door vergelijking van de volgende peilen:

zomer-grondwaterstand	5,50 m + N.A.P.
toekomstig kanaalpeil	4,48 m "
zomer-stuwpeil Aa	4,90 m "

Het blijkt, dat het kanaalpeil 1 m lager dan de zomergrondwaterstand komt te liggen. Bovendien ligt dit peil nog ca. 0,30 m lager dan het stuwpeil van de Aa. Bij deze toestand zal naar het kanaal dus een hoeveelheid water uit de Aa toestromen. In perioden van hoge

rivierstanden zullen deze hoeveelheden echter groter zijn.

De te verwachten schade

De gronden ter weerszijden van het kanaal bestaan deels uit goed vochthoudende bodemtypen, deels uit gronden van mindere hoedanigheden. Het gebied ter grootte van 380 ha waarin een grondwaterstands-daling wordt verwacht, staat aangegeven op figuur 5. Een groot deel hiervan, ca 150 ha, is met populieren begroeid. Hoe deze cultuur op de zich wijzigende hydrologische omstandigheden zal reageren is niet bekend. Door de hoge grondwaterstanden mag een ondiepe worteling verondersteld worden. Een grondwaterstands-daling zal groei-stagnatie kunnen veroorzaken, waarvan de bomen zich echter wel weer herstellen zullen, zodat de schade niet als blijvend behoeft te worden aangemerkt.

De overige 230 ha zal voor circa de helft een oogstdepressie lijden van 20% en voor de andere helft 10%, zodat deze gemiddeld 15% zal bedragen. Na aftrek van 7% blijvende depressie, resulteert een schade van gemiddeld 8%.

Wordt de bruto-opbrengst op $\text{f } 1\ 000,-/\text{ha}$ gesteld, dan betekent de peilverlaging van het kanaalpand een opbrengstdepressie van $230 \times 8/100 \times 1000 = \text{+ f } 18\ 400,-$ gemiddeld per jaar (ongerekend de populieren dus).

B. Het kanaalpand tussen de sluizen 3 en 4

De algemene situatie

Tussen de sluizen 3 en 4 loopt de Zuid-Willemsvaart niet meer door het dal van de Aa. De afstand tussen het kanaal en de rivier wordt groter. Deze bedraagt bij sluis 3 nog 300 m, doch is tot halverwege het kanaalpand aangegroeid tot 1500 m en is bij sluis 4 nog 1000 m. In de Aa bevindt zich ongeveer ter hoogte van de buurtschap Beug een stuw in de rivier, waarvan de spronghoogte ca. 1,40 m bedraagt.

De opbouw van de ondergrond

Langs het pand van de Zuid-Willemsvaart werden geen diepboringen verricht, zodat omtrent de opbouw van het bodemprofiel niet veel te zeggen valt. Er valt hoogstens te interpoleren tussen de boringen bij sluis 3 en een boring welke bij Veghel gelegen is. Als vrij

zeker mag worden aangenomen dat het pakket zwaklemige of niet leemhoudende matig fijne zanden ook weer ca. 13 - 15 m dik is, waarna grofzandig materiaal volgt met een laagdikte van eveneens 13 - 15 m. Onder deze laatste laag wordt meer aangetroffen de formatie waarin tussen sluis 2 en 3 het dikke kleilagencomplex werd aangetroffen. Er valt niet met zekerheid te zeggen of dit complex ook aanwezig is in de ondergrond van het kanaalpand tussen sluis 3 en 4.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

De gemiddelde zomergrondwaterstanden in de naaste omgeving van het kanaal liggen in de winter tussen 0,20 en 0,40 m onder maaiveld, doch zakken in de zomer weg tot dieper dan 1,40 m, behalve in de omgeving van Veghel waar ze omstreeks 1 m onder maaiveld zijn.

Het kanaalpeil bedraagt 8,52 m + N.A.P., terwijl het grondwater in de zomer langs het kanaaltracé ligt tussen 5,70 m bij sluis 3 en 7,60 m N.A.P. bij sluis 4. Er bestaat dus een peilverschil tussen de Zuid-Willemsvaart en het grondwater, dat 0,92 m bij sluis 4 en 2,72 m bij sluis 3 bedraagt.

Het zomerstuwpeil van de Aa, dat langs dit traject dus meer dan 1000 m ten oosten van de Zuid-Willemsvaart stroomt, bedraagt ca. 5 m + benedenstrooms van stuw 3 en 6,40 m + N.A.P. bovenstrooms van deze stuw. Het peilverschil van 2 en 3,5 m gerekend over een afstand van 1000 m zal geen waterverlies van bijzondere omvang teweegbrengen. Beheersend is hier het directe peilverschil tussen het kanaal en de grondwaterstanden. Er zal vooral bij sluis 3 onder invloed van het peilverschil in de zomer van 2,70 m veel water uit het nieuwe kanaal kwellen naar de omgeving.

De te verwachten schade

In figuur 5 werd de situatie weergegeven, afgeleid uit de isohypsenkaart voor een verse kanaalbodem. Het areaal waarbinnen grondwaterstijgingen mogen worden verwacht, beslaat omstreeks 600 ha. Hiervan wordt het zuidelijk van het kanaal gelegen gebied van 250 ha grotendeels ingenomen door populierenbossen.

Het ten noorden van het kanaal gelegen gebied, ± 350 ha groot, bestaat deels uit droogtegevoelige beekdalgronden en deels uit redelijk goed vochthoudende bodemtypen. De grondwaterstanden kunnen hier in de zomer zakken tot meer dan 1,40 m beneden maaiveld, zodat

een geringe grondwaterstandsverhoging voor deze gronden dus een voordeel zal kunnen opleveren. Bij de bestaande toestand bedraagt de opbrengstdepressie ca. 7%.

Wanneer geen maatregelen worden genomen om wateroverlast te voorkomen, bijvoorbeeld door een doelmatig onderhoud en aanvulling van het bestaande slotennet, dan zal de schade door de kwel uit het kanaal bij een gemiddelde oogstdepressie van $\pm 15\%$, waarvan dus na aftrek van de eerder genoemde 7% ca. 8% overblijft, bedragen: $350 \times 8/100 \times 1000 = \text{f } 28\,000,-$ per jaar, waarbij de oppervlakte beplant met populieren buiten beschouwing is gelaten.

C. Het kanaalpand tussen sluis 4 en 5

De algemene situatie

Het kanaalpand is ongeveer 5,5 km lang. Bij sluis 4, welke ter hoogte van Veghel is gelegen, is de rivier de Aa ongeveer 1000 meter van het kanaal verwijderd, doch op 1000 meter ten zuiden van deze sluis naderen rivier en kanaal elkaar tot op enkele tientallen meters en lopen dan over een afstand van 2500 m praktisch evenwijdig aan elkaar. Op het punt bij Keldonk waar de Aa in de richting van Erp van de Zuid-Willemsvaart afbuigt, begint het afwateringskanaal van de Kleine Aa.

In het gebied ten zuiden van het kanaal komen geen waterlopen van betekenis voor, behoudens de Kleine Aa.

De opbouw van de ondergrond

Op twee plaatsen langs het kanaal werden diepboringen verricht. Bij de boerderij gelegen ter hoogte van kilometerpaal 107 vlak bij stuw 4 in de Aa vond boring N 114 (raai 4, figuur 1A en 6) plaats terwijl op enige afstand beneden sluis 5 één boring op de kanaaldijk (N 112) en één (N 113) op ± 400 m ten westen van het kanaal werd verricht.

Deze boringen verschillen onderling enigszins. In boring N 114 werden geen leem- of kleilagen aangetroffen ondieper dan 27 m. Het profiel bestaat op die plek uit 16 m fijnzandig materiaal met weinig of geen slibbestanddelen, waarna grof zand volgt. In de boringen N 112 en N 113 werden wel fijnzandige en slibhoudende lagen aange-

troffen, terwijl in laatstgenoemde boring op een diepte van 3,5 m een ca. 1,75 m dikke kleilaag werd doorboord.

Deze drie boringen demonstreren de wisselvalligheid van de profielen op korte afstanden. Het grondprofiel in de boringen N 112 en N 113 aangetroffen kan als maatgevend worden beschouwd voor het kanaalpand tussen beide sluizen.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

Het peil van het pand tussen sluis 4 en 5 bedraagt 10,57 m + N.A.P. hetwelk tot 8,52 m + N.A.P. verlaagd zal worden. Als zomerstuwpeilen van de Aa werden aangehouden + 6,80 m beneden de stuw 4, welke ongeveer midden tussen de sluizen is gelegen, en + 8,20 m boven deze stuw (zie bijlage 2). In de nabijheid van sluis 5 bevindt zich in het afwateringskanaal van Boerdonk in de weg naar Keldonk de stuw 4A met peilen van 8,40 m en 9,60 m + N.A.P. Tussen de peilen van het kanaal enerzijds en de Aa en het afwateringskanaal anderzijds bestaan thans dus belangrijke verschillen: van + 4 m bij Veghel tot 2,30 m bij Keldonk (zie figuur 1B). Een peilverlaging van de Zuid-Willemsvaart van 2 m zal deze peilverschillen belangrijk reduceren. Beneden stuw 4 in de Aa blijft echter een peilverschil van 1,70 m bestaan bij een onderlinge afstand tussen de Zuid-Willemsvaart en de Aa van hoogstens 300 m. Aanvankelijk mag dus met een groot waterverlies naar de Aa worden gerekend.

De C.O.L.N.-grondwaterkaarten geven voor de gronden in de nabijheid van het kanaal in de winter grondwaterstanden van 0,20 - 0,40 m beneden maaiveld ten zuiden van het kanaal. De gronden ten noorden van het kanaal zijn in de omgeving van Veghel dieper ontwaterd, tot een diepte van 1,20 à 1,40 m onder maaiveld. In de zomerperiode daalt het grondwater tot 1,00 à 1,40 m en meer onder maaiveld, terwijl enkele hoge oude bouwlanden toch nog grondwaterstanden dieper dan 2 m blijven houden.

In figuur 6, raai 3 tot en met 5 werden de op 10/4 en 18/6'59 in de boorgaten gemeten grondwaterstanden ingetekend. Ook de in de diepboringen op 28/6 en 14/12'60 gemeten peilen staan vermeld. De standen van de diverse filters zijn weer aangegeven met de corresponderende romeinse cijfers. Ook deze figuren tonen aan, dat de

Zuid-Willemsvaart slechts weinig invloed uitoefent op de grondwaterstanden in de omgeving.

Bij een verlaging van het kanaalpeil van 10,57 m tot 8,52 m zal dit nieuwe peil over ca. $\frac{2}{3}$ van het pand hoger dan de gemiddelde zomergrondwaterstand komen te liggen, zodat dit langs dit traject, tengevolge van de verstoring van de afsluitende sliblaag op de kanaalbodem, in de naaste omgeving nog een zekere, zij het geringe, verhoging van de grondwaterstand tengevolge zal hebben.

Ongeveer vanaf het punt waar zich de stuw 4 (zie figuur 1A) in de Aa bevindt, komt het nieuwe kanaalpeil lager dan de huidige zomergrondwaterstand te liggen, welk verschil tot ongeveer 1 à 1,5 m bij sluis B aangroeit. In de gronden gelegen langs dit gedeelte van het kanaal kan dus een zekere grondwaterstands daling worden verwacht. Het gebied zal echter slechts klein zijn.

Het peil van het afleidingskanaal van Boerdonk boven stuw 4A komt in de zomer ongeveer een meter hoger te liggen dan het peil van de Zuid-Willemsvaart. Waterverlies uit dit afleidingskanaal mag dan ook worden verwacht.

De te verwachten schade

De gronden langs het kanaal bestaan in hoofdzaak uit lage zandgronden met een humeuze laag van meer dan 0,40 m dikte en voorts uit enkele complexen middelhoge oude bouwlanden bij de buurtschap Zijtaart en bij Keldonk. Dit zijn over het algemeen gronden van redelijk goede kwaliteit. Er doet zich dan ook geen droogteschade van betekenis voor. Slechts in de omgeving van de nieuwe sluis B komt verdroging voor op de ontginningsgronden, die hier nog juist de door het kanaal te beïnvloeden strook gronden raken.

Uit het voorgaande is reeds gebleken, dat de wijziging van het peil van de Zuid-Willemsvaart slechts beperkt zal blijven tot een klein gebied van ca. 50 ha ten westen van het kanaal gelegen tussen sluis B en het punt waar de Aa afbuigt naar Erp. Dit gebied heeft thans een opbrengstdepressie van ca. 10%. Indien het peil van het afleidingskanaal van de Kleine Aa ongewijzigd gehandhaafd blijft, zal de schade ten oosten van de Zuid-Willemsvaart vermoedelijk verwaarloosbaar gering zijn.

Zou deze situatie echter ingrijpend veranderen, door bijvoorbeeld het afleidingskanaal op de Zuid-Willemsvaart te laten afwateren, dan zal de peilverlaging ook in de omgeving van Keldonk droogteschade veroorzaken, eveneens op een oppervlak van ca. 50 ha, waarvan thans de gemiddelde opbrengstdepressie ook ca. 10% bedraagt. In dat geval zal in totaal 100 ha van droogte te lijden hebben. Wordt de schade op gemiddeld 15% gesteld en de normale bruto-opbrengst op $\text{f } 1\ 000,-/\text{ha}$, dan zal de gemiddelde jaarlijkse schade na aftrek van de huidige opbrengstdepressie $100 \times 5/100 \times 1000 = \text{f } 5\ 000,-$ bedragen.

D. Het kanaalpand tussen sluis 5 en 6

De algemene situatie

Ter hoogte van Boerdonk wordt de Kleine Aa door middel van een grondduiker onder de Zuid-Willemsvaart geleid. Op dit punt begint aan de noordoostzijde van het kanaal het afwateringskanaal van Boerdonk, dat de waterafvoer van de Kleine Aa verzorgt en dat op enige tientallen meters afstand evenwijdig aan de Zuid-Willemsvaart in de richting van sluis 5 loopt. De rivier de Aa bevindt zich op grote afstand van het kanaal en kan verder buiten beschouwing blijven. Het gebied langs het kanaal tussen sluis 5 en Boerdonk is vrij vlak. Bij Boerdonk bevindt zich echter een van zuidoost naar noordoost lopende hoge rug. Tussen deze rug en Donk is het gebied veel minder vlak; hoge bouwlandpercelen worden gescheiden door lage gronden waarin zich diverse kleine waterlopen bevinden.

De opbouw van de ondergrond

Ook langs dit pand zijn geen diepboringen verricht. Aangenomen kan worden dat zich geen grote afwijkingen in de algemene opbouw voordoen. Worden de boringen van N 110, N 111 en N 113 vergeleken, dan valt op dat in alle drie op ca. 3 m diepte een 1,5 m dikke kleilaag voorkomt, zodat de kans bestaat dat deze ook langs het tussen deze boringen gelegen tracé van de Zuid-Willemsvaart aanwezig is. Het nieuwe kanaal zou dan met een diepte van 3,5 m deze kleilaag nog niet doorsnijden. Zoals echter reeds meerdere malen is opgemerkt bestaat over de aan- of afwezigheid van zulk een kleilaag geen zekerheid.

Het fijnzandige grondpakket heeft langs dit kanaalpand een dikte van ca. 17 m, waaronder dan weer een ca. 7 m dikke laag grofzandig materiaal voorkomt, alvorens de formatie wordt bereikt waarin tussen de sluizen 2 en 3 de dikke kleilagen worden aangetroffen. Deze werden in de boringen N 111 niet aangeboord. Het is derhalve niet waarschijnlijk dat dergelijke kleilagen met een zekere uitgestrektheid zullen voorkomen, zodat aangenomen kan worden dat het watervoerend grondpakket een grote dikte heeft.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

De grondwaterstanden in het gebied langs het pand tussen de sluizen 5 en 6 van de Zuid-Willemsvaart bewegen zich in het gebied tussen sluis 5 en Boerdonk in de winter tussen de 0,40 en 0,70 m onder maaiveld, terwijl iets verder ten oosten van het kanaal een complex gronden ligt met nog iets hogere wintergrondwaterstanden. In de zomer komen grondwaterstanden voor tussen 1 m en 1,40 m onder maaiveld, plaatselijk nog iets dieper. De hoge rug bij Boerdonk heeft in de winter en in de zomer diepe grondwaterstanden, zodanig dat deze het gehele jaar door dieper dan 1 m onder maaiveld blijven.

Ten zuiden van deze rug ligt het gebied, waarvan reeds gemeld werd, dat het betrekkelijk geïsoleerde hoge bouwland koppen heeft binnen een grillig patroon van lage gronden, waar zich ook de waterloopjes bevinden. De lage gronden hebben 's winters grondwaterstanden tussen 0,20 en 0,40 m en in de zomer omstreeks 0,70 m onder maaiveld. In de hoge bouwlanden zijn de grondwaterstanden in het algemeen ca. 0,70 m dieper.

Een verhoging van de grondwaterstand tengevolge van kwel uit het nieuwe kanaal zal langs de hele lengte van het pand zekere risico's met zich brengen, slechts voor de gronden op de hoge rug bij Boerdonk bestaat hiervoor geen gevaar.

De gemiddelde zomergrondwaterstand langs het tracé van de Zuid-Willemsvaart beweegt zich langs dit pand tussen 9,70 m en 12,70 m+. Bij het huidige tevens toekomstige kanaalpeil van 12,75 m+N.A.P. betekent dit dat er een schijnbare verhoging zal optreden van 3 m bij sluis 5, terwijl dit verschil bij stuw 4b in het afleidingskanaal van Boerdonk 1,70 m bedraagt en bij de lage gronden nabij de grond-duiker van de Kleine Aa 1 m. Aanvankelijk zal dus op een niet onbe-

langrijke kwel gerekend moeten worden.

Voorts dient hier niet onvermeld te blijven dat het peilver-
schil tussen de Zuid-Willemsvaart en het afleidingskanaal van Boer-
donk tussen sluis 5 en stuw 4b 3,10 m en boven deze stuw 1,50 m be-
draagt. Gezien het feit dat de afstand tussen beide kanalen slechts
50-100 m bedraagt mag een groot waterverlies van uit de Zuid-Willems-
vaart naar het afwateringskanaal worden verwacht. Blijft het afwate-
ringskanaal in tact dan zouden de gronden ten oosten daarvan van een
grondwaterstandsverhoging weinig of geen hinder ondervinden.

De te verwachten schade

De gronden tussen sluis 5 en Boerdonk bestaan vooral ten westen
van het kanaal uit middelhoge zwaklemige fijnzandige ontginningsgron-
den, waarop thans geen oogstdepressies van betekenis voorkomen, ter-
wijl ten oosten daarvan, in de omgeving van Keldonk, deels humeuze
deels weinig humeuze en lemige lage bodemtypen voorkomen, eveneens
zonder oogstdepressies van belang. Op de hoge rug bij Boerdonk zelf
komen hoge zwaklemige oude bouwlanden voor welke gemiddeld jaarlijks
opbrengstdepressies geven van ca. 15%. Ten zuiden van deze weg treft
men een gebied aan van humeuze lage gronden en hogere oude bouwlanden.

Een zekere grondwaterstandsverhoging in de zomer bij de ontgin-
ningsgronden zou wel voordelig zijn, doch voor de lage gronden zouden
daaruit spoedig nadelige gevolgen voortvloeien.

Wanneer het afwateringskanaal van Boerdonk gehandhaafd blijft
langs het nieuwe verbrede kanaal, dan zal op de gronden ten oosten
van de Zuid-Willemsvaart en ten noorden van Boerdonk geen schade van
betekenis behoeven te worden verwacht. Vervalt dit kanaal dan zou op
een oppervlakte van ca. 130 ha, na aftrek van 7% blijvende opbrengst-
depressie tengevolge van de terreinsongelijkheid, een schade van ge-
middeld 3% kunnen optreden ten bedrage van $0,03 \times 130 \times 1000 =$
 $= \text{ƒ } 3\ 900,-$ gemiddeld per jaar.

Ten westen van de Zuid-Willemsvaart en tussen de hoge rug van Boer-
donk en Donk zullen grondwaterstandsverhogingen zeker verwacht mogen
worden. Indien daartegen geen voorzieningen getroffen worden zal de
schade gemiddeld eveneens 3% bedragen ca. op 250 ha of $0,03 \times 250 \times$
 $\times 1000 = \text{ƒ } 7\ 500,-$ gemiddeld per jaar. In het ongunstigste geval zou

dus een gemiddeld jaarlijkse schade van f 11 400,- op een gebied van 380 ha langs het besproken pand van de Zuid-Willemsvaart mogen worden verwacht.

E. Het kanaalpand tussen sluis 6 en de nieuwe sluis C

De algemene situatie

Vanaf sluis 6 zal volgens de plannen het kanaal een nieuw tracé volgen teneinde ten oosten van Helmond te worden omgeleid. Hierbij zal sluis 6 komen te vervallen zodat het kanaalpeil verlaagd zal worden van 14,95 m tot 12,75 m + N.A.P. Een nieuwe sluis C zal gebouwd worden op ca. 2000 m bovenstrooms van sluis 6.

De rivier de Aa stroomt hier op enkele tien- tot honderdtallen meters afstand evenwijdig aan het kanaal. Ter hoogte van Beek bij het landgoed "Eykenlust" bevindt zich een stuw in de rivier. De rivier stroomt dan verder in noordelijke richting, zich daarbij van het kanaal verwijderend. Voor de stuw begint een afleidingskanaal dat over een afstand van 500 m parallel vlak langs de kanaaldijk loopt om daarna ten oosten om Donk heen buigend door middel van een aflaatwerk in de Zuid-Willemsvaart uit te monden.

De opbouw van de ondergrond

Bij dit kanaalpand werden 2 diepboringen verricht, N 111 in de noordelijke kanaalberm en N 110 op 600 m ten noordoosten daarvan. N 111 is gelegen op het punt waar het afwateringskanaal weer van de Zuid-Willemsvaart afbuigt in de richting van Donk. In deze boring werd op een diepte van 3 m een ca. 2 m dikke kleilaag aangetroffen. In N 110 begint eveneens op ongeveer 3 m onder maaiveld een kleilagencomplex, dat hier echter in totaal 4,5 mdik is. Onder deze kleilagen komt weer het gewone zwakleemhoudende matig fijnzandige pakket voor tot een diepte van 20 m onder maaiveld. Een dergelijke kleilaag werd ook in boring N 109 aangetroffen, zodat het aannemelijk lijkt om in dit gebied een min of meer samenhangend kleilagencomplex te veronderstellen.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

Het toekomstig kanaalpeil en het huidige zomerstuwpeil van de Aa en het afwateringskanaal zijn alle ongeveer gelijk aan 12,75 m

+ N.A.P. Het huidige gemiddelde grondwaterpeil in de zomer ligt ongeveer gelijk met het toekomstige kanaalpeil. In de winter ligt dit ca. 0,75 m hoger.

De grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld in de omgeving van het kanaaltracé variëren van 0,70 - 1,40 m in de zomer tot 0 - 0,40 m in de winter.

In figuur 6, raai 6, zijn de grondwaterstanden waargenomen op 18-6 en 10-4-1959 weergegeven. Tevens werden aangegeven de waarnemingen in de peilfilters op 28-6 en 28-11-1960, welke in de diepboringen werden geplaatst. De waterstand in de ondiepe peilbuis van boring N 111 staat sterk onder invloed van het afwateringskanaal en de Zuid-Willemsvaart, zodat ten aanzien van de invloed van de op enige meters diepte aangetroffen kleilaag weinig gezegd kan worden. De peilwaarnemingen in boring N 110 geven zelfs bij de winterwaarneming slechts kleine peilverschillen tussen diepe en ondiepe filters te zien. Het op 3 meter diepte beginnende ca. 4,5 m dikke kleilagencomplex blijkt dus weinig invloed te hebben, zodat daaraan ook geen grote betekenis als afsluitende laag kan worden toegekend.

Uit het beloop van de grondwaterspiegel aan de oostzijde van het kanaal blijkt dat er weinig water uit het kanaal kwelt. De kanaalbodden is dus ook hier weer slecht doorlatend.

De gevolgen voor de aanliggende gronden gelegen ten westen van het kanaal van een peilverlaging van 14,95 m tot 12,75 m + N.A.P. werden zo goed mogelijk weergegeven in figuur 5. De gevolgen voor de gronden ten oosten van het huidige kanaaltracé zullen afhangen van de wijzigingen in de loop van de Aa die eventueel zullen worden aangebracht. Het verlengen van het pand tussen sluis 5 en 6 tot aan de nieuwe sluis C opent de mogelijkheid om een aflatwerk in de Aa te construeren bij de nieuwe sluis C. Hierdoor zou het afleidingskanaal tussen de stuw bij "Eykenlust" en Donk kunnen komen te vervallen. In dit geval zal ook ten oosten van het kanaal een grondwaterdaling mogen worden verwacht. Blijft de situatie zoals die thans is dan zullen de Aa en het afwateringskanaal, indien de peilen blijven zoals ze thans zijn, de strook gronden waarop grondwaterstandsdalingen zullen voorkomen beperken tot die gronden gelegen tussen de rivier de Aa en het afleidingskanaal en de Zuid-Willemsvaart.

De te verwachten schade

De gronden langs het kanaaltracé bestaan een deels uit middel-hoge lemige oude zandbouwlanden, lage leemhoudende zandgronden en het beekdalcomplex. Vooral de laatste groep van bodemtypen is gevoelig voor een grondwaterstands daling. De overige zijn dat in veel mindere mate.

Reeds thans komen op de gronden langs het kanaal oogstdepressies voor door te hoge grondwaterstanden in het voorjaar en in de zomer. Een zekere daling daarvan kan derhalve een voordeel betekenen. Daar de huidige zomergrondwaterstanden ongeveer overeenkomen met het toekomstige kanaalpeil wordt geen noemenswaardige schade tengevolge van de peildaling verwacht. De wintergrondwaterstanden in de directe omgeving van het kanaal zullen wellicht iets worden verlaagd, doch dit zal slechts ten voordele van de situatie werken. Bovendien komt er voor het gebied ten westen van de Zuid-Willemsvaart nog bij, dat vele gronden voor de woningbouw bestemd worden.

Resumerend kan dus vastgesteld worden, dat geen nadelige invloeden van de peildaling en de tracéverlegging van de Zuid-Willemsvaart voor de gronden gelegen tussen sluis 6 en sluis C worden verwacht.

F. Het kanaalpand tussen de nieuwe sluizen C en D

De algemene situatie

Vanaf sluis C tot sluis D volgt de Zuid-Willemsvaart een geheel nieuw tracé, sluit ter plaatse van het punt van samenvloeiing van de Aa en de Bakelse Aa op het tracé van eerstgenoemde rivier aan en volgt deze dan tot sluis D die op ongeveer 500 m ten zuiden van de spoorlijn Helmond-Deurne gebouwd zal worden.

In de Aa komen binnen het toekomstig kanaaltraject tussen de sluizen C en D drie stuwen voor, waarvan stuw 10 gelegen is onder de brug in de weg van Aarle naar Bakel, dus ca. 500 m ten westen van het nieuwe kanaaltracé, terwijl stuw 11 bij de Dierdonkse Beemden op ongeveer 900 m stroomopwaarts van het punt van samenvloeiing met de Bakelse Aa is gelegen. Op dit punt van samenvloeiing komt er in de Bakelse Aa eveneens een stuw voor. Tenslotte is stuw 12 gelegen onder de spoorbrug in de lijn van Helmond naar Deurne (zie figuur 1A).

De opbouw van de ondergrond

Langs het nieuwe kanaaltracé werden twee diepboringen verricht, N 109 gelegen 900 m ten oosten van het punt van uitmonding van het Wilhelminakanaal in de Zuid-Willemsvaart en N 108 ca. 500 m ten noorden van de meergenoemde spoorlijnbrug over de Aa.

Van het gebied ten oosten van Helmond is vrij veel omtrent de ondergrond bekend uit diepboringen ten behoeve van het pompstation van de waterleiding aldaar. Boring N 108 komt met de andere boringen vrijwel overeen. Op 3 - 5 m onder maaiveld komen in dit gebied leem- of kleipakketten voor van 3 - 4 meter dikte. Dieper in het profiel komen nog meerdere leem- of kleilagen voor van wisselende dikte. De grofzandige formatie van Veghel begint ongeveer op 20 meter beneden maaiveld.

Ook in boring N 109 wordt op enige meters beneden maaiveld een dikke kleilaag aangetroffen, terwijl evenals in boring N 108 dieper in het profiel nog meer kleilagen voorkomen. Ook hier begint de grofzandige laag op omstreeks 20 m onder maaiveld.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

De Zuid-Willemsvaart zal op het nieuwe tracé tussen de sluizen C en D een peil krijgen van 14,95 m + N.A.P. De zomerpeilen in de diverse riviervakken van de Aa zijn ongeveer als volgt (zie figuur 1B en bijlage 2)

stuw Eykenlust - stuw Aarle	12,75 - 13,00 m + N.A.P.
stuw Aarle - stuw Dierdonkse Beemden	13,80 - 14,00 m + N.A.P.
stuw Dierdonkse Beemden - stuw Spoorlijn	15,10 - 15,30 m + N.A.P.
stuw Spoorlijn - sluis D	16,00 - 16,10 m + N.A.P.

Een kanaalpeil van 14,95 m + houdt in, dat dit tot de stuw 11 bij de Dierdonkse Beemden boven het rivierpeil zal komen te liggen. Na deze stuw tot die welke onder de spoorbrug is gelegen, is het peil een weinig lager en na deze laatste stuw ongeveer 1 m lager dan het zomerstuwpeil van de rivier.

De grondwaterstanden langs het nieuwe kanaaltracé van sluis C tot de stuw bij de Dierdonkse Beemden zijn in de winter hoger dan 0,40 m onder maaiveld en in de zomer 0,40 - 1,00 m onder maaiveld. Op dit traject ligt het kanaalpeil 1 - 2 m hoger dan de grondwaterstanden.

Vanaf de stuw bij de Dierdonkse Beemden doorsnijdt het kanaal-tracé, dat hier zoals eerder uiteengezet werd, samenvalt met dat van de Aa-omleiding ten oosten van Helmond, hoge gronden, waarvan de grondwaterstanden in de winter dieper dan 0,70 à 1,00 m en in de zomer dieper dan 1,40 m beneden maaiveld zijn. Het kanaalpeil is in dit gedeelte van het tracé 0,50m tot 1,50m lager dan het rivierpeil, zodat de wateronttrekkende werking van de toekomstige Zuid-Willemsvaart op zijn omgeving sterker zal zijn dan die van de Aa thans.

Raai 7 van figuur 6 is 500 m ten zuiden van het punt gelegen, waar het Wilhelminakanaal met de Zuid-Willemsvaart samenkomt. Ingetekend zijn de grondwaterstanden gemeten in boorgaten op 10-4 en 8-7-1959. Boring N 109 is in deze raai gelegen op ca. 900 m ten westen van het kanaal. In deze boring werden vier waarnemingsfilters geplaatst op verschillende diepte. Tussen de filters bevinden zich kleilagen (zie figuur 2). De weergegeven waarnemingen zijn verricht op 28-6 en 28-11-1960. Er bestaat tussen de waarnemingen van de stijghoogte van het water in de verschillende lagen (filters I t/m IV) een vrijwel constant peilverschil. De verschillende in het profiel voorkomende kleilagen hebben dus een zekere afsluitende werking. De stijghoogte van het grondwater in filter I blijkt tijdens de periode tussen 28-6 en 28-11-1960 vrijwel constant 0,20m hoger te zijn dan in filter II en ca. 0,30 m hoger dan in filter III, doch het verschil in stijghoogte van het grondwater in de filters I en IV fluctueert onder invloed van de regenval en de afvoer door de Aa en het slotenstelsel van 0,48m op 28-6 tot 0,80m op 28-10, om dan weer geleidelijk terug te lopen tot 0,68m op 28 november. Een storing in de ondergrond die voor het geschetste bedrag van het grondwater verantwoordelijk is moet niet uitgesloten worden geacht. Een duidelijker aanwijzing daarvoor ontbreekt echter vooralsnog. De situatie maakt voorts nog duidelijk dat er van uit de grofzandige lagen (filter I) een verticaal naar boven gerichte stromingscomponent aanwezig is. De doorlaatfactoren van de kleilagen bepalen de hoeveelheden water die uit de diepere grondlagen omhoog kwellen. Deze omstandigheid biedt mede een verklaring voor de hoge grondwaterstanden in het gebied, waardoor een dicht slotennet noodzakelijk is. De aanwezigheid van de op 6 m diepte voorkomende kleilaag en het slotennet ver-

klaart ook het kleine peilverschil tussen de Aa en het grondwater op enige afstand van de rivier. Dit feit en dat van het relatief grote peilverschil tussen de stijghoogte van het grondwater in filters III en IV van boring N 109 rechtvaardigt de, zij het voorzichtige, conclusie dat de eerdergenoemde ondiepe kleilaag beschouwd mag worden als een slecht doorlatende laag, die zich over een zekere niet te verwaarlozen oppervlakte uitstrekt.

Raai 8 kruist de Aa op een punt ca. 250 m benedenstrooms van de stuw bij de Dierdonkse Beemden. Opvallend is hier het steile verhang van de grondwaterspiegel bij de Aa. Dit verschijnsel komt nog sterker naar voren bij raai 9, welke op ca. 500 m ten noorden van de spoorlijn gelegen is. Dit zou er op wijzen dat de Aa een groot stroomveld aansnijdt. De gevolgtrekking hieruit is een geringe afsluitende werking van de in het profiel voorkomende kleilagen. Deze zouden derhalve meer een lensvormig karakter hebben. Ook de geringe stijghoogteverschillen in de waarnemingsfilters van boring N 108 wijzen in deze richting.

De te verwachten schade

Vanaf sluis C tot aan het punt waar de Bakelse Aa in de Aa uitmondt loopt het toekomstige kanaaltracé door lage gronden, waarin zoals uiteengezet hoge grondwaterstanden kunnen voorkomen, doch waarop thans gemiddeld jaarlijks geen opbrengstdepressies groter dan 10% voorkomen. Het kanaalpeil zal op dit traject 1 - 2 m hoger komen te liggen dan de gemiddelde zomergrondwaterstand. De verse kanaalbodem zal dan aanleiding geven tot kwel naar de aangrenzende gronden. Een verhoging van de grondwaterstand in deze omgeving zal dan aanleiding geven tot wateroverlast. In figuur 5 staat aangegeven in welk gebied een grondwaterstandsverhoging mag worden verwacht. Dit gebied zal circa 150 ha groot zijn. Wanneer hiertegen geen afdoende maatregelen worden getroffen dan zullen daardoor opbrengstdepressies van gemiddeld 20% kunnen optreden, zodat de jaarlijkse schade, weer na aftrek van 7% blijvende depressie, ca. $150 \times 1000 \times 0,13 = \text{f } 19\,500,-$ bedraagt.

In het gebied tussen de Bakelse Aa en sluis D loopt het kanaal langs het bestaande Aa-tracé, waarbij kanaal- en rivierpeil weinig

verschillen. De grondwaterstanden in dit gebied zijn reeds diep, terwijl een belangrijk deel van de gronden voor de woningbouw bestemd zal worden. De grondwaterverlaging door het kanaal in een gebied van ca. 100 ha toewegebracht zullen geen noemenswaardige schade aan de landbouw veroorzaken.

G. Het kanaalpand tussen de nieuwe sluis D en de nieuwe sluis E

De algemene situatie

Vanaf sluis D loopt het toekomstigekanaaltraject in de richting van de bocht in de Zuid-Willemsvaart ten zuiden van Stipdonk en sluit daar weer op het bestaande tracé aan. De Aa-omleiding bij Helmond loopt hier op 150 - 400 m afstand ten westen van het nieuwe kanaaltracé en kruist dit tweemaal met een paar wijde bochten.

Na het punt waar het nieuwe kanaaltracé weer de oude Zuid-Willemsvaart volgt stroomt de Aa op 250 - 300 m ten oosten van het kanaal. Bij Stipdonk bevindt zich stuw 14 in de Aa en begint een afleidingskanaal naar de Zuid-Willemsvaart. Ongeveer 1500 m benedenstrooms van de stuw bij Stipdonk bevindt zich in de Aa het verdeelwerk 13, op welk punt de Aa-omleiding ten oosten van Helmond begint.

De nieuwe sluis E zal vermoedelijk gebouwd worden op \pm 400 m ten noorden van sluis 10, op een punt waar de hoge gronden bij Lierop tot aan de Zuid-Willemsvaart komen. Het oude kanaaltracé ligt hier op het westelijke overgangsgebied van het dal van de Aa naar de hoge gronden.

De opbouw van de ondergrond

Nabij kilometerpaal 79,9 langs de Rijksweg Helmond-Weert werden in een raai loodrecht op het kanaal in boorgaten grondwaterstands-waarnemingen en drie diepboringen verricht. N 105 is gelegen aan de westzijde van de op de kanaaldijk gelegen rijksweg, terwijl N 106 ca. 500 m ten westen en N 107 ca. 400 m ten oosten van dit punt gelegen zijn. In deze boringen werden waarnemingsfilters geplaatst (zie figuur 2).

In N 105 en N 107 werd op respectievelijk 7,5 en 10 m - m.v. (13 m + N.A.P.) een kleilagencomplex van enkele meters dikte aangetroffen, terwijl in boring N 106 op 15 m diepte een leemhoudende fijnzandige laag van 4 m dikte werd doorboord. Het grove zand werd

op 20 - 23 m onder maaiveld aangetroffen (ca. 2 m + tot 1 m - N.A.P.).

De peilwaarnemingen in de filters tonen een duidelijk verschil aan tussen N 107 ten oosten en N 106 ten westen van de Aa. In N 107 is de stijghoogte van het grondwater in het diepste filter tijdens de periode 28 juni tot 14 december 1960 gemiddeld 0,30 m hoger dan in het middelste, en 0,42 m hoger dan in het ondiepste filter. In boring N 106 echter is de stijghoogte van het grondwater in het diepste filter over dezelfde periode gerekend gemiddeld 0,41 m lager dan in het middelste en in het ondiepste filter. In boring N 105, welke vlak naast het kanaal is gelegen, is de stijghoogte van het grondwater in het diepste filter in de periode 28-6 - 28-9 3 à 4 cm lager en in de periode 28 september - 14 december 6 cm hoger dan in het middelste filter. De stijghoogte in het ondiepste filter wordt sterk beïnvloed door het peil van de bermsloot welke langs de kanaaldijk is gelegen.

De principiële verschillende stijghoogteverhouding tussen het diepe en het ondiepe water in de waarnemingsfilters van N 106 en N 107 wijst weer in de richting van een storing in de ondergrond. In dit geval kon door DE RIDDER aan de hand van een mineralogische analyse van de genomen grondmonsters inderdaad zulk een storing worden aangetoond. Deze, de "Storing van Asten", loopt midden tussen beide boringen door.

Uit de gegevens van de diepboringen N 105 en N 107 blijkt, dat op een peil van ca. 14 m + N.A.P. kleilagen voorkomen waaraan een zekere afsluitende werking kan worden toegekend. In N 106 zou zulk een laag dieper zitten en wel op ca 7 m + N.A.P.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

Op het traject van sluis D tot de aansluiting op het oude kanaaltracé bij Stipdonk zal het kanaal ongeveer de rivier de Aa volgen. In de omgeving van sluis D komen lage grondwaterstanden voor, doch al spoedig worden de laag gelegen graslanden ten westen van Brouwhuis doorkruist met grondwaterstanden van omstreeks 1 m - m.v. in de zomer en 0,50 m - m.v. in de winter. Het toekomstig kanaalpeil van 18,65 m + zal tot het aansluitpunt op het oude tracé ongeveer gelijk met de terreinhoogte of 0,50-0,80m daar beneden komen te liggen.

Het zomerstuwpeil van de Aa vanaf stuw 12 bij de spoorlijn tot stuw 13 bij het verdeelwerk waar de omleiding rond Helmond begint is ca. 16,00 m + en vanaf dit verdeelwerk tot de stuw 14 bij Stipdonk ca. 17,00 m + N.A.P. Het kanaalpeil ligt dus 2,65 m respectievelijk 1,65 m hoger dan het zomerpeil van de Aa. Tussen sluis D en stuw 14 bij Stipdonk ligt de gemiddelde zomergrondwaterstand tussen 16,70 m + en 17,90 m + N.A.P., zodat het kanaalpeil 0,75 - 2 m hoger is.

Boven de stuw 14 bij Stipdonk volgt de Zuid-Willemsvaart de westelijke zijde van het dal van de Aa. De afstand tot de rivier bedraagt ca. 250 à 300 m. De grondwaterstanden in de lage gronden langs de Aa en het kanaal schommelen in de winter tussen 0,20 en 0,40 m en in de zomer tussen 0,70 en 1,00 m - m.v. De hoge gronden oostelijk van het kanaal hebben steeds diepe grondwaterstanden.

Het peil van het kanaal zal in de toekomst worden verlaagd van 20,47 m + tot 18,65 m + N.A.P. Het zomerstuwpeil van de Aa bedraagt tussen de stuw 14 bij Stipdonk en de stuw 15 bij sluis 10 ca. 18,40 - 18,60 m + N.A.P. Het kanaalpeil zal echter bij de nieuwe sluis E ca. 1,85 m lager komen te liggen dan de grondwaterstand in de zomer thans is. In de buurt van Stipdonk zijn de peilen van het kanaal en het grondwater ongeveer gelijk. De wintergrondwaterstanden zullen ca. 1 m hoger liggen dan die van de zomer, zodat de verschillen daarvan met het kanaalpeil met een overeenkomstig bedrag vergroot worden.

Raai 10 van figuur 6 geeft het grondwaterstandsbeloop op 3 april en 3 juli 1959, terwijl tevens de grondwaterstanden van de diepboringen van 28 juni en 14 december 1960 werden ingetekend. Ook uit deze figuur blijkt dat er tussen het rivier- en het grondwaterpeil op 150 à 200 m afstand van de rivier een groot verschil bestaat, namelijk; ca. 2 m.

De te verwachten schade

Het kanaalpand tussen de sluisen D en E loopt over een belangrijk gedeelte van zijn lengte langs en door de beekdalgronden van de Aa. In het nieuwe gedeelte, waar het kanaalpeil hoger is dan de zomergrondwaterstand, zal weer gevaar bestaan van verhoging daarvan, tenzij de geëigende maatregelen voor ontwatering worden toegepast.

Wanneer gerekend wordt dat aan het Aa-tracé en de peilen van de rivier geen grote wijzigingen worden aangebracht, dan zal een grondwaterstandsverhoging ten oosten van de rivier op een oppervlak van ca. 80 ha zich kunnen voordoen, zoals in figuur 5 staat aangegeven. Indien hiertegen niets ondernomen wordt dan kan daarvan een opbrengstdepressie van gemiddeld 15% het gevolg zijn. Na aftrek van 7% blijvende depressie zal een gemiddelde jaarlijkse schade van $80 \times 1000 \times 0,08 = \text{f } 6\,400,-$ optreden.

Op het traject vanaf Stipdonk tot sluis E zal de grondwaterstandsverlaging merkbaar zijn op ca. 150 ha. Hiervan zal echter ca. 100 ha schade ondervinden, omdat op de overige 50 ha de grondwaterstanden reeds te laag zijn om van invloed te kunnen zijn op de gewasgroei. Tengevolge van de daling van het grondwater zullen deze gronden grotendeels ongeschikt worden voor het gebruik als grasland en zal zich gemiddeld een opbrengstdepressie van 25% voordoen. Door de gebruikers zal dus compensatie voor het verlies aan grasland-areaal elders gezocht moeten worden. Als bouwland gebruikt zullen deze gronden minder van droogte te lijden hebben.

De te verwachten jaarlijkse schade zal na aftrek van 7% blijvende depressie voor het gebruik als grasland $100 \times 1000 \times 0,18 = \text{f } 8\,000,-$ gemiddeld per jaar bedragen.

H. Het kanaalpand tussen de nieuwe sluis E en sluis 11

De algemene situatie

De Zuid-Willemsvaart loopt tussen sluis E en sluis 11 op ongeveer 100 à 150 m afstand evenwijdig aan de rivier de Aa en ligt op de linkerzijde van het Aa-dal. In de bocht van het kanaal even ten zuiden van sluis 10 bevindt zich een gebied van lage gronden, waar een oude Aa-bocht ten westen van het kanaal is gelegen en waar de Kleine Aa op aansluit. De Kleine Aa wordt beneden sluis 10 door middel van een grondduiker onder de Zuid-Willemsvaart door geleid en mondt even benedenstrooms van stuw 15 in de Aa uit. In het kader van ruilverkavelingswerken werden in deze situatie verbeteringen aangebracht.

De opbouw van de ondergrond

Langs dit kanaalpand werden geen diepboringen verricht. Op grond van de boringen N 105/107 en van de bij Someren gelegen boring N 104

kan aangenomen worden dat de opbouw van het bodemprofiel dezelfde is als in deze boringen werd aangetroffen. Dat wil dus zeggen een matig fijnzandige bovenlaag van ongeveer 25 m dikte waarin lagen met meer fijnzandig en leemhoudend materiaal en vermoedelijk enkele kleilagen. Vanaf 25 m onder maaiveld grof zand.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

In figuur 1A werden de gegevens betreffende de grondwaterstanden het kanaalpeil en het zomerstuwpeil van de Aa vermeld. Het kanaalpeil bedraagt thans 22,48 m +, terwijl het zomerstuwpeil van de Aa tussen de stuwen 15 en 16, die gelegen zijn bij sluis 10, respectievelijk sluis 11 zich beweegt tussen 20,50 en 20,80 m + N.A.P.

In de toekomst zal het kanaalpeil tussen sluis E en sluis 11 gebracht worden op 22,05 m + N.A.P. Dit betekent dat tussen de nieuw te bouwen sluis E en sluis 10 een verhoging van het peil van 1,58 m zal worden tot stand gebracht en voor het gedeelte van het kanaal tussen de sluizen 10 en 11, een verlaging van 0,43 m.

De gemiddelde zomergrondwaterstand bij het kanaal zal na de peilwijziging bij sluis E ongeveer 1,55 m lager en bij sluis 11 ca. 0,15 m hoger dan het kanaalpeil komen te liggen. De gemiddelde wintergrondwaterstand ligt ca. 0,50 - 0,80 m hoger dan die in de zomer.

De ontwateringsdiepte van de aanliggende gronden is voor die, welke gelegen zijn in het dal van de Aa en bij het punt van samenvloeiing van de Kleine Aa, in de zomer omstreeks de 0,70 à 1,00 m onder maaiveld en plaatselijk zelfs wat hoger. In de winter zijn de grondwaterstanden meest hoger dan 0,40 m onder maaiveld. De hoge gronden ten westen van het kanaal hebben een diepere ontwatering die zelfs in de winter tot meer dan 2,00 m onder maaiveld ligt.

De te verwachten schade

Zoals uit het voorgaande bleek zal op een groot deel van het kanaalpand een geringe verlaging van het peil tot stand worden gebracht. Het verwijderen van de slecht doorlatende sliblaag op de kanaalbodem bij het verdiepen en verbreden van het kanaal zal echter hetzelfde effect hebben als een verhoging van het kanaalpeil ten opzichte van de gemiddelde zomergrondwaterstand met 1,55 m bij sluis 10 tot 0 m voor sluis 11.

Ter plaatse waar echter het grootste bezwaar van uit het kanaal

kwellende water zou kunnen worden ondervonden lopen de Aa en de Kleine Aa op korte afstand evenwijdig aan de Zuid-Willemsvaart en vormen, indien de bestaande toestand gehandhaafd blijft, een begrenzing van een eventueel optredend schadegebied. Verwacht mag dan ook worden dat langs het onderhavige kanaalpannd een betrekkelijk smalle strook grond kans loopt wateroverlast te ondervinden van kwel uit het nieuwe kanaal. Bovendien zullen de hoge gronden, tengevolge van een reeds diepe ontwateringstoestand geen hinder van een hogere grondwaterstand ondervinden. Het oppervlak aan gronden waar een grondwaterstandsverhoging wel schade zou kunnen veroorzaken zal ca. 80 ha bedragen.

De gronden welke in het Aa-dal liggen zijn weer van het type van het beekdalcomplex. Een verhoging van de huidige zich reeds dicht bij een optimale ontwateringsdiepte bevindende grondwaterstand zal resulteren in wateroverlast, waardoor op een opbrengstdepressie van gemiddeld 20% gerekend moet worden, waarvan 7% als blijvend kan worden aangemerkt.

Wanneer geen maatregelen ter ontwatering worden getroffen zal een schade van $80 \times 1000 \times 0,13 = \text{f} 10\,400,-$ per jaar daarvan het gevolg kunnen zijn.

I Het kanaalpannd tussen sluis 11 en de nieuwe sluis F

De algemene situatie

Na sluis 11 bevindt zich in de Zuid-Willemsvaart en in de Aa een bocht, zodanig dat beide evenwijdig aan elkaar blijven lopen. Het kanaal is nog steeds langs de westelijke dalrand van de Aa gelegen, zodat zich tussen het kanaal en de hoge gronden slechts een smalle strook lage gronden bevindt. Deze hoge gronden gaan met tamelijk steile hellingen in deze lage gronden over.

De nieuwe sluis F is geprojecteerd op ongeveer 1000 m afstand ten zuiden van de huidige sluis 10.

De opbouw van de ondergrond

Ongeveer midden tussen de nieuwe en de oude sluis werd in de kanaaldijk een boring verricht tot 40 m diepte, waarin drie waarnomingsfilters werden geplaatst, zoals op figuur 2 bij N 104 staat aangegeven. In deze boring werden geen leem- of kleilagen van bij-

zondere betekenis aangetroffen. Het matig fijnzandige zanddiluvium gaat op 25 m diepte over in matig grofzandige lagen van de Formaties van Veghel en van Sterksel, zodat het profiel tot op grote diepte goed doorlatend is.

De stijghoogte van het grondwater in het diepste waarnemingsfilter lag in juni 1960 ca. 0,35 m lager dan die in het middelste filter, welk verschil met stijgende grondwaterstanden afnam tot ca. 0,10 m in december van hetzelfde jaar.

In juli 1960 was de stijghoogte van het grondwater in het ondiepste filter 0,55 m hoger en in december in dat jaar 0,05 m lager dan in het diepste filter. In aanmerking nemende dat de berm-sloot van het kanaal en de kwel uit het kanaal zelf, ondanks de op de bodem van laatst genoemde voorkomende sliblaag, toch een zekere invloed uitoefenen op de stijghoogte van het grondwater in het middelste en het ondiepste waarnemingsfilter, en gezien het feit dat de beregeningsputten van de coöperatieve beregening te Someren welke op ca. 1000 m ten westen van boring N 104 gelegen zijn, eveneens slechts kleine stijghoogteverschillen tussen diep en ondiep water te zien geven, mag worden aangenomen dat zich in de ondergrond bij het kanaalpand tussen sluis 11 en sluis F geen slecht doorlatende lagen van betekenis over een groot oppervlak voorkomen.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

Ter plaatse van de boring N 104 werd in een raai loodrecht op de richting van de Zuid-Willemsvaart en van de Aa op 1 april en 2 juli 1959 grondwaterstandswaarnemingen verricht in boorgaten (zie figuur 6, raai 11). De figuur laat zien dat er ondanks de sliblaag op de kanaalbodem toch een zekere invloed op de grondwaterstanden in de naaste omgeving van het kanaal is te bespeuren, zoals in voorgaande paragraaf reeds werd vermeld. Op de gronden tussen het kanaal en de Aa komen thans hoge grondwaterstanden voor. Dit is eveneens het geval op de strook lage gronden tussen het kanaal en de Somerense Akkers. Deze strook is echter slechts ca. 100 m breed, terwijl de overgang van deze gronden naar de hoge akkers gepaard gaat met een steilrand.

Het kanaalpeil bedraagt thans 24,98 m + N.A.P.; dat van de berm-sloot ca. 23,20 m +. Het zomerstuwpeil van de Aa tussen de brug

in de weg van sluis 11 naar Asten en stuw 16 bovenstrooms van deze brug zal omstreeks 20,80 m + bedragen. De grondwaterstand ter plaatse van raai 11 bedraagt in de zomer ca. 23 m + N.A.P. Het toekomstige kanaalpeil zal op 22,05 m + N.A.P. worden gebracht. Dit betekent een verschil van 1 m met de thans optredende zomergrondwaterstanden bij sluis 11, dat bij de nieuwe sluis F is aangegroeid tot ca. 1,65 m.

Het kanaalpeil zal in de toekomst nog ca. 1,25 m boven het peil van de Aa blijven.

De ontwateringsdiepte van de gronden tussen de Somerense Akkers en de Aa is in de winter gering. Grondwaterstanden van 0,20-0,30 m onder maaiveld komen regelmatig voor. In de zomer liggen deze 0,50 à 0,70 m dieper.

De te verwachten schade

De gronden in het dal van de Aa bestaan uit het Beekdalcomplex, terwijl de aangrenzende hoge gronden gevormd worden door de leemhoudende oude bouwlanden. Deze laatste kunnen echter buiten beschouwing blijven omdat de grondwaterstanden daarvan thans reeds zo diep zijn dat daarvan geen invloed op de gewasontwikkeling aanwezig wordt geacht. De beekdalgronden tussen de Aa en de hoge gronden zullen echter door de verlaging van het peil van de Zuid-Willemsvaart met bijna 3 m sterk beïnvloed worden. Deze gronden lijden thans in de omgeving van het kanaal aan wateroverlast in de winter, terwijl in de zomer zelfs verdroging van het grasland op kan treden. Dichter bij de rivier is de situatie gunstiger en treden geen opbrengstdepressies op.

De verlaging van het kanaalpeil met ca. 3 m zal echter voor deze gronden belangrijke gevolgen hebben, aangezien hierdoor de grondwaterstand aanzienlijk zal worden verlaagd waarvan verdroging van het grasland het gevolg zal zijn. Het oppervlak dat hierbij betrokken is bedraagt ca. 40 ha. Wanneer deze gronden als grasland in gebruik blijven zal de jaarlijkse schade 40% bedragen. Wanneer de huidige opbrengstdepressie gesteld wordt op gemiddeld 10%, dan zal de door de peilverlaging van het kanaal veroorzaakte schade gemiddeld per jaar bedragen $0,30 \times 1000 \times 40 = \text{f } 12\ 000,-$.

Wordt echter overgeschakeld naar bouwlandgewassen dan zal toch nog een opbrengstdepressie van 25% tengevolge van verdroging optreden op deze gronden. In dat geval zal de schade, na aftrek van de huidige 10% opbrengstdepressie jaarlijks bedragen $40 \times 0,15 \times 1000 = \text{f } 6\ 000,--$. Evenwel dient te worden bedacht, dat de boeren die niet bij de coöperatieve berekening zijn aangesloten hun bouwlanden op de hoge diepontwaterde gronden bij Someren hebben liggen en hun grasland op de lage gronden in het dal van de Aa. Het ongeschikt worden van deze gronden voor grasland zal dus verdergaande consequenties voor het bedrijf met zich brengen dan alleen maar droogteschade. Deze omstandigheid is ook van toepassing op de overige kanaalpanden waar de beekdalgronden tengevolge van grondwaterstandsverlaging ongeschikt worden voor grasland. Bij Someren betreft het slechts de kleine oppervlakte van 40 ha, zodat in dit geval wellicht op eenvoudige wijze compensatie gevonden kan worden voor het verlies van het voor grasland ongeschikt geworden areaal. De coöperatieve berekening op de Somerense Akkers heeft het vele boeren mogelijk gemaakt het grasland vlak bij huis naar de hoge gronden te verplaatsen, doch zoals reeds opgemerkt zijn niet allen daarbij aangesloten.

K. Het kanaalpand tussen sluis F en sluis 12

De algemene situatie

De Zuid-Willemsvaart en de rivier de Aa lopen hier weer vrijwel evenwijdig aan elkaar op een afstand van 150 - 500 m. Het kanaal is weer gelegen langs de westelijke rand van het Aa-dal, zodat er zich tussen het kanaal en de met een steilrand aan de lage gronden grenzende hoge akkers nog een strook ter breedte van 100 à 250 m van de lage gronden bevindt.

Bij Someren-Eind komen de hoge bouwlanden tot vlak bij de Aa terwijl dit ten zuidoosten van sluis 12 ook het geval is.

Bij sluis 12 gaat de Diepenhoekse Loop onder de Zuid-Willemsvaart door en mondt vervolgens uit in de Aa.

In de Aa bevindt zich ongeveer 1300 m ten noorden van sluis 12 stuw 17.

De opbouw van de ondergrond

Langs dit pand van de Zuid-Willemsvaart werden geen diepboringen verricht, zodat volstaan moet worden met een interpolatie tussen de boring N 104 en N 102 welke laatste bij sluis 13 is gelegen. Op grond van deze boringen zou het matig fijne zanddiluvium omstreeks 22 m dik zijn en gelegen op de grofzandige Formatie van Veghel, die een dikte heeft van ca. 6 m. Dat zich in de ondergrond tussen sluis 10 en sluis 12 weinig of geen storende lagen voordoen valt op te maken uit het beloop van de isohypsen in de omgeving van de Aa. Deze lopen sterk langs de rivier terug en wijzen op een groot verhang van het grondwater naar de rivier en dus op een vrij hoge radiale weerstand. Dit betekent voorts dat het watervoerende grondpakket dik is. Dit bestaat uit ca. 20 m zanddiluvium, enkele meters van de grofzandige Formatie van Veghel en voorts uit een dik pakket van de Formatie van Sterksel, welke laatste eveneens grofzandig is.

De schijnbare verhoging van het kanaalpeil zal zich dus snel in de omgevende gronden voortplanten, doch gezien het permanente karakter van deze verhoging heeft deze snelheid, er werd reeds eerder op gewezen, geen praktische betekenis, daar alleen de evenwichtstoestand van belang is,

In de gegeven situatie echter zal slechts de verhoging van het grondwater in de strook lage gronden tussen het kanaal en de hoge bouwlanden van belang zijn.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

Het kanaalpeil op het pand tussen sluis F en sluis 12 bedraagt thans 24,98 m N.A.P. doch zal in de toekomst verhoogd worden tot 25,45 m N.A.P. Het zomerstuwpeil van de rivier de Aa bedraagt ca. 21,80 - 22,00 m N.A.P. tot stuw 17 en boven deze stuw tot sluis 12 ca. 23,40 à 23,50 m N.A.P. Er bestaat dus thans reeds een peilverschil van ca. 3 m respectievelijk 1,5 m tussen het kanaal en de Aa. Na de vernieuwing van de Zuid-Willemsvaart zullen deze verschillen aangroeien tot 3,5 respectievelijk 2 m en moet dus gerekend worden op een niet onbelangrijke afstroming van het water uit

het kanaal naar de Aa.

Het peil van het grondwater bij gemiddelde zomerstand ter plaatse van het kanaal bedraagt ca. 24 m + N.A.P. (zie figuur 1A, B). Na uitvoering van de verbeteringswerken van de Zuid-Willemsvaart zal ten opzichte van de bestaande toestand een schijnbare kanaalpeilverhoging van 1,45 m ontstaan.

De ontwateringsdiepte van de aan de Zuid-Willemsvaart grenzende gronden is in de winter klein, meestal minder dan ca. 0,40 m, en in de zomer ongeveer 0,70 - 1,00 m onder maaiveld. Een uitzondering vormen de hoge bouwlanden die bij Someren-Eind tot oostelijk van het kanaal reiken, deze hebben reeds grondwaterstanden van meer dan 1,00 à 1,40 m in de winter en dus nog diepere in de zomer.

De te verwachten schade

De gronden grenzend aan de Zuid-Willemsvaart zijn weer overwegend van het type van de beekdalgronden, terwijl de hoge gronden van Someren tot Someren-Eind behoren tot de lemige oude zandbouwgronden. Gezien de diepe ontwateringstoestand van deze laatste wordt aangenomen, dat een zekere verhoging van het grondwater zonder bezwaar kan plaatsvinden. De lage gronden echter hebben zoals reeds werd vermeld een hoge grondwaterstand, waardoor op voorkomende terreinlaagten zekere opbrengstdepressies tengevolge van wisselvochtigheid mogelijk thans reeds voorkomen. Gemiddeld wordt de opbrengstdepressie geschat op 10%. Verhoging van de grondwaterstanden zal op de gehele strook gronden langs het kanaal zeker wateroverlast tengevolge hebben.

Op figuur 5 staat weer aangegeven op welk gebied grondwaterstandsverhoging zal optreden indien geen drainage-maatregelen worden aangetroffen. Van dit gebied zal dan ca. 150 ha lage gronden wateroverlast ondervinden, waardoor een jaarlijkse schade van 30% zal ontstaan. De schade door de peilverhoging van het kanaalpand zal dan kunnen worden gesteld op $0,2 \times 150 \times 1000 = \text{f} 30\ 000,-$ per jaar. Hiertegenover staat geen oppervlakte van betekenis aan gronden die van een verhoging van de grondwaterstand zullen profiteren, daar de overgang tussen de lage gronden en de hoge meestal door middel van een steilrand plaatsvindt.

L. Het kanaalpand tussen sluis 12 en 13

De algemene situatie

Vanaf sluis 12 tot de provinciale grens verwijderd de Aa zich enigszins van de Zuid-Willemsvaart van ca. 500 m bij sluis 12 tot ca. 900 m bij sluis 13. De Aa volgt hier een nieuw tracé, dat westelijk van het oude dal van de rivier is gelegen. Er komen in de rivier twee stuwen voor, waarvan stuw 18 gelegen is op de plaats waar de Aa weer in zijn oude dal komt, (ca. 1000 m ten zuidoosten van sluis 12) terwijl stuw 19 ca. 450 m bovenstrooms van de eerstgenoemde gelegen is.

Ten westen van de Zuid-Willemsvaart stroomt op een afstand van 700 - 1000 m evenwijdig aan het kanaal de Diepenhoekse Loop en een zijtak daarvan de Kievits Loop. Tengevolge van de betrekkelijk hoge grondwaterstanden van het gebied tussen de Aa en de Diepenhoekse Loop is een slotennet aanwezig en worden de laagste terreingedeelten zelfs met greppels ontwaterd.

Het terrein vertoont een zwakgolvend karakter met onregelmatig verspreide hoogten en laagten. De maaiveldhoogte tussen sluis 12 en sluis 13 varieert op een totale afstand van 2200 m tussen de 26 en 27 m + N.A.P.

De opbouw van de ondergrond

Bij sluis 13 werden twee diepboringen verricht, waarvan N 102 op de oostelijke kanaaloever ongeveer 200 m ten noorden van sluis 12 en N 103 op 500 m ten oosten daarvan is gelegen.

In de boringen werden weer waarnemingsfilters geplaatst, zoals op figuur 2 staat aangegeven.

In boring N 102 is het zanddiluvium ca. 20 m dik. Hierin werd op een diepte van 2 m een gelaagd complex van klei- of lemlagen en lemig fijn zand aangetroffen met een totale dikte van 8 m. Hierin komt van 5 tot 8 m onder maaiveld een leem- of kleilaag voor. Dit complex lemlagen en leemhoudend zand werd in de boring N 103 niet aangetroffen. Wel bleken daar van 0 - 15 m diepte lemig fijnzandige lagen voor te komen. Of de in boring N 102 aangetroffen kleilaag van 3 m dikte zich in westelijke richting nog voortzet is niet bekend.

De waarnemingen van de grondwaterstanden in de waarnemingsfilters van boring N 102 tonen aan dat de kleilaag, welke zich op ca. 2 m onder maaiveld bevindt een zekere afsluitende werking heeft. De stijghoogten van het grondwater in het diepste en middelste filter komen praktisch met elkaar overeen, doch de stijghoogte van het grondwater in het ondiepste filter is in juni 0,75 m en in december 1960 0,25 m hoger dan in de beide andere filters. Hierbij dient echter wel in aanmerking genomen te worden dat de boring op 20 m uit de kanaaloever in de berm is geplaatst, zodat het ondiepste filter beïnvloed kan worden door kwel vanuit het kanaal.

De filterwaarnemingen in boring N 103 zijn zeer onvolledig. Het middelste filter is bij de plaatsing onklaar geraakt en verzand, terwijl het later bijgeplaatste ondiepe filter slechts enkele gegevens heeft opgeleverd.

In deze boring heeft dus alleen het diepste waarnemingsfilter normaal gefunctioneerd. De stijghoogte van het grondwater komt nauwkeurig overeen met die van het grondwater in het diepste filter van boring N 102. Uit de enkele gegevens van het ondiepste filter in N 103 blijkt dat de stijghoogte van het grondwater daarin slechts een klein verschil te zien geeft met die in het diepste filter. Dit zou betekenen dat in het profiel van deze boring geen storende lagen voorkomen, hetgeen een bevestiging betekent van de indruk verkregen bij de beschouwing van het boorprofiel van figuur 2.

De grondwaterstanden, kanaal- en rivierpeilen

In een tweetal raaien loodrecht op het kanaaltracé werden in boorgaten grondwaterstanden waargenomen op 31 maart en 1 april en op 18 juni en 25 juni 1959. In figuur 6 staan deze raaien onder de nummers 12 en 13 afgebeeld. In raai 13 werden tevens de stijghoogten van het grondwater in de waarnemingsfilters van de diepboringen op 28 juni en 14 december 1960 ingetekend. De figuren laten zien dat het kanaal weinig invloed uitoefent op de grondwaterstand in de aangrenzende gronden. Het geringe verschil tussen de grondwaterstanden op 1 april en 8 juni in het westelijk van de Zuid-Willemsvaart gelegen deel van raai 13 moet worden toegeschreven aan het feit dat de boorgaten te dicht langs de bermsloot van een weg gelegen hebben.

De grondwaterstanden ten opzichte van maaiveld in de gronden langs het kanaalpand tussen sluis 12 en 13 liggen in de winter tussen 0 en 0,40 m en in de zomer tussen 0,70 en 1,40 m beneden maaiveld. De gemiddelde zomergrondwaterstand bij de Zuid-Willemsvaart tussen beide sluisen bedraagt 24,00 - 26,20 m + N.A.P., terwijl het kanaalpeil 27,01 m + bedraagt. Er is dus onder invloed van de Diepenhoekse Loop, een peilverschil van 3 m bij sluis 12 tot 0,80 m bij sluis 13. Wanneer het kanaalpeil echter wordt verlaagd tot 25,45 m + N.A.P. en sluis 13 wordt vervangen door sluis G dan zal dit nieuwe peil bij sluis 12 nog ca. 1,45 m hoger en bij sluis G ca. 1,05 m lager liggen dan de huidige gemiddelde zomergrondwaterstand. Ten opzichte van de huidige gemiddelde wintergrondwaterstand, die ongeveer 1 m hoger ligt dan in de zomer zal het kanaalpeil over vrijwel de gehele lengte van het pand lager komen te liggen en dus wateronttrekkend werken.

De Aa die hier op een afstand van 500 à 900 m van de Zuid-Willemsvaart stroomt heeft een zomerstuwpeil van ca. 25,50 m + N.A.P., boven stuw 19, een peil dat dus ongeveer gelijk is aan het kanaalpeil, zodat dit verder geen rol van betekenis speelt.

De te verwachten schade

De gronden ten westen van de Zuid-Willemsvaart bestaan grotendeels uit lage beekbezinkingsgronden. Dit zijn gronden met een betrekkelijk dunne zwarte humeuze lemige bovenlaag. Het gebied ten oosten van het kanaal bestaat uit lage en middelhoge zwartveen ontginningsgronden zonder bolster. Beide bodemtypen, die tengevolge van een gering vochthoudend vermogen behoren tot de typen die een betrekkelijk hoge grondwaterstand eisen, zijn voor iets meer dan de helft van de oppervlakte als grasland in gebruik, waarbij dit voornamelijk de relatief laag gelegen en dus ondiep ontwaterde percelen betreft, waarvan er een aantal langs de westzijde van het kanaal voorkomen.

De huidige toestand van het gebied wordt, met betrekking tot de waterhuishoudkundige toestand ervan, als redelijk goed beschouwd. Slechts op de eerdergenoemde lage plekken komt wateroverlast voor. Gemiddeld voor het gebied wordt de opbrengstdepressie geschat op ca. 7%. Een verlaging van de grondwaterstand zal dan ook nadelig

blijken te zijn voor de meeste gronden gelegen tussen de Kievits Loop en de Aa.

Op figuur 5 staat het gebied aangegeven waarop een zekere verhoging of verlaging van de grondwaterstand zal optreden. Het gebied waarop een zekere grondwaterstandsverhoging zal optreden heeft een oppervlak van ca. 50 ha. De gemiddelde jaarlijkse opbrengstdepressie die hiervan verwacht mag worden, indien geen maatregelen worden genomen, zal 15% bedragen. De schade belooft dan $50 \times 0,08 \times 1000 =$ = f 4 000,- gemiddeld per jaar.

Het gebied met grondwaterdaling zal een oppervlak van ca. 150 ha bedragen met een jaarlijkse gemiddelde oogstdepressie van 10%. In dit geval zal de gemiddelde jaarlijkse schade, na aftrek van de 7% oogstdepressie die thans reeds bestaat, bedragen $150 \times 0,03 \times 1000 =$ = f 4 500,-.

De bodemkundige toestand van het gebied maakt het mogelijk om percelen grasland in de naaste omgeving van het kanaal, waar grondwaterstandsverlaging verdroging kan veroorzaken in bouwland om te zetten en voor het grasland elders compensatie zoeken, gesteld dat dit binnen het enkele bedrijf mogelijk zou zijn.

V. SAMENVATTING

Op verzoek van de Rijkswaterstaat werd een onderzoek ingesteld naar de gevolgen voor de landbouw veroorzaakt door de verbreding en verdieping van de Zuid-Willemsvaart tussen de sluizen 2 en 13 en van peilverlaging van enige panden van dit kanaal, welke gepaard gaan met het doen vervallen van de sluizen 2, 4, 6, 11 en 12 en het bouwen van nieuwe en grotere bij de huidige sluizen 3(A) 5(B), 6(C), (D), 10(E), 11(F) en 13(G). Tevens zal het kanaal ten oosten van Helmond omgeleid worden.

Peildalingen van 2 - 4 m op de nieuwe kanaalpanden zullen tot gevolg hebben dat de Zuid-Willemsvaart wateronttrekkend zal gaan werken op de omgeving, zodat grondwaterstandsdingen het gevolg zullen zijn. Anderzijds betekent de verdieping en verbreding van het kanaal bij gelijkblijvend peil een "schijnbare verhoging" daarvan ten opzichte van de grondwaterstand, aangezien de slecht doorlatende sliblaag die zich op de bodem bevindt wordt verwijderd, waardoor kwel uit het kanaal naar de omgeving en naar de rivier de Aa zal optreden. Grondwaterstandsverhogingen zullen hiervan het gevolg zijn. Verwacht wordt dat dit verschijnsel van tijdelijke aard zal zijn, omdat zich een nieuwe sliblaag op de bodem van het kanaal zal vormen, waardoor het waterverlies weer zal afnemen.

Een onderzoek naar de opbouw van de ondergrond tot een diepte van 40 m door middel van boring leerde, dat slechts tussen de sluizen 2 en 3 gerekend kan worden op een slecht doorlatend kleilagencomplex op een diepte van ca. 24 m, waardoor de wateronttrekkende werking van het kanaal enigermate beperkt zal worden. Op alle overige kanaalpanden kan verwacht worden dat de bodem tot een diepte van minstens 40 m, doch vermoedelijk tot grotere diepte geen afsluitende kleilagen bevat. Aan de in de langs deze panden verrichte boringen aangetroffen kleilagen mag geen afsluitende werking van betekenis worden toegekend. Uitgezonderd hiervan mag wellicht nog worden, de omgeving van de nieuwe sluis G, waar stijghoogteverschillen tussen het grondwater in waarnemingsfilters op verschillende diepte werden geconstateerd.

Het nieuwe kanaal zal tussen de oude sluis 2 en de nieuwe sluis G nabij de provinciale grens op ca. 19 km lengte een water-

onttrekkende werking hebben op de omgeving, tengevolge waarvan op ca. 620 ha een gemiddelde jaarlijkse schade van f 57 900,- zal worden veroorzaakt. Over een lengte van ca. 26 km zal het kanaal tijdelijk water verliezen naar de omgeving totdat een nieuwe afsluitende sliblaag is gevormd. De schade tengevolge van wateroverlast, hierdoor op ca. 1240 ha veroorzaakt, zal f 109 700,- gemiddeld per jaar bedragen en zal dus eveneens tijdelijk zijn.

Door het verbeteren en aanvullen van het reeds aanwezige slotenstelsel en van de waterafvoer, door een doelmatig onderhoud van het slotennet en van de waterlossingen en door het graven van kwel sloten kan de schade door wateroverlast echter goeddeels voorkomen worden.

Het opheffen van de schade door wateronttrekking kan, indien men deze mogelijkheden in overweging wil nemen, door watervoorziening beperkt worden.

Deze studie heeft uitsluitend tot doel gehad een antwoord te geven op de gevolgen welke de peilverlagingen en -verhogingen voor de landbouw zullen hebben. Wat terzake van het opheffen of voorkomen daarvan gedaan zou kunnen worden, werd voor de gevallen van peilverhoging wel aangegeven, doch bleef verder buiten beschouwing. Op de problemen van watervoorziening werd derhalve ook niet ingegaan. Of tot watervoorziening zal worden overgegaan kan als een bedrijfsmaatregel worden beschouwd, waaromtrent de betrokken landbouwers ieder individueel een beslissing moeten nemen.

LIJST VAN BIJLAGEN EN FIGUREN

- Bijlage 1: Overzicht van kanaalpeilen, zomergrondwaterstanden en oppervlakte van de gebieden waarop schade zal optreden, alsmede de schadebedragen in guldens.
- Bijlage 2: Gemiddeld zomerstuwpeil van de Aa afgeleid uit gegevens van zelfregistrerende peilschalen.
- Figuur 1A: Overzichtskaart van de Zuid-Willemsvaart met kanaal- en rivierpeilen en isohypsen voor de gemiddelde zomertoestand.
- Figuur 1B: Lengteprofiel van de Zuid-Willemsvaart met kanaalpeilen, rivierpeilen en gemiddelde zomergrondwaterstand bij het kanaaltracé.
- Figuur 2: Profielen van de diepboringen langs de Zuid-Willemsvaart.
- Figuur 3: Ongeroeerde monsters van de sliblaag op de bodem van de Zuid-Willemsvaart gestoken nabij sluis 4.
- Figuur 4: Een geschematiseerde voorstelling van de gevolgen van een peildaling op een kanaal voor de grondwaterstanden in de omgeving daarvan.
- Figuur 5: Zuid-Willemsvaart (nieuwe situatie) Gebieden met grondwaterstandsverlaging resp. -verhoging en isohypsen voor de gemiddelde zomertoestand.
- Figuur 6: Dwarsprofielen met grondwaterstanden.