

NN31545.0616

NOTA 616

15 mei 1971

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

EEN ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN TWEE NABURIGE
ALTERNEREND WERKENDE POMPSTATIONS IN DE GEMEENTE
TUBBERGEN OP HET GRONDWATERREGIME IN DE OMGEVING

Ph.Th. Stol

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

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

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



1782861

1 1 1

1 1 1

1 1 1

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. SAMENWERKING	2
3. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED	3
4. KEUZE VAN DE STAMBUIZEN	6
5. HET REKENMODEL	6
6. HET PEILBUIZENNET	7
7. HET STAMBUIZENNET	7
8. DE WATERONTTREKKING	8
9. DE GRONDWATERSTANDSBEWEGING	8
9.1. Stambuizen	10
9.2. Peilbuizen bij onttrekkingscentra	12
9.3. Enkele ondiepe buizen	14
9.4. Beekpeilen	16
10. TIJDVAKKEN VAN BEREKENING	16
10.1. Verband tussen tijdvakken	18
10.2. Gekozen oplossing	20
11. UITKOMSTEN VAN REGRESSIEBEREKENINGEN	21
11.1. Rekenvoorbeeld	22
11.2. Parameterwaarden	23
11.3. Correlatiecoëfficiënten, standaardafwijking	23
12. UITKOMSTEN VAN BEREKENDE VERLAGINGEN	25
12.1. Het verband met de hoogteligging	27
12.2. Het verband met de tijd	27
12.3. Het verband met de topografie	35

1

1

1

1

1

1

	blz.
13. OPMERKINGEN MET BETREKKING TOT HET PEILBUIZENNET	54
REFERENTIES	56
BIJLAGEN	57 t/m 59

1. INLEIDING

De grondwaterwinning in de gemeente Tubbergen vond oorspronkelijk alleen plaats in het gebied van Manderveen. In 1963 en in de eerste helft van 1964 werden hoeveelheden van 10 000 à 20 000 m³/week aan het diepe grondwater onttrokken doch daarna vond een sterke stijging van de winning plaats. In augustus 1964 werd een hoeveelheid van 20 000 m³/week voor het eerst in belangrijke mate overschreden, na maart 1965 lag het onttrekkingsniveau op 30 000 m³/week, terwijl vanaf begin 1966 het gemiddelde niveau 2½ jaar lang rond 40 000 m³/week heeft gelegen met als hoogste waarde een hoeveelheid van 56180 m³/week.

Ten einde aan de toenemende vraag te kunnen blijven voldoen werden onttrekkingsfilters in het oostelijk gelegen gebied van Manderheide geplaatst. Deze traden op 1 juni 1968 in werking en namen in de rest van dat jaar de grondwaterwinning van Manderveen over. Vanaf 1969 werd van beide winningsmogelijkheden alternerend gebruik gemaakt. Het beleid is er thans op gericht in natte jaargetijden voornamelijk grondwater te Manderveen te winnen, in de zomer voornamelijk te Manderheide.

De totale grondwaterwinning van beide pompstations ligt thans tussen 40 000 en 50 000 m³/week met een top van 67 350 m³/week welke bereikt werd in juni 1970.

De toenemende vraag naar drinkwater heeft er toe geleid een onderzoek in te stellen naar de thans optredende grondwaterstandsverlagingsen ten einde vanuit deze situatie de te verwachten gevolgen van verdere verlagingen te kunnen beoordelen. Tevens dient nagegaan te worden in hoeverre het net van meetpunten in de naaste toekomst aanvulling behoeft.

2. SAMENWERKING

Het bovenstaande project van onderzoek werd aanhangig gemaakt door de Technisch Secretaris van de Commissie Grondwaterwet Waterleiding-bedrijven (CoGroWa) te Utrecht. De bedoeling zal hierbij voor de ontwikkelde methode voor de numerieke exploratie van onderzoeksgebieden (STOL, 1969) verder voor routine bewerking geschikt te maken zodat deze te zijner tijd op de terminal van de Technisch Wetenschappelijke Rekenafdeling van de C.D. te Utrecht kan worden uitgevoerd.

Het onderzoek werd in eerste instantie verricht door E. Schultz, student te Delft, die in 1970 gedurende 6 weken als praktikant aan het bureau van de Technisch Secretaris CoGroWa was verbonden. In deze korte tijd was het met de bestaande programma's mogelijk het gebied te verkennen en tot een voorlopige conclusie te komen (SCHULTZ, 1970). Hierop voortbouwend en gebruikmakend van de inmiddels opgedane ervaring werd het waarnemingsmateriaal na aanvulling met de meest recente gegevens zo intensief mogelijk doorgewerkt waarbij het mogelijk bleek grondwaterstandsverlagingen ten opzichte van een nul-niveau van wateronttrekking te berekenen.

Een beschrijving van de voor deze bewerkingstechniek thans beschikbare computerprogramma's wordt gegeven in I.C.W.-Nota 585 (STOL, 1970). Momenteel wordt het centrale deel van het programma-pakket door de Technisch Wetenschappelijke Rekenafdeling van de Cultuurtechnische Dienst te Utrecht omgeprogrammeerd voor eigen gebruik.

De waterstandsgegevens uit de 17 diepe en 29 ondiepe peilbuizen, in de periode van 3 augustus 1962 - 31 december 1970 wekelijks opgemeten, werden geponst en op magnetische schijf opgeslagen. De gegevens werden in deze vorm ter beschikking gesteld aan het Archief van Grondwaterstanden te Delft. Door bemiddeling van I.W.I.S.-T.N.O. Den Haag respectievelijk Wageningen zullen de gegevens in de door het Archief gewenste vorm automatisch worden omgezet en gearchiveerd.

3. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

Het onderzoeksgebied is gelegen in de provincie Overijssel, gemeente Tubbergen, en wel ten noord-westen van de plaats Vasse (figuur 1). Het gebied van interesse ligt op een hoogte tussen 20 meter en 40 meter + NAP, overwegend ten noorden van de Mosbeek.

Figuur 2 geeft de geologische gesteldheid weer, ontleend aan de Geologische Kaart (1930). Het gebied vertoont een indeling in drie noord-zuid gerichte afzettingen doorsneden door de Mosbeek.

De belangrijkste eenheden zijn:

- 1) Het Veengebied waarin zich de filters van het pompstation Manderveen bevinden. De gemiddelde hoogteligging van het naar het westen afhellende gebied is hier 25 m + NAP
- 2) De Fluvio-glaciale afzettingen met een hoogteligging van 30 m + NAP, die de overgang vormen naar
- 3) De Grondmorene waarin zich de filters van het pompstation Manderheide bevinden. De hoogteligging is hier tussen 35 en 40 m + NAP.

De hoogtelijn van 30 m + NAP die midden door het met Fluvio-glaciale mantel aangegeven gebied loopt kan als scheidingslijn tussen het westelijk (veen)gebied en het oostelijk (zand)gebied dienst doen.

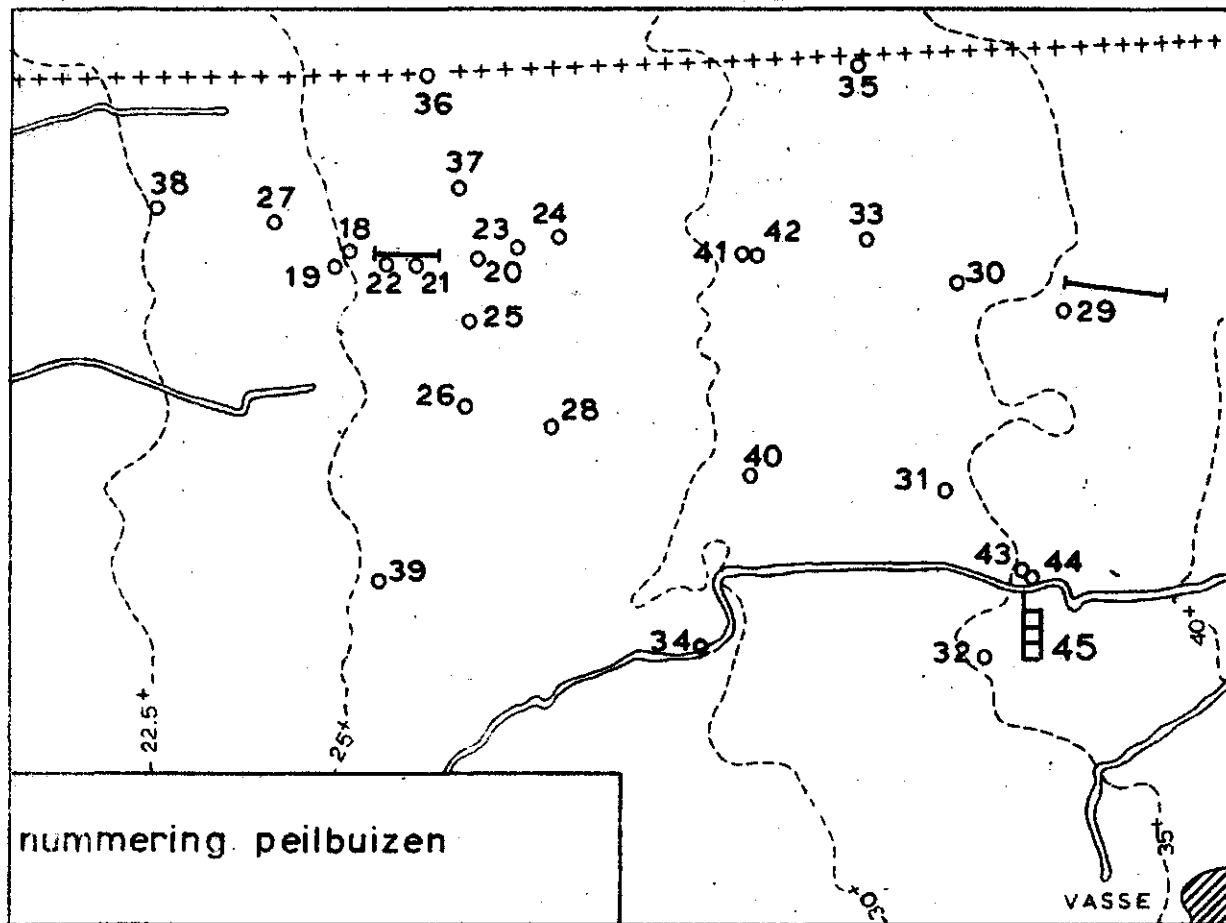
Een korte omschrijving van de symbolen in figuur 2, ontleend aan de Geologische Kaart (1930), is de volgende.

Legenda figuur 2

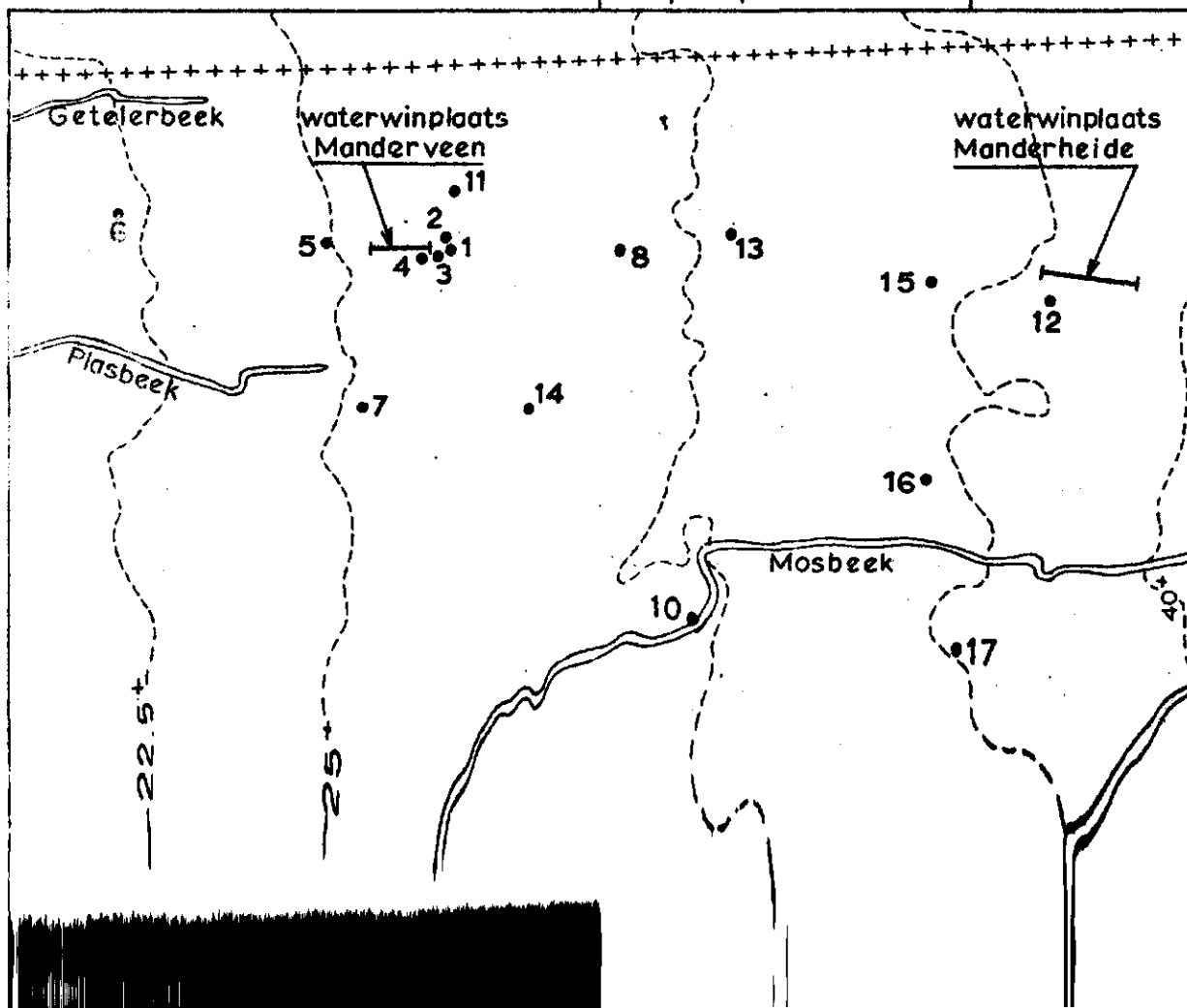
- I9 Beekafzetting. Fijn tot zeer fijn zand, plaatselijk overgaand in meer of minder zandige klei
- I4v Veenpakket. Dikte tot meer dan 2 meter, plaatselijk door ontginning verminderd
- II4 Fluvio-glaciale mantel. Fijne tot middelkorrelige gelaagde zanden, soms meer of minder rijk aan fijn grint
- vuv Idem, zandrug
- II3 Grondmorene. Meer of minder zandige verweerde keileem, hier sterk zandig met grint

II4 Fluvio-glaciale mantel minder dan 2 meter dik
II3

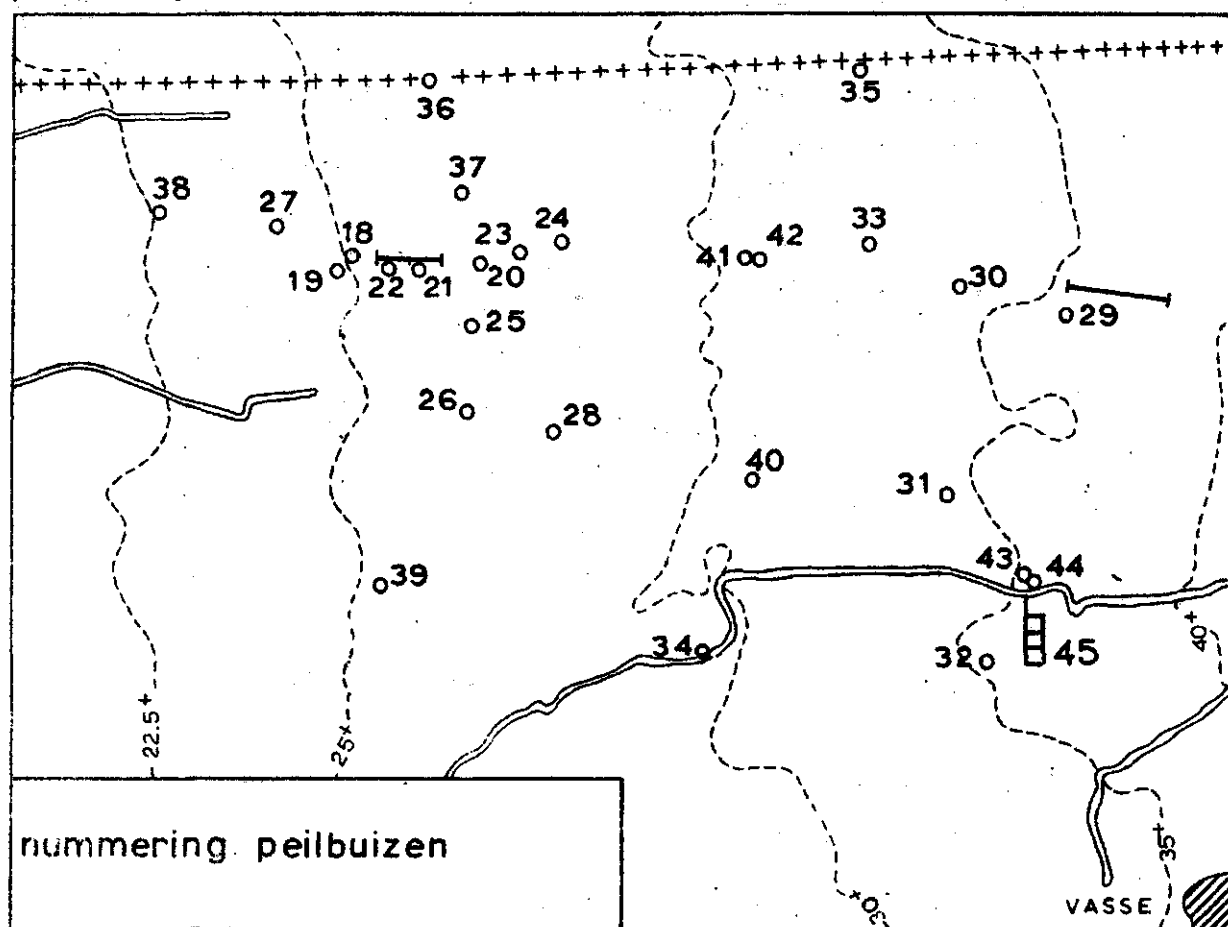
plaatselijke situatie



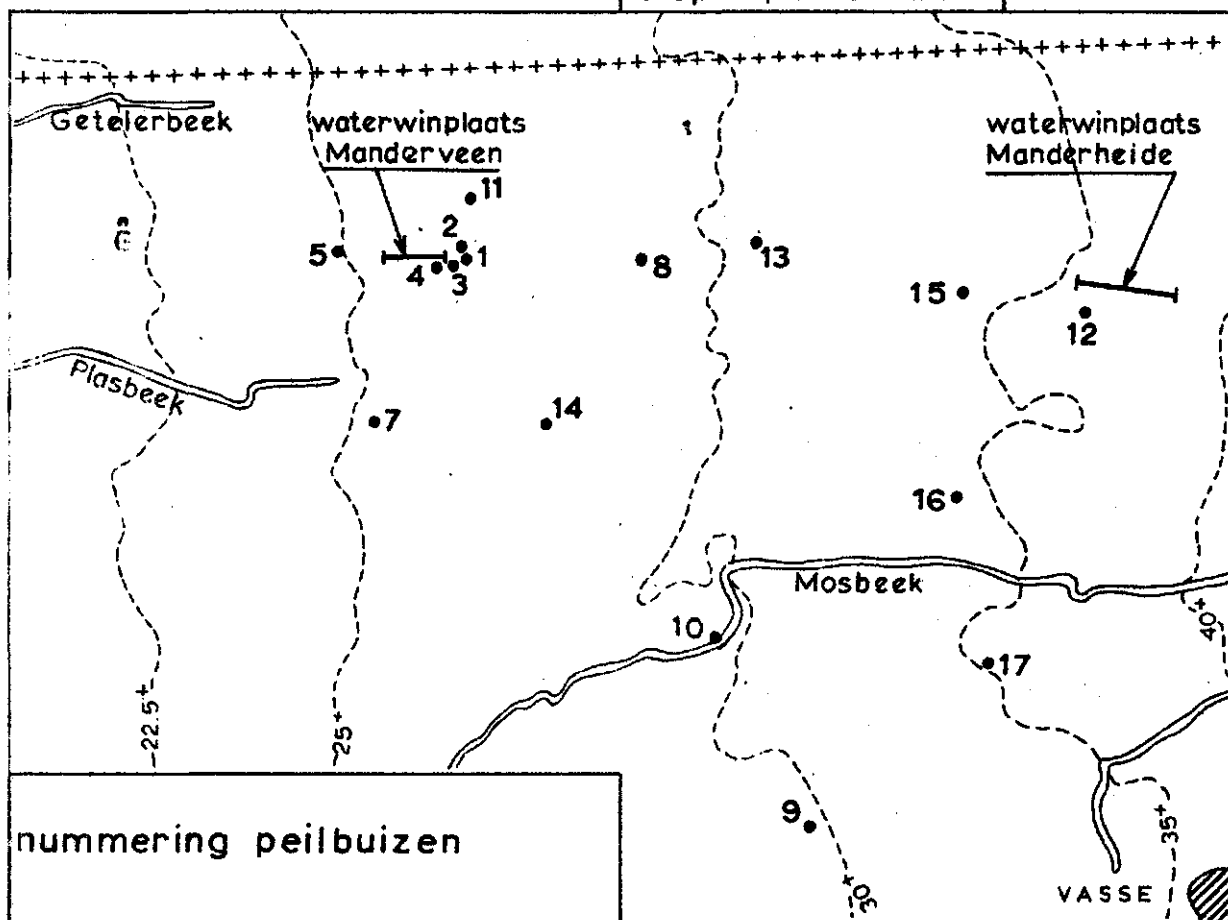
diepe peilbuizen



plaatselijke situatie



diepe peilbuizen



3. BESCHRIJVING VAN HET GEBIED

Het onderzoeksgebied is gelegen in de provincie Overijssel, gemeente Tubbergen, en wel ten noord-westen van de plaats Vasse (figuur 1). Het gebied van interesse ligt op een hoogte tussen 20 meter en 40 meter + NAP, overwegend ten noorden van de Mosbeek.

Figuur 2 geeft de geologische gesteldheid weer, ontleend aan de Geologische Kaart (1930). Het gebied vertoont een indeling in drie noord-zuid gerichte afzettingen doorsneden door de Mosbeek.

De belangrijkste eenheden zijn:

- 1) Het Veengebied waarin zich de filters van het pompstation Manderveen bevinden. De gemiddelde hoogteligging van het naar het westen afhellende gebied is hier 25 m + NAP
- 2) De Fluvio-glaciale afzettingen met een hoogteligging van 30 m + NAP, die de overgang vormen naar
- 3) De Grondmorene waarin zich de filters van het pompstation Manderheide bevinden. De hoogteligging is hier tussen 35 en 40 m + NAP.

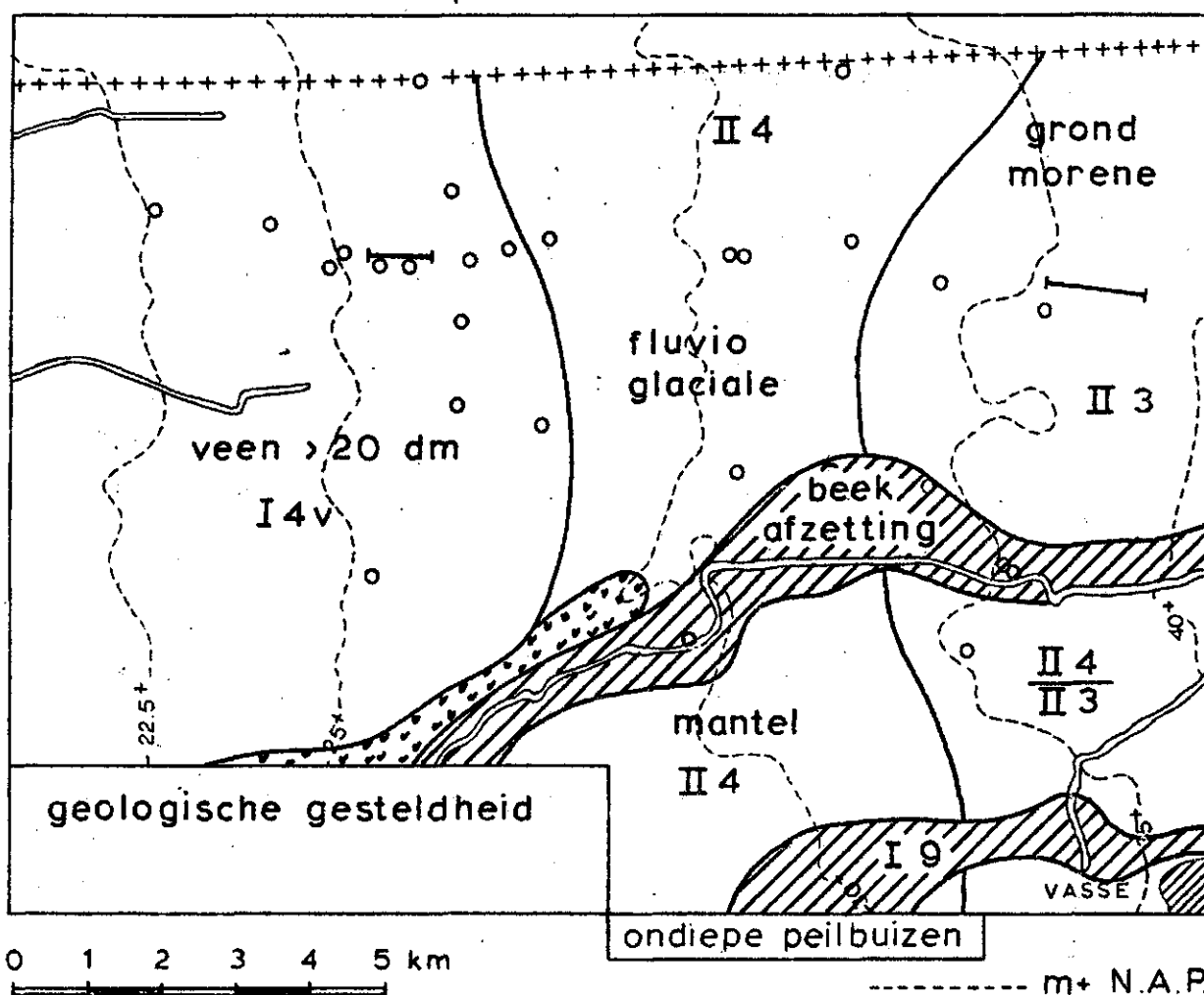
De hoogtelijn van 30 m + NAP die midden door het met Fluvio-glaciale mantel aangegeven gebied loopt kan als scheidingslijn tussen het westelijk (veen)gebied en het oostelijk (zand)gebied dienst doen.

Een korte omschrijving van de symbolen in figuur 2, ontleend aan de Geologische Kaart (1930), is de volgende.

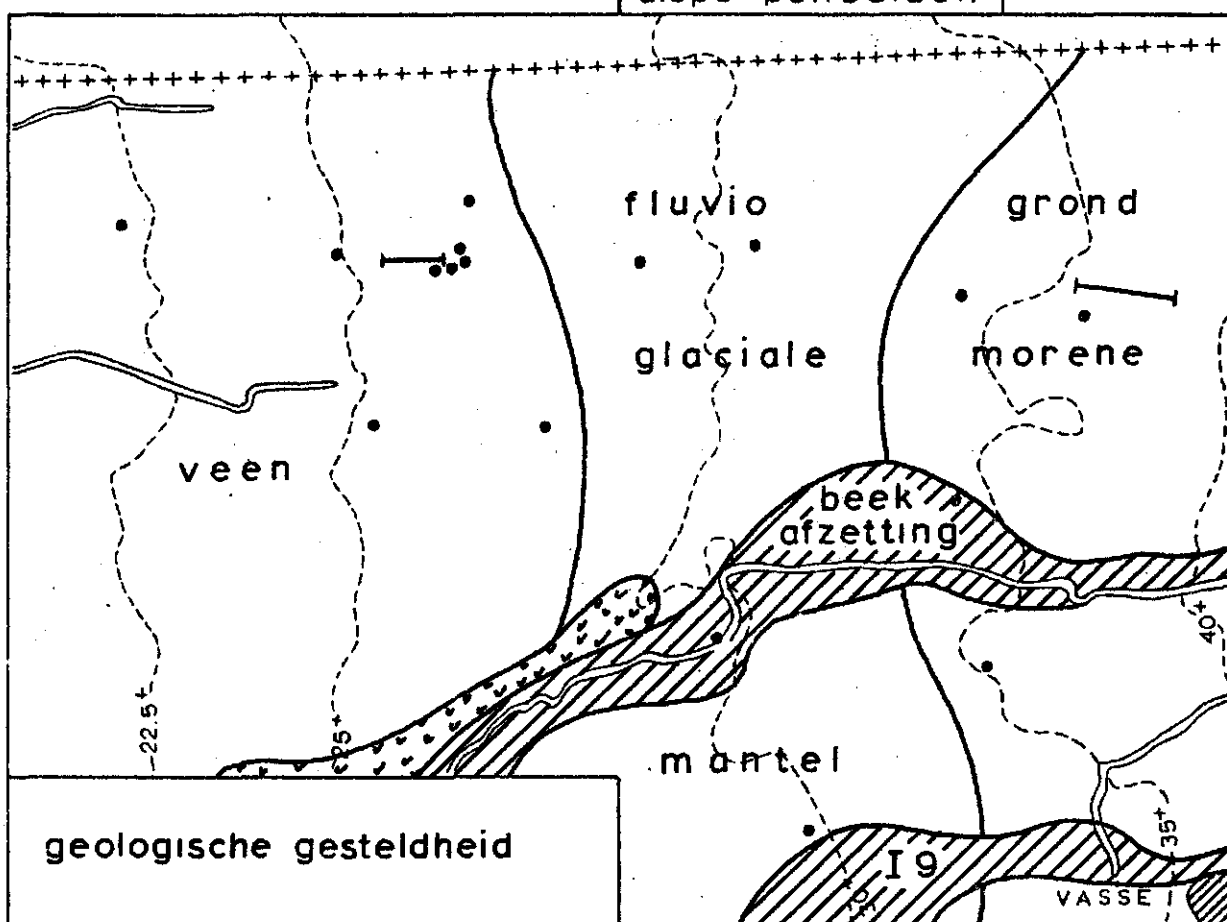
Legenda figuur 2

- I9 Beekafzetting. Fijn tot zeer fijn zand, plaatselijk overgaand in meer of minder zandige klei
- I4v Veepakket. Dikte tot meer dan 2 meter, plaatselijk door ontginning verminderd
- II4 Fluvio-glaciale mantel. Fijne tot middelkorrelige gelaagde zanden, soms meer of minder rijk aan fijn grint
- vuv Idem, zandrug
- II3 Grondmorene. Meer of minder zandige verweerde keileem, hier sterk zandig met grint
- II4
II3 Fluvio-glaciale mantel minder dan 2 meter dik

geologische gesteldheid



diepe peilbuizen



4. KEUZE VAN DE STAMBUIZEN

De keuze van de stambuizen is steeds een compromis tussen een aantal tegenstrijdige eisen. Enerzijds moeten ze voor de waterstanden in het onderzoeksgebied voldoende karakteristiek zijn, maar anderzijds moet hun afstand tot het centrum voldoende groot zijn om niet zelf door kunstmatige veranderingen te worden beïnvloed.

In het onderhavige geval is de keus beperkt. De peilbuizen zijn voornamelijk gesitueerd op een raai die beide pompstations verbindt, bovendien is het opmeten van grondwaterstanden in het oostelijk deel van het gebied pas in 1965 op gang gekomen hetgeen betekent dat de aantallen gegevens per peilbuis van plaats tot plaats sterk wisselen.

Uit het onderzoek van SCHULTZ (1970) is gebleken dat de meetpunten 6 en 8 acceptabel zijn als stambuizen. Deze meetpunten hebben een lange, volledige reeks van waarnemingen; hun afstand tot de centra van wateronttrekking is groot; elk vertegenwoordigt de waterstand in een geheel verschillend deel van het gebied. Stambuis 6 is karakteristiek voor de grondwaterstandsbeweging in het veengebied; stambuis 8 voor die in de fluvio-glaciale mantel en de grondmorene.

5. HET REKENMODEL

Met behulp van de gekozen stambuizen kunnen de grondwaterstanden in een willekeurig meetpunt P als volgt worden weergegeven

$$P = \beta_6 S_6 + \beta_8 S_8 + \alpha_0 + \varepsilon, \text{ voor elke peilbuis een } (1) \\ \text{vergelijking}$$

waarin β_6 , β_8 en α_0 te schatten (te berekenen) parameters zijn en ε een vector van toevallige afwijkingen waarvoor aangenomen wordt dat de mathematische verwachting gelijk is aan nul ($E(\varepsilon) = 0$) en de variantie onafhankelijk van de orde van grootte van de waarnemingen in de stambuizen, dus $E(\varepsilon)^2 = \sigma^2$ constant. De parameters worden geschat door berekening van regressievergelijkingen. De geschatte waarden worden aangeduid met a_0 , b_6 en b_8 . Slechts die waarden worden aanvaard waarvoor de schatting s^2 van σ^2 zo klein mogelijk is.

Verder wordt nog informatie onttrokken aan de volgende grootheden

r_{ij} = de correlatiecoëfficiënt tussen de peilbuizen i en j

$R_{1.68}$ = de multipele correlatiecoëfficiënt tussen peilbuis i en de peil-(stam-) buizen 6 en 8.

Gemakshalve zullen de stambuizen ook met hun peilbuisnummer aangeduid blijven zodat P_6 en S_6 hetzelfde meetpunt voorstellen.

Voorts zal de in een diepe respectievelijk ondiepe peilbuis gemeten stijghoogte van het water in het desbetreffende pakket veelal gemakshalve met 'grondwaterstand' worden aangeduid.

6. HET PEILBUIZENNET

Het peilbuisennet met de gebruikte nummering staat aangegeven in figuur 1. De zogenoemde ondiepe buizen hebben een filterdiepte tussen 2 en $10\frac{1}{2}$ m onder maaiveld, doch overwegend tussen 2 en 4 meter. De diepe buizen hebben een filterdiepte tussen 31 en 47 m onder maaiveld. Het filter van peilbuis 12 (Manderheide) ligt dieper en wel op $60\frac{1}{2}$ m onder maaiveld.

De peilbuizen worden wekelijks gepeild en alle op dezelfde datum. Voorzover gegevens beschikbaar waren was onderlinge vergelijking steeds mogelijk. Opgemerkt werd reeds dat de peilbuizen in de oostelijke helft van het gebied later geplaatst zijn evenals een aantal over het gehele gebied verspreide ondiepe buizen.

7. HET STAMBUIZENNET

Reeds werd gememoreerd dat peilbuizen 6 en 8 het best voor stambuis in aanmerking komen. Na verschillende proefberekeningen, maar ook om praktische redenen zoals het volledig zijn van de waarnemingsreeksen, werd deze keus gedaan.

Gezien het resultaat dat met beide diepe stambuizen te bereiken viel werd er van afgezien ondiepe peilbuizen in het stambuisennet op te nemen. Een proefberekening waarbij peilbuis 39 werd opgenomen had geen bevredigend resultaat (SCHULTZ, 1970); ook het opnemen van beekpeilen in de berekening leidde niet tot wezenlijke verbeteringen.

Tevens bleek dat het niet noodzakelijk was voor de hoge gronden vertragingen in het grondwaterstandsverloop aanwezig te veronderstellen. Verschuivingen van de waarnemingsreeksen ten opzichte van elkaar hadden geen effect dat tot een betere aanpassing van het rekenmodel aan de waarnemingen bijdroeg. Mogelijke faseverschuivingen blijven dus tot minder dan $3\frac{1}{2}$ dag beperkt.

8. DE WATERONTTREKKING

In de inleiding werd het algemene verloop van de onttrokken hoeveelheden water in het kort geschetst. De hoeveelheden zijn kwantitatief vastgelegd als onttrokken hoeveelheid in m^3 /week, samenvallend met de weekopnamen van de grondwaterstand. Een grafiek van de onttrokken hoeveelheden staat weergegeven in figuur 3a en 3b. Het alternerend werken van beide pompstations wordt met deze grafiek duidelijk geïllustreerd.

Voor het uitvoeren van een onderzoek naar de opgetreden verlagingen van grondwaterstanden door wateronttrekking is het noodzakelijk de regressierekening volgens (1) uit te voeren in een tijdvak waarin geen kunstmatige onttrekkingen plaatsvonden. Uit de figuur blijkt dat het slechts mogelijk is als 'nul-niveau' een tijdvak met geringe wateronttrekking te kiezen, aangezien steeds een der pompstations in werking is geweest. Verlagingen ten gevolge van grote wateronttrekking kunnen dan slechts als verdere verlaging ten opzichte van dit begin-('nul')-niveau uitgedrukt worden.

In het door SCHULTZ (1970) uitgevoerde onderzoek werd deze methode toegepast. Hierbij werd onderscheid gemaakt naar een aantal perioden van ongeveer gelijke wateronttrekking en werden verlagingen berekend ten opzichte van de situatie met een laag niveau van onttrekking.

9. DE GRONDWATERSTANDBEWEGING

Ten einde een indruk te geven van de grondwaterstandsbeweging in het onderzoeksgebied wordt in een aantal figuren de gemeten grondwaterstand uitgezet.

fig. 3a

onttrokken hoeveelheden water, neerslaggegevens en stambuisstanden

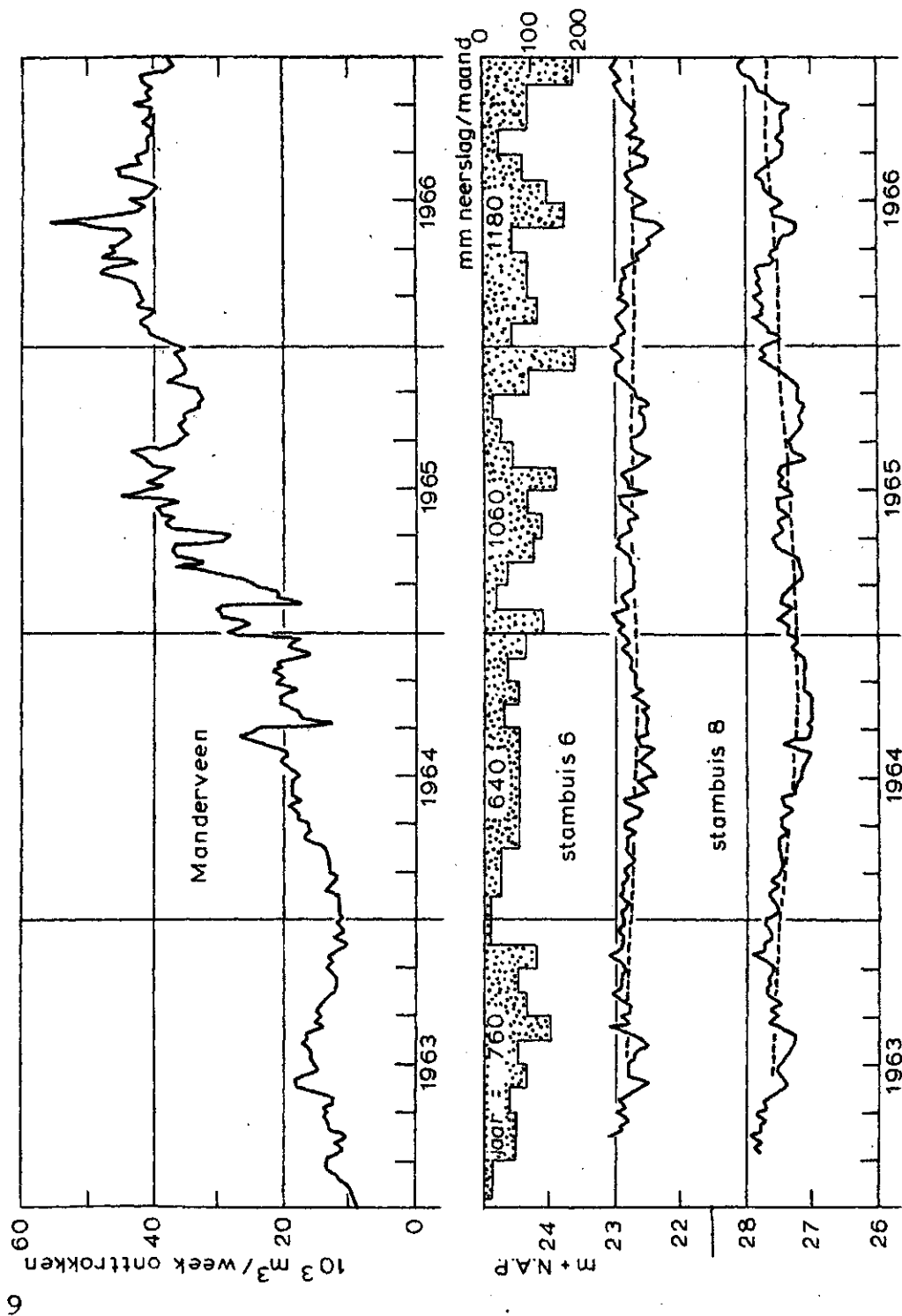
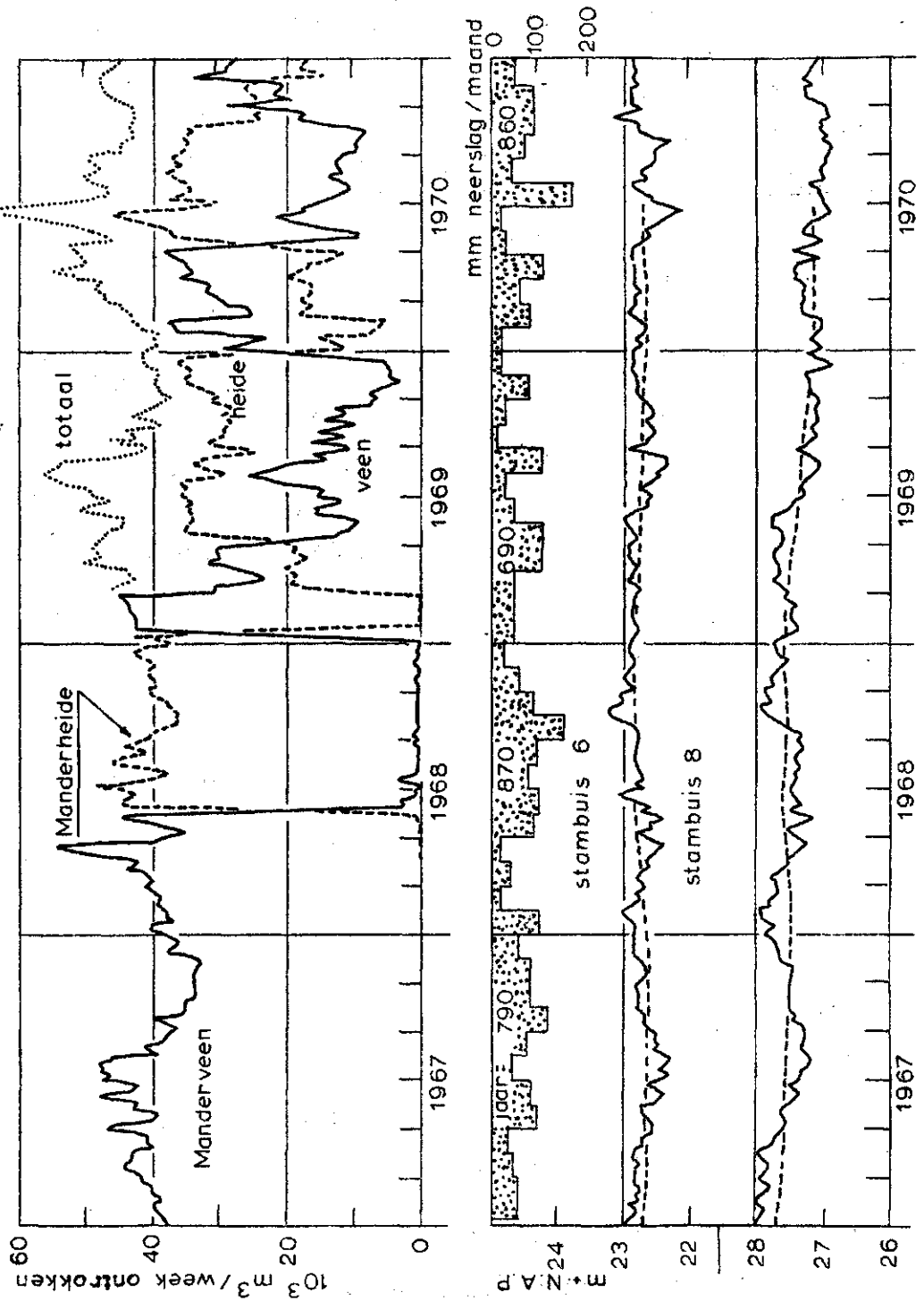


fig. 3b

onttrokken hoeveelheden water, neerslaggegevens en stambuisstanden



9.1. Stambuizen

In figuur 3a en 3b staat het grondwaterstandsverloop van de stambuizen 6 en 8 uitgezet. Met een stippellijn staat het voortschrijdend gemiddelde - over perioden van een jaar - weergegeven.

Beide stambuizen vertonen een beeld dat er op wijst dat meteorologische invloeden een grote rol spelen in het grondwaterstandsverloop. Stambuis 6 vertoont geen beïnvloeding door de wateronttrekking. De waterstanden komen zelden hoger dan 23 m + NAP en dalen nooit onder 22 m + NAP. Samenhang met de onttrekkingscurve voor Manderveen valt niet te constateren. De waterstandsbeving in stambuis 8 is van hetzelfde type als van de vorige buis doch het voortschrijdend gemiddelde reageert trager dan in het vorige geval.

De vraag kan gesteld worden in hoeverre de opmerkelijk lang durende lage standen in de loop van 1969-1970 in stambuis 8 toch duiden op een systematische niveauverlaging. Hieraan zal in het volgende aandacht worden besteed.

9.1.1. Beïnvloeding door Manderveen

Hoewel de wateronttrekking door het pompstation te Manderveen steeds groter vormen is gaan aannemen valt hiervan in het waterstandsverloop van stambuis 8 niets terug te vinden. In de jaren 1965 en 1966 vertoont de grondwaterstand zelfs een stijging van niveau (figuur 3a), terwijl in deze jaren de wateronttrekking stijgt van 25 000 m³/week tot bijna 50 000 m³/week en dus een verdubbeling plaatsvond. Ook het terugvallen van de onttrekking te Manderveen van 40 000 m³/week tot praktisch 0 m³ in de tweede helft van 1968 (figuur 3b) wordt niet in de tijdstijghoogtelijn van stambuis 8 teruggevonden. De conclusie luidt dan ook dat deze stambuis evenmin door de onttrekking te Manderveen beïnvloed wordt als stambuis 6.

9.1.2. Beïnvloeding door Manderheide

Onderlinge vergelijking van de onttrekkingscurve voor Manderheide en de tijdstijghoogtelijn van stambuis 8 (figuur 3b) doet weinig onderlinge samenhang vermoeden. De tweede helft van 1968 waarin het pompstation van Manderheide voor het eerst in bedrijf komt en wel tot een

naar hoog niveau van ruim 40 000 m³/week, vertoont geen verlaging in

9.1. S t a m b u i z e n

In figuur 3a en 3b staat het grondwaterstandsverloop van de stambuizen 6 en 8 uitgezet. Met een stippellijn staat het voortschrijdend gemiddelde - over perioden van een jaar - weergegeven.

Beide stambuizen vertonen een beeld dat er op wijst dat meteorologische invloeden een grote rol spelen in het grondwaterstandsverloop. Stambuis 6 vertoont geen beïnvloeding door de wateronttrekking. De waterstanden komen zelden hoger dan 23 m + NAP en dalen nooit onder 22 m + NAP. Samenhang met de onttrekkingscurve voor Manderveen valt niet te constateren. De waterstandsbeweging in stambuis 8 is van hetzelfde type als van de vorige buis doch het voortschrijdend gemiddelde reageert trager dan in het vorige geval.

De vraag kan gesteld worden in hoeverre de opmerkelijk lang durende lage standen in de loop van 1969-1970 in stambuis 8 toch duiden op een systematische niveauverlaging. Hieraan zal in het volgende aandacht worden besteed.

9.1.1. Beïnvloeding door Manderveen

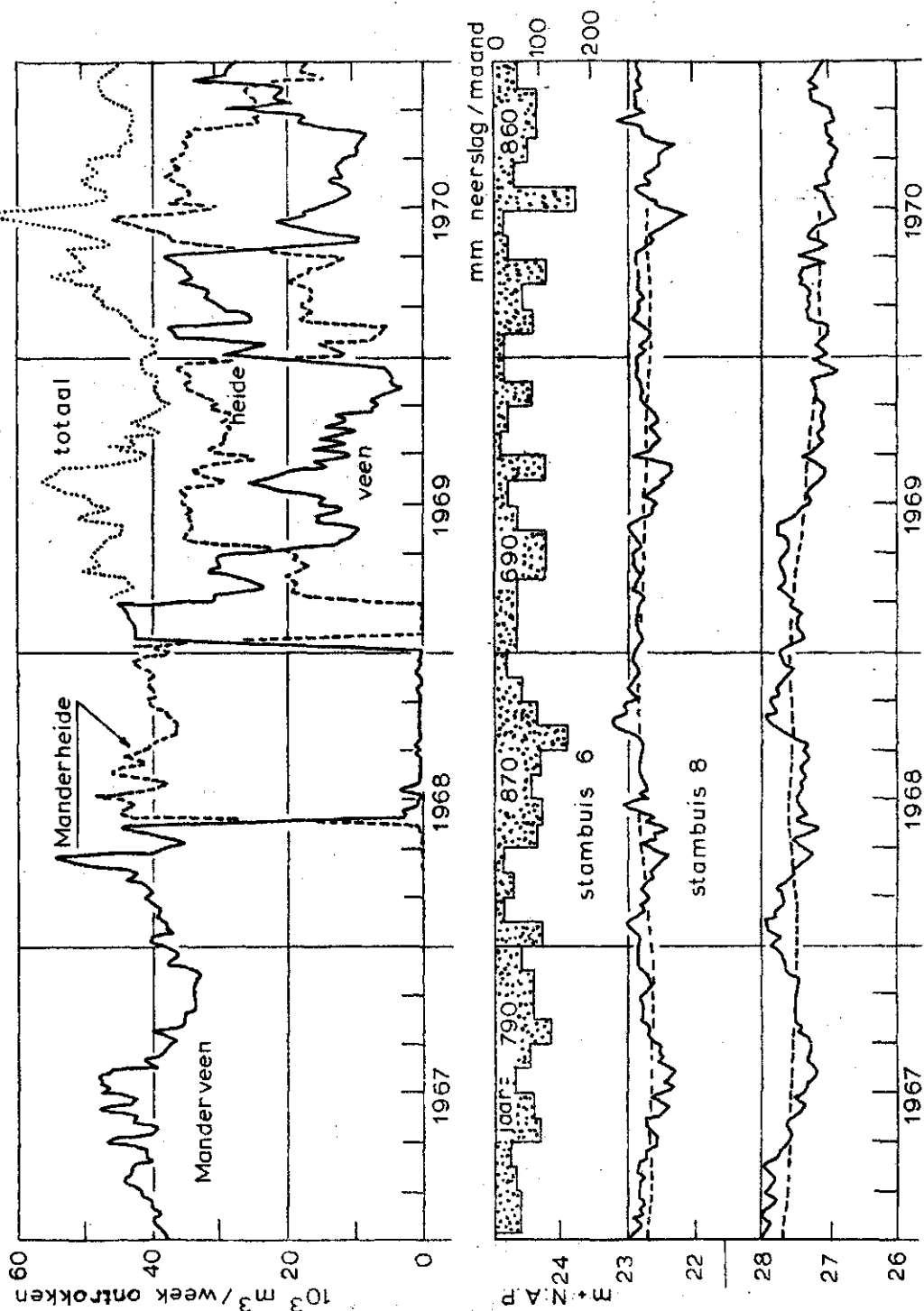
Hoewel de wateronttrekking door het pompstation te Manderveen steeds groter vormen is gaan aannemen valt hiervan in het waterstandsverloop van stambuis 8 niets terug te vinden. In de jaren 1965 en 1966 vertoont de grondwaterstand zelfs een stijging van niveau (figuur 3a), terwijl in deze jaren de wateronttrekking stijgt van 25 000 m³/week tot bijna 50 000 m³/week en dus een verdubbeling plaatsvond. Ook het terugvallen van de onttrekking te Manderveen van 40 000 m³/week tot praktisch 0 m³ in de tweede helft van 1968 (figuur 3b) wordt niet in de tijdstijghoogtelijn van stambuis 8 teruggevonden. De conclusie luidt dan ook dat deze stambuis evenmin door de onttrekking te Manderveen beïnvloed wordt als stambuis 6.

9.1.2. Beïnvloeding door Manderheide

Onderlinge vergelijking van de onttrekkingscurve voor Manderheide en de tijdstijghoogtelijn van stambuis 8 (figuur 3b) doet weinig onderlinge samenhang vermoeden. De tweede helft van 1968 waarin het pompstation van Manderheide voor het eerst in bedrijf komt en wel tot een zeer hoog niveau van ruim 40 000 m³/week, vertoont geen verlaging in

fig. 3b

onttrokken hoeveelheden water, neerslaggegevens en stambuisstanden



de grondwaterstanden van stambuis 8. De najaars- en wintermaanden oktober, november en december 1968 vertonen waterstanden die op eenzelfde niveau als van voorgaande winters ligt.

De grondwaterstandsdeling in stambuis 8 die midden 1969 inzet en zich over 1970 uitstrekt vertoont geen duidelijke samenhang met de onttrekkingscurve van Manderheide, zodat ook hier de conclusie moet luiden dat niet van een rechtstreekse beïnvloeding sprake is.

Hierbij kan worden aangetekend dat toevoeging van de gegevens van 1971 aan het cijfermateriaal de grondslag voor deze conclusie kan verstevigen.

9.1.3. Beïnvloeding door neerslaghoeveelheden

In de figuren 3a en 3b staan de maandneerslagsommen te Mander (K.N.M.I.-station nr 360, district VI) eveneens ingetekend. In elk jaar staat bovendien de bijbehorende jaarsom vermeld. Vergelijking van deze jaarsommen met de gemiddelde trend (voortschrijdend gemiddelde) in stambuis 8 brengt aan het licht dat deze beïnvloeding vrij sterk is. Het relatief droge jaar 1964 met een jaarsom van 640 mm doet het gemiddelde grondwaterniveau in deze diepe buis nr 8 tot lage waarden dalen. De zeer natte jaren 1965 en 1966 die daarop volgen veroorzaken een stijging van het gemiddeld niveau en wel zodanig dat in december 1966 voor het eerst standen van meer dan 28 m + NAP werden geregistreerd.

Het beeld dat 1969 vertoont (figuur 3b), een jaar dat met slechts 690 mm neerslag het jaar 1964 zeer nabij komt, past goed in deze beschouwing. De verlaging van de grondwaterstanden in stambuis 8 is in beide jaren van dezelfde orde van grootte. De droge winter van 1969-1970 is er oorzaak van dat de waterstanden niet weer stijgen - vergelijk dit met de ongeveer even droge winter van 1963-1964 -, waarna in de loop van 1970 het gemiddeld niveau praktisch constant is. De jaarneerslag van 860 mm in 1970, waarvan 168 mm in de maand juli viel is niet voldoende groot geweest om het gemiddelde grondwater-niveau in belangrijke mate te verhogen.

De uiteindelijke conclusie moet dus luiden dat de stambuizen 6 en 8 geen beïnvloeding van de grondwateronttrekkingen te Manderveen en Manderheide ondervinden en dat stambuis 8 een langgolvige invloed van de neerslag ondervindt.

9.2. Peilbuizen bij onttrekkingscentra

Ten einde aan te geven wat de karakteristieke eigenschappen zijn van het grondwaterstandsverloop in de peilbuizen, zijn in figuur 4a en 4b enkele curven ingetekend.

De lijnen hebben betrekking op diepe en ondiepe peilbuizen die vlak bij de centra van wateronttrekking zijn gesitueerd (figuur 1). De figuren 4a en 4b kunnen het beste bestudeerd worden door vergelijking met de curven van onttrokken hoeveelheden in figuur 3a en 3b.

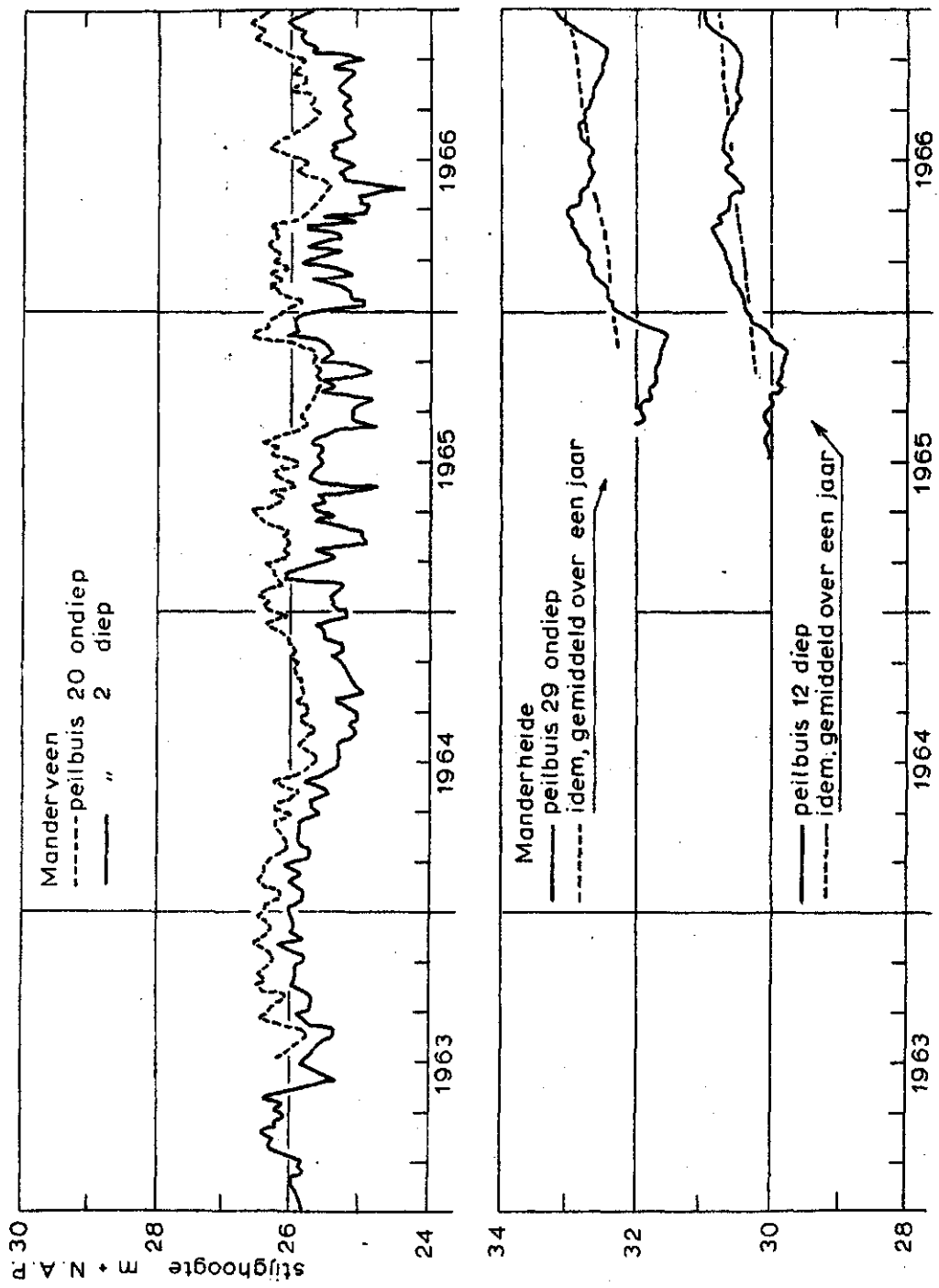
Allereerst valt op dat de grondwaterstanden te Manderheide een veel minder sterke reactie met de neerslag vertonen dan die te Manderveen. Beide curven zijn gebaseerd op weekwaarnemingen maar de fluctuaties in de loop van een week zijn in het veengebied veel sterker dan die in de zandafzettingen. De grotere incidentele fluctuaties die zich na juni 1968 in de gegevens van de diepe peilbuis 12 voordoen zijn geheel terug te voeren tot de invloed van de wisselende hoeveelheden water die vanaf deze datum aan het zandpakket worden onttrokken.

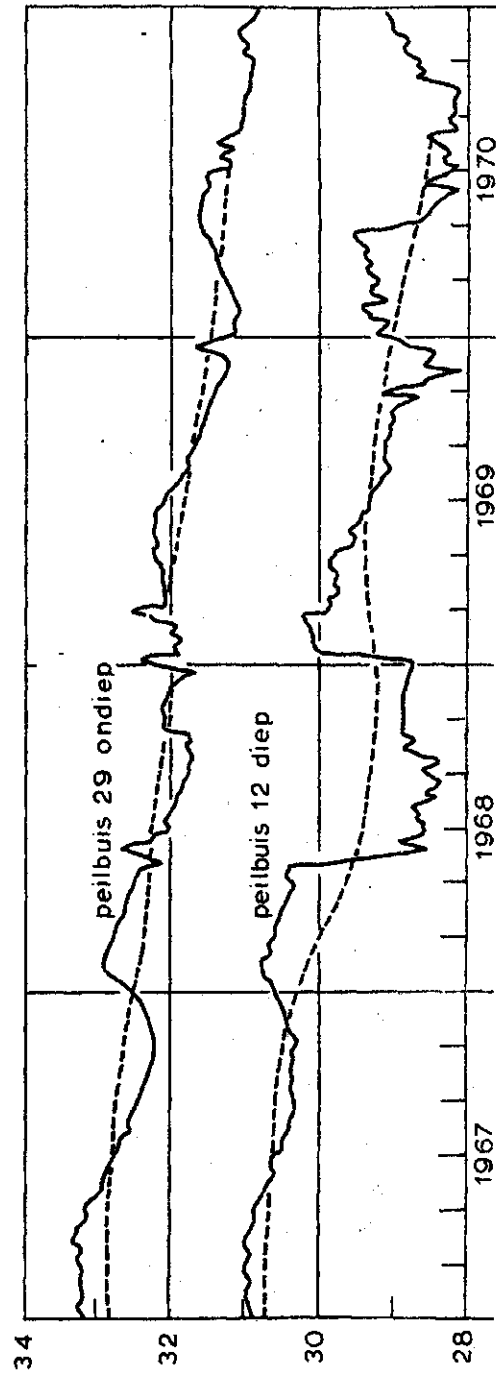
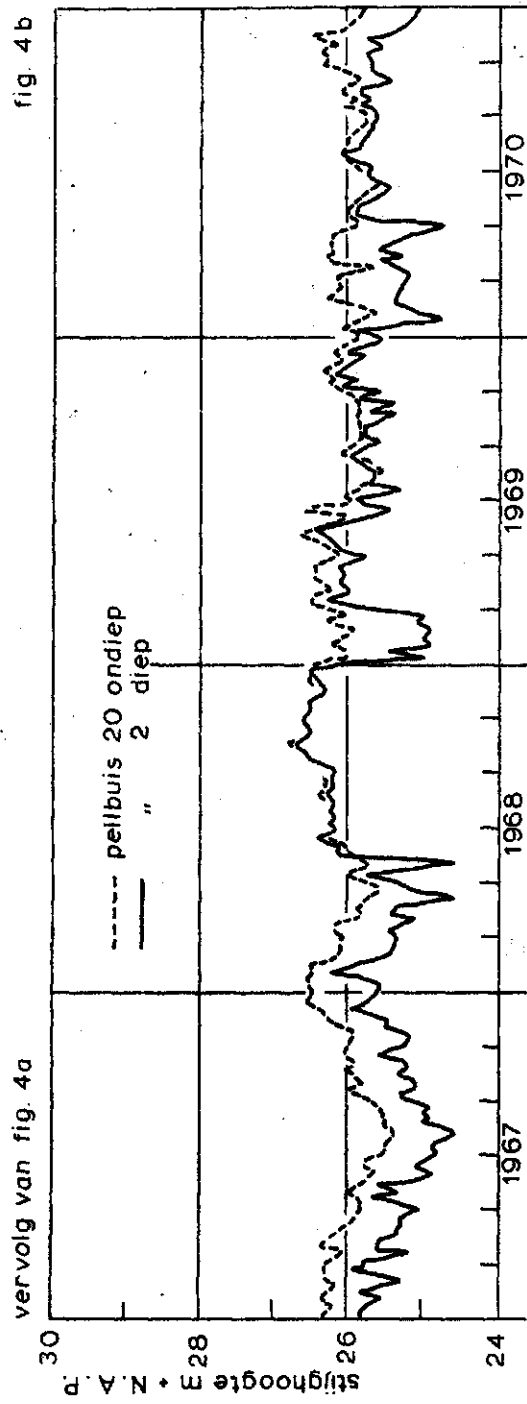
De kleine piekjes in de tijdstijghoogtelijn van de ondiepe peilbuis 29 zijn, zoals ook elders incidenteel in het cijfermateriaal voorkomt, steeds van de orde van 50 cm en moeten tot afleesfouten op de meetketting worden teruggevoerd.

Een volgend opvallend verschijnsel is het verschil in gedrag tussen de waterstanden in de diepe en ondiepe peilbuizen onderling. Te Manderveen is het verschil in stijghoogte tussen het diepe en het ondiepe filter in de orde van 30 à 50 cm. Dit verschil neemt in grootte toe naarmate het pompstation Manderveen meer water aan de bodem onttrekt. Bij een onttrekking van $50\,000\text{ m}^3/\text{week}$ is het verschil in stijghoogte opgelopen tot ruim 1 m. Dat deze verschillen door de wateronttrekking in stand worden gehouden blijkt duidelijk in de tweede helft van 1968. Gedurende dit half jaar wordt praktisch geen water aan het gebied van Manderveen onttrokken en in de diepe respectievelijk ondiepe buis worden dan praktisch dezelfde waterstanden gepeild (figuur 4b). Nadat Manderveen weer in werking komt treden de verschillen weer op, sterk afhankelijk van de grootte van de wateronttrekking.

tijdstijgheoghtelijnen van peilbuizen bij de centra van wateronttrekking

fig. 4a





In tegenstelling hiermee treedt te Manderheide ook indien geen wateronttrekking plaatsvindt een groot verschil in stijghoogten op (figuur 4a). Dit verschil is vrij constant en bedraagt 1 à $1\frac{1}{4}$ m. Wanneer echter het pompstation Manderheide in werking komt bedraagt dit verschil veel meer en bereikt waarden tot bijna $2\frac{1}{2}$ m (figuur 4b). Tijdens de korte periode dat te Manderheide weer géén water onttrokken wordt - februari 1969 - bedraagt het verschil weer, evenals in voorgaande jaren, niet veel meer dan 1 m. In de maanden die dan volgen neemt het verschil in stijghoogten tussen het diep- en het ondiep geplaatste filter weer toe in afhankelijkheid van de onttrokken hoeveelheid.

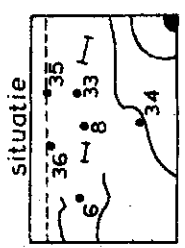
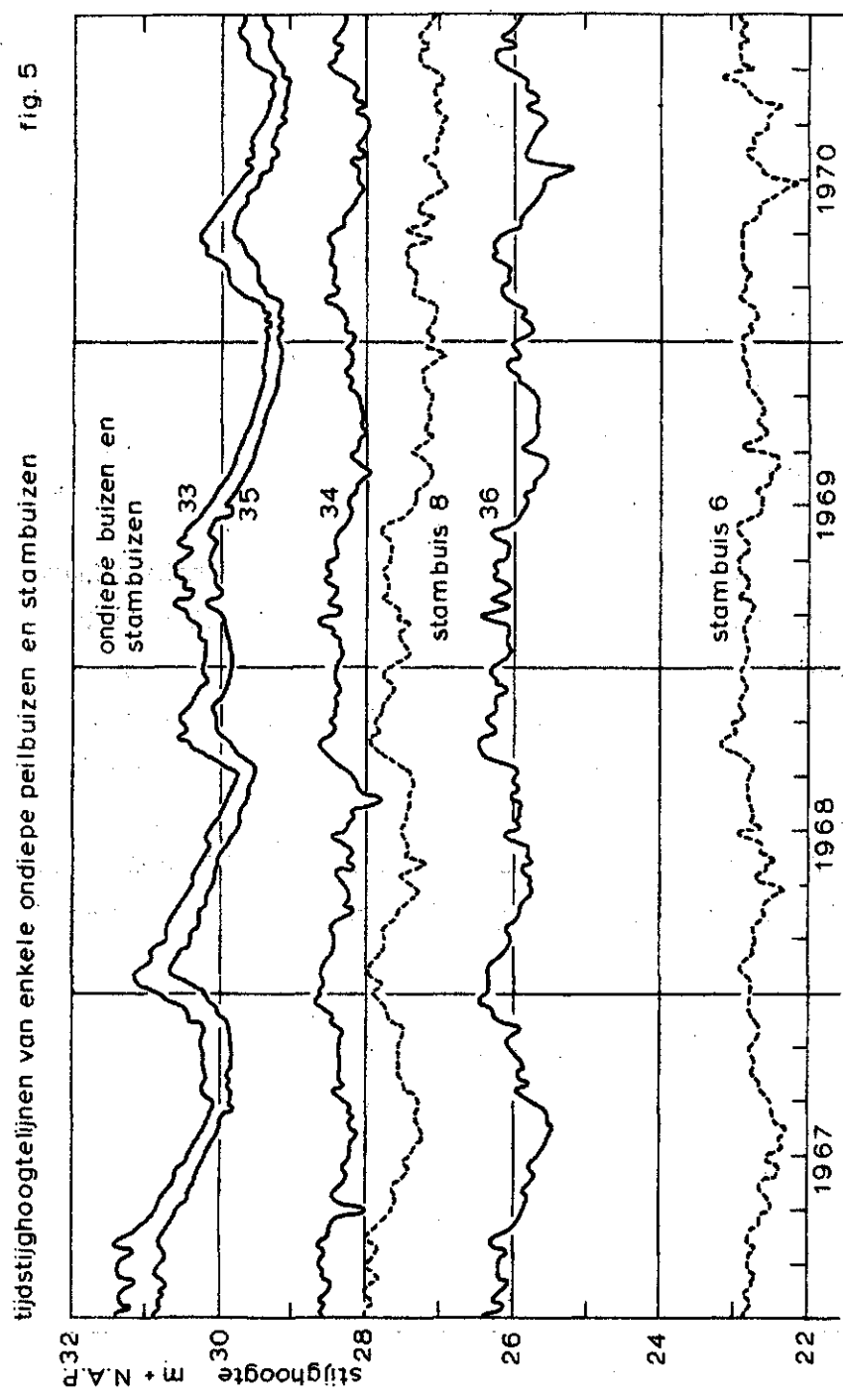
Tenslotte wordt nog opgemerkt dat in deze dicht bij de onttrekkingscentra geplaatste peilbuizen de invloed van de waterwinning zeer duidelijk in de grondwaterstanden tot uiting komt. Het alternerend werken van beide pompstations wordt door de daarbij gepaard gaande grondwaterstandsstijgingen en dalingen in de tijdstijghoogtelijnen teruggevonden. Dit is vooral het geval in de diepe peilbuizen.

9.3. Enkele ondiepe buizen

Voorbeelden van tijdstijghoogtelijnen in enkele ondiepe peilbuizen worden gegeven in figuur 5. In deze figuur staan ook de lijnen van het waterstandsverloop in de stambuizen weergegeven.

De meetpunten 35 en 33 in de fluvio-glaciale afzettingen vertonen het beeld van een niveauverlaging over de laatste recente jaren wat mogelijk een herstel is van de stijging veroorzaakt door de extreem natte jaren 1965 (1 060 mm) en 1966 (1 180 mm). Aangezien van vóór 1967 waterstandsggegevens uit deze meetpunten ontbreken valt niet te zeggen of het oorspronkelijke niveau reeds bereikt is.

De meetpunten 34, nabij de beek, en 36 in het veengebied vertonen een dergelijke daling niet. Bij deze peilbuizen vallen weer sterker de meteorologische invloeden op, zich uitend in een grillig patroon van stijgingen en dalingen gesuperponeerd op de algemene trend.



9.4. B e e k p e i l e n

Het is gebleken dat de beekpeilen, waargenomen in meetpunt 45, geen verdere verklaring van opgemeten waterstanden bewerkstelligen (SCHULTZ, 1970). Het beekpeil bedroeg gemiddeld 3 490 cm + NAP met een laagste stand van 3 470 en een hoogste van 3 524 gedurende de jaren 1963 t/m 1970. Deze praktisch constante peilen zijn niet gecorreleerd met de zo sterk fluctuerende grondwaterstanden.

10. TIJDVAKKEN VAN BEREKENING

Voor de berekening van de parameters uit (1) voor alle peilbuizen, kan een keuze uit een aantal tijdvakken gemaakt worden. De eis die daarbij gesteld moet worden is deze dat gedurende het gehele tijdvak waaruit gegevens gebruikt worden, de hydrologische situatie in het onderzoeksgebied niet mag veranderen. Dit houdt in dat in het onderhavige geval een paar tijdvakken voor berekening van de parameters - die de samenhang in hydrologische eigenschappen vastleggen - in aanmerking kunnen komen.

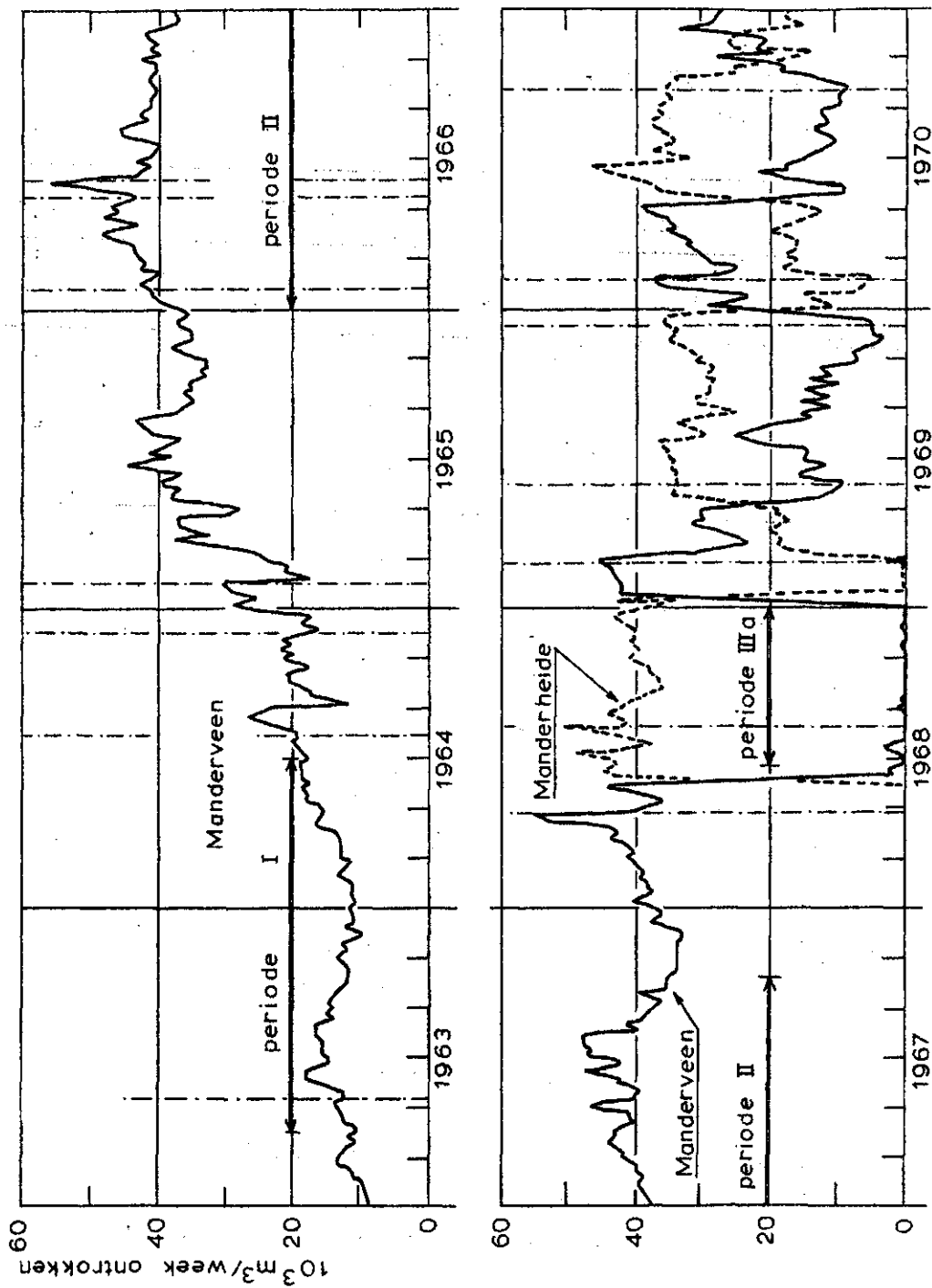
In het door SCHULTZ (1970) beschreven onderzoek zijn drie tijdvakken onderscheiden. De resultaten van zijn onderzoek en de ervaring met het cijfermateriaal opgedaan, benevens het feit dat inmiddels een nieuw half jaar aan gegevens aan de waarnemingen kon worden toegevoegd, hebben er toe geleid een gewijzigde indeling in 3 tijdvakken aan te houden. Deze worden gedefinieerd in tabel 1, en weergegeven in figuur 6.

Tabel 1. Indeling in tijdvakken op basis van de toegepaste wijze van waterwinning

Tijdvak	Onttrekkingen in m ³ /week			
	van	tot	Manderveen	Manderheide
I	4 april 1963 -	3 juli 1964	≤ 20 000	geen
II	6 jan. 1966 -	2 sept. 1967	45 000	geen
III	8 juni 1968 -	26 sept. 1970	alternerend	alternerend
IIIa	22 juni 1968 -	11 jan. 1969	geen	40 000

fig. 6

indeling in tijdvakken en data van berekende verlagingen



Wil men nu de parameters uit (1) bepalen geldig voor een situatie waarbij geen kunstmatige invloeden een rol speelden, dan zijn de volgende tijdvakken hiertoe geschikt.

Tabel 2. Tijdvakken geschikt voor het bepalen van parameters ter karakterisering van de samenhang tussen waterstandsmetingen

Tijdvak	Manderveen		Manderheide	
	Onttrekking	Aantal waarnemingen	Onttrekking	Aantal waarnemingen
I	laag	63	geen	geen
II	hoog	84	geen	84
IIIa	geen	30	hoog	30

Uit deze tabel volgt dat het in het gegeven geval niet mogelijk is een tijdvak uit te zoeken waarin over het gehele gebied waarnemingen beschikbaar zijn en tevens geen wateronttrekking plaatsvond. Men kan dus of de parameters bepalen uit perioden waarin geen onttrekking plaatsvond met het bezwaar dat voor verschillende buizen verschillende tijdvakken moeten worden gebruikt, of de parameters bepalen uit eenzelfde tijdvak en een correctie aanbrengen op het feit dat niet met het nul-niveau van wateronttrekking is gewerkt. Deze laatste oplossing is hier toegepast en zal thans worden toegelicht.

10.1. Verband tussen tijdvakken

Ten einde aan te geven welke berekeningswijze is gevolgd wordt eerst een algemene formulering gegeven.

Stel dat met gegevens uit een tijdvak t_0 de parameters uit (1) worden geschat. Het rekenmodel is dan, voor een willekeurige peilbuis P

$$P(t_0) = \beta_6 S_6(t_0) + \beta_8 S_8(t_0) + \alpha_0 + \varepsilon(t_0) \quad (2)$$

Bij minimale variantie^{*)} - dus $\hat{E} \{ \varepsilon(t_0) \}^2 = s^2(t_0)$ minimaal - zijn de schattingen voor de parameters de getallen b_6 , b_8 en a_0 . Met deze parameterwaarden kunnen de waterstanden terugberekend worden volgens

$$\hat{P}(t_0) \text{ def. } b_6 S_6(t_0) + b_8 S_8(t_0) + a_0 \quad (3)$$

waaruit dan volgt

$$\hat{\varepsilon}(t_0) = P(t_0) - \hat{P}(t_0) \text{ def. } d(t_0) \quad (4)$$

ook wel de (O - C)-waarde - Observed minus Calculated - genoemd.

Echter kan men de parameters ook schatten met gegevens uit een tijdvak t_1 . De formulering is dan analoog en de variantie wordt nu geschat met $s^2(t_1)$, en de parameters met a'_0 , b'_6 en b'_8 . Het verschil tussen gemeten en berekende waarden is nu $d(t_1)$ met $\bar{d}(t_1) = 0$.

Stel dat een systematisch niveauverschil in grondwaterstand optreedt tussen de tijdvakken t_0 en t_1 en dat in het tijdvak t_0 het nul-niveau van wateronttrekking voorkomt. Dan gelden de volgende relaties voor de gemiddelden over t_0

$$\begin{aligned} P(t_0) - b_6 S_6(t_0) - b_8 S_8(t_0) - a_0 &= 0 \\ P(t_0) - b'_6 S_6(t_0) - b'_8 S_8(t_0) - a'_0 &\neq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

De laatste vergelijking betekent dus dat de parameters zijn uitgerekend met gegevens uit tijdvak t_1 , terwijl daarna de (O - C)-waarden met deze parameteruitkomsten werden berekend over tijdvak t_0 , waarna deze werden gemiddeld.

Stel dat de uitkomst van (5) gelijk is aan a'_1 . De gemiddelde waarde is dan dus te herleiden op het nul-niveau door te nemen

$$\hat{P}(t_0) = b'_6 S_6(t_0) + b'_8 S_8 + (a'_0 + a'_1)$$

^{*)} Met $\hat{}$ worden schattingen van de theoretische waarden bedoeld.

Door dus als optelconstante te kiezen $A_0 = (a'_0 + a'_1)$ wordt bereikt dat het gemiddelde van

$$P(t_0) - \hat{P}(t_0) = 0$$

Het optellen van een correctie bij de constante a'_0 heeft geen invloed op de waarde van $s^2(t_1)$, deze blijft over tijdvak t_1 gelijk daar geldt dat de variantie van $d(t_1)$ gelijk is aan de variantie van $d(t_1) + a'_1$.

De systematische grondwaterstandsverlaging volgt dan uit

$$E\{\underline{\varepsilon}(t_1)\} = \bar{d}(t_1) + E(a'_1) = a'_1$$

10.2. G e k o z e n o p l o s s i n g

Uitkomsten van berekeningen uit de tijdvakken I en IIIa werden onderling vergeleken. Het bleek hierbij dat ondanks het feit dat tijdvak IIIa het kleinste aantal gegevens leverde, de uitkomsten in dezelfde orde van betrouwbaarheid lagen. Dit wordt toegelicht met de volgende tabel. Hierin wordt met $\bar{d}$ de gemiddelde (O - C)-waarde aangeduid en met s_d de standaardafwijking van d .

Tabel 3. Vergelijking van uitkomsten van standaardafwijkingen berekend uit 2 tijdvakken voor een aantal kenmerkende meetpunten

Manderveen onttrekking		Parameterwaarden berekend uit tijdvak					
		I			IIIa		
I : 15 000 m ³ /week		diep	ondiep		diep	ondiep	
IIIa: geen		2	5	18	2	5	18
Tijdvak I	$\bar{d}$	0.014	0.000	0.008	-53.71	-15.72	-7.06
	s_d	10.63	4.41	8.45	13.73	5.07	9.68
Tijdvak IIIa	$\bar{d}$	52.95	14.93	5.12	0.001	0.002	0.002
	s_d	9.30	5.40	8.00	2.95	4.93	6.57

Tabel 4. Vergelijking van uitkomsten van standaardafwijkingen berekend uit 2 tijdvakken voor een aantal kenmerkende meetpunten

Manderheide onttrekking		Parameterwaarden berekend uit tijdvak							
		II				IIIa			
II : geen		diep			ondiep	diep			ondiep
IIIa: 40 000 m ³ /week		9	12	16	29	9	12	16	29
Tijdvak II	$\bar{d}$	0.0	0.0	0.0	0.0	30.47	164.24	62.99	43.81
	s_d	5.29	8.11	5.31	14.14	7.00	14.64	7.33	34.87
Tijdvak IIIa	$\bar{d}$	niet berekend				0.024	-0.004	0.027	0.011
	s_d					3.36	11.12	6.38	14.46

Uit tabel 3 blijkt, door vergelijking van de waarden van s_d , dat het gebruik van de parameters uit tijdvak IIIa, toegepast op I ongeveer dezelfde betrouwbaarheid heeft als die uit I.

Overeenkomstige resultaten worden verkregen uit het gebied van Manderheide.

De schattingen voor de parameters zijn nu alle berekend met gegevens uit tijdvak IIIa. Onttrekkingen van grondwater kwamen te Manderveen toen (bijna) niet voor zodat de uitkomsten geldig zijn voor het nul-niveau van de grondwaterstandsverlaging.

Te Manderheide traden wel verlagingen van het grondwater op. Hierop werd gecorrigeerd door de constante zo te wijzigen dat de gemiddelde (O - C)-waarde over tijdvak II gelijk werd aan nul.

11. UITKOMSTEN VAN REGRESSIEBEREKENINGEN

De uitkomsten staan weergegeven in bijlagen 1 en 2. Als toelichting wordt het volgende voorbeeld gegeven.

11.1. Rekenvoorbeeld

Op 4 januari 1969 werden de volgende metingen verricht:

$S_6 = 2\ 288\text{ cm} + \text{NAP}$, stambuis

$S_8 = 2\ 772\text{ ''}$, ''

$P_{12} = 2\ 878\text{ ''}$, diepe peilbuis te Manderheide.

Voor P_{12} wordt met (1) gevonden met de gegevens uit tijdvak IIIa (zie bijlage 1)

$$\hat{P}_{12} = (-0.9184)S_6 + (1.1860)S_8 + 1702.647 \quad (6)$$

De gemiddelde stand van P_{12} bedroeg in tijdvak IIIa $2\ 874\text{ cm} + \text{NAP}$ (bijlage 2). De wateronttrekking te Manderheide bedroeg in deze weken $40\ 000\text{ m}^3/\text{week}$. Worden nu de waterstanden gemeten in S_6 en S_8 in tijdvak II in vergelijking (6) ingevuld en de gemiddelde waarde van de verschillen met de gemeten standen berekend dan wordt een uitkomst van 164 cm verkregen. De gemeten waterstanden zijn dus dit bedrag gemiddeld te hoog. Aangezien in tijdvak II te Manderheide nog geen water werd gewonnen - en de onttrekkingen te Manderveen niet op de waterstanden in het gebied van Manderheide van invloed zijn - betekent dit dat een correctie van 164 cm op de parameter a_0 moet worden toegepast om een waarde van gemiddeld 0 over tijdvak II tot uitkomst te krijgen.

De eigenlijke formule voor P_{12} luidt nu (zie bijlage 1):

$$\hat{P}_{12} = (-0.9184)S_6 + (1.1860)S_8 + 1866.887 \quad (7)$$

Invullen van de stambuisgegevens heeft tot resultaat een schatting van de waterstand zonder het effect van kunstmatige beïnvloeding, te weten

$$\hat{P}_{12} = 3053.2\text{ cm} + \text{NAP}$$

waaruit volgt voor de (0 - C)-waarde

$$P_{12} - \hat{P}_{12} = 2878 - 3053.2 = -175.2\text{ cm}$$

De betekenis hiervan is dat tengevolge van de wateronttrekking in peilbuis 12 op 4 januari 1969 een waterstandsverlaging ten opzichte van het natuurlijk niveau is opgetreden van 175 cm.

De nog te bespreken kaartjes en curven met verlagingen van grondwaterstanden zijn alle op analoge wijze als hier besproken, berekend.

11.2. Parameterwaarden

De uitkomsten van de berekeningen van de parameters staan vermeld in bijlagen 1 en 2. De berekeningen berusten overwegend op 30 gegevens. De regressiecoëfficiënten b_6 en b_8 zijn meestal zeer significant afwijkend van nul ($> 2 s_{b_i}$, $i = 6, 8$).

Slechts peilbuis 7 geeft een oplossing waarbij niet minstens één der regressiecoëfficiënten deze zekerheid behaalt. Hierop wordt in par. 13 nog teruggekomen.

11.3. Correlatiecoëfficiënten, standaardafwijking

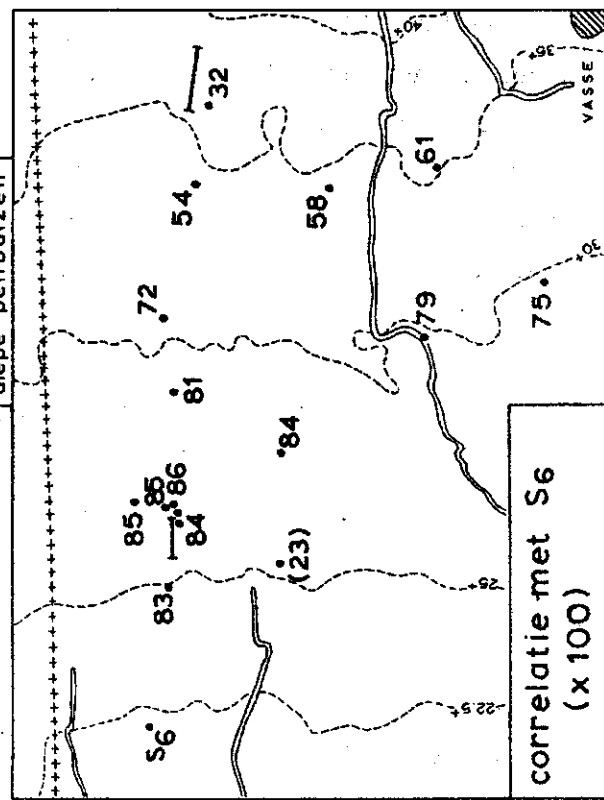
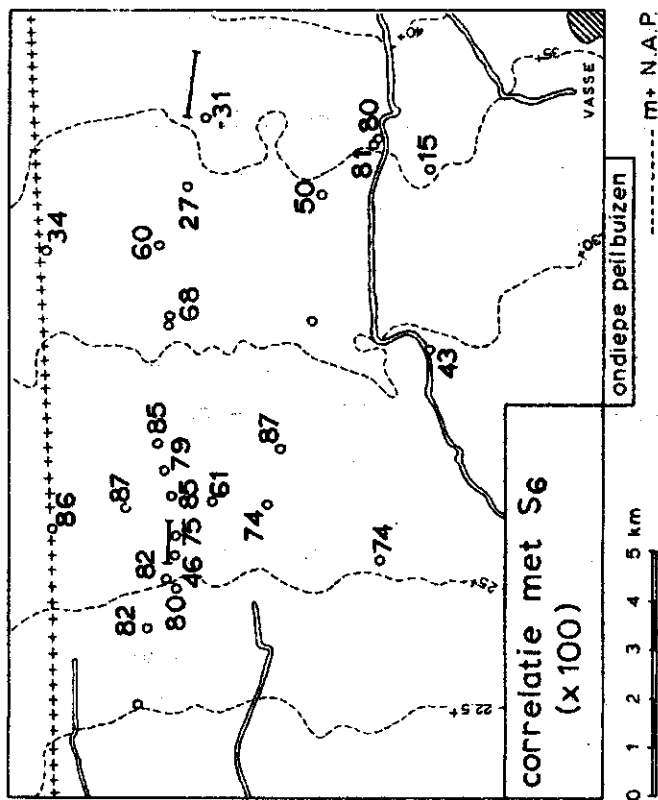
Een topografische voorstelling van de correlatiecoëfficiënten met respectievelijk de stambuizen S_6 en S_8 berekend over het tijdvak IIIa, staan weergegeven in figuur 7.

Met toenemende afstand tot de stambuizen neemt de correlatie af. Zeer duidelijk is dit bij stambuis S_6 . Globaal genomen valt de begrenzing van het gebied met correlaties hoger, respectievelijk lager dan 0.80 samen met de 30 m + NAP hoogtelijn, zowel voor de diepe als de ondiepe filters.

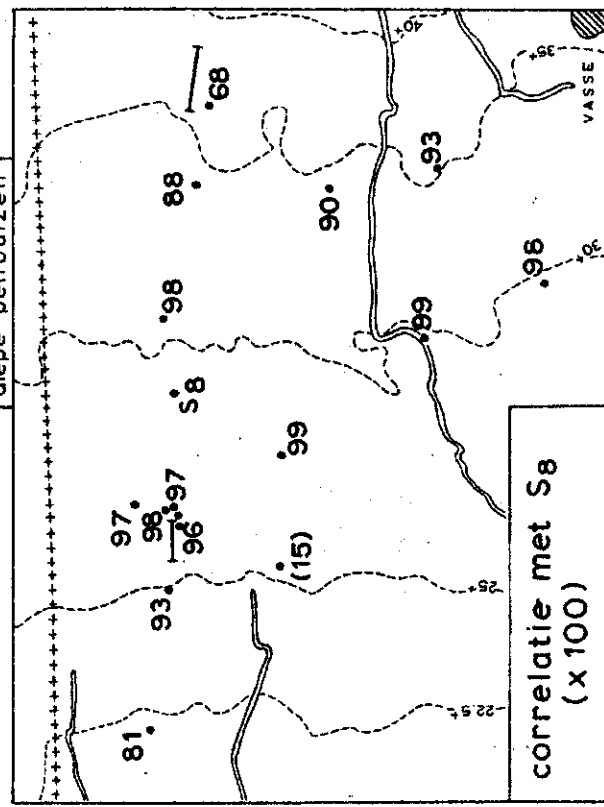
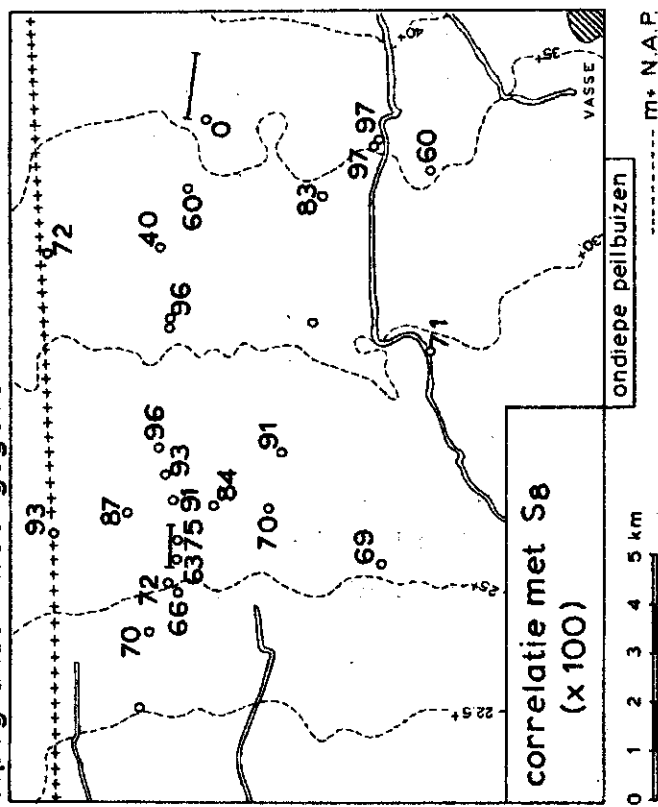
Met toenemende afstand tot stambuis S_8 neemt de correlatie eveneens af, vooral in de richtingen oost-west respectievelijk west-oost. Praktisch alle diepe filters zijn met S_8 hoger gecorreleerd dan $r = 0.80$. De uitzonderingen zijn P_7 en P_{12} . Op de eerste wordt nog teruggekomen; de laatste wordt sterk door de wateronttrekking beïnvloed hetgeen de lage waarde verklaart.

De ondiepe filters vertonen eenzelfde patroon met sneller dalende correlatiecoëfficiënten bij toenemende afstand tot S_8 , tengevolge van een sterkere invloed van meteorologische invloeden.

correlatie coëfficiënten met



stambuizen over tijdvak III a
topografisch weergegeven



De multiële correlatiecoëfficiënt bereikt steeds een hoge waarde (figuur 8). De diepe filters zijn praktisch alle hoger gecorreleerd dan een waarde van 0.90. Voor de ondiepe filters gelden weer lagere waarden. Opvallend hierbij is dat waarden boven 0.90 voornamelijk voorkomen in de afzettingen van het Fluvio-glaciaal.

Dezelfde figuur geeft de standaardafwijkingen ten opzichte van het rekenmodel. Voor de diepe filters blijft deze beneden 7 cm, behalve voor meetpunt 12, waarin weer het effect van de onttrekkingen tot uiting komt.

Bij de ondiepe filters variëren de uitkomsten sterker en nemen groter waarden aan doch blijven beperkt tot 15 cm.

Deze uitkomsten hebben ertoe geleid de volgende grenswaarden aan te houden die maatgevend zijn gesteld voor het optreden van grondwaterstandsverlagingen veroorzaakt door wateronttrekking.

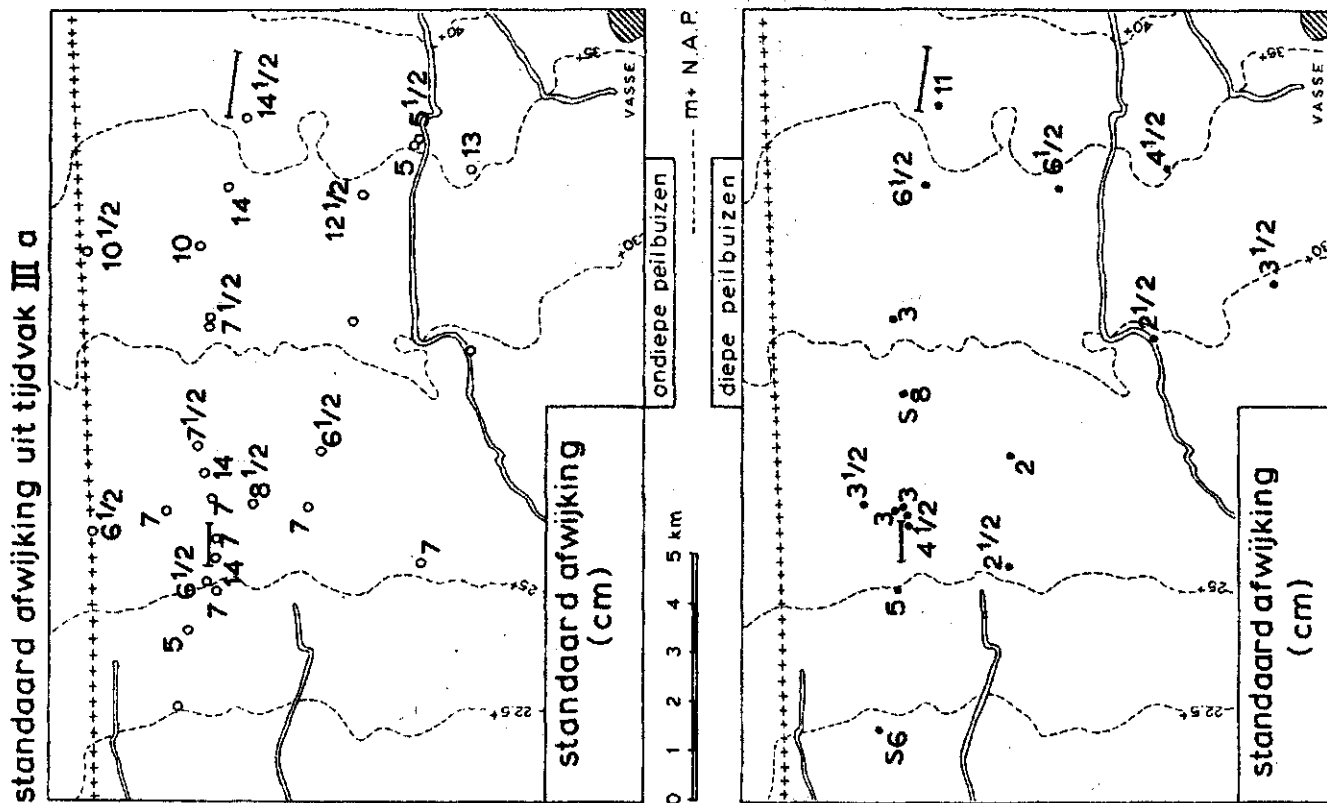
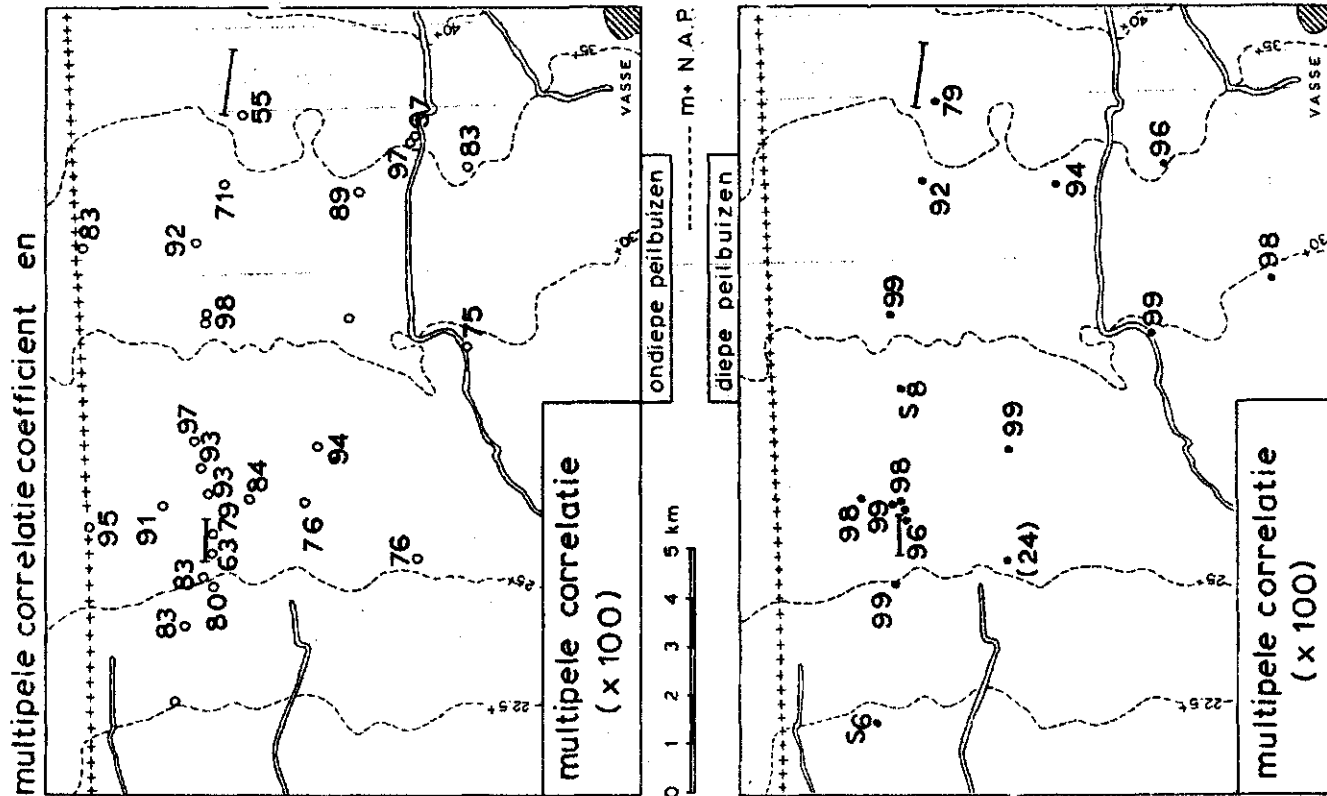
Tabel 5. Verlagingen van grondwaterstanden (cm) die minstens moeten zijn bereikt of overschreden teneinde van systematisch te lage standen te kunnen spreken

Peilbuizen	Manderveen	Manderheide
Ondiep	10	20
Diep	10	20

12. UITKOMSTEN VAN BEREKENDE VERLAGINGEN

Met het nu ontworpen rekensysteem kunnen verlagingen van grondwaterstanden ten opzichte van de natuurlijke situatie, dus die zonder de invloed van wateronttrekkingen, worden berekend. De uitkomsten zijn in een reeks grafieken en kaartjes weergegeven die hieronder in het kort zullen worden besproken.

standaard afwijking uit tijdvak III a



12.1. Het verband met de hoogteligging

Het verband tussen opgetreden grondwaterstandsverlagingen en hoogteligging wordt geïllustreerd met figuur 9 en 10.

Figuur 9 toont met de -----lijn de waterstanden uit de berekening zoals die op 11 juni 1966 zonder wateronttrekking te Manderveen zouden zijn geweest.

Opvallend in de figuur is de 'strategische' ligging van het pompstation namelijk daar waar het diepe grondwater aan de dag treedt. Zoals uit de figuur blijkt bewerkstelligt de wateronttrekking dat de kwel in deze zone vermindert en de stijghoogten van het diepe grondwater tot een ligging onder het maaiveld worden gereduceerd.

De bovenste figuur geldt voor de maximale onttrekking die te Manderveen bereikt werd (11 juni 1966), de onderste figuur voor die te Manderheide (10 augustus 1968).

Figuur 10 illustreert de situatie op twee data waarbij de totale onttrekking de $40\ 000\ \text{m}^3/\text{week}$ overschreed (figuur 3b) doch de verdeling over beide stations tegengesteld was. Bij een onttrekking van $9\ 000\ \text{m}^3/\text{week}$ te Manderveen worden geen duidelijke aanwijzingen voor het optreden van verlagingen geconstateerd.

De omgeving van peilbuis 8 vormt de begrenzing van beide invloedsferen van onttrekking. Het peilbuizenet is hier overigens niet dicht genoeg om een scherpere begrenzing vast te kunnen stellen.

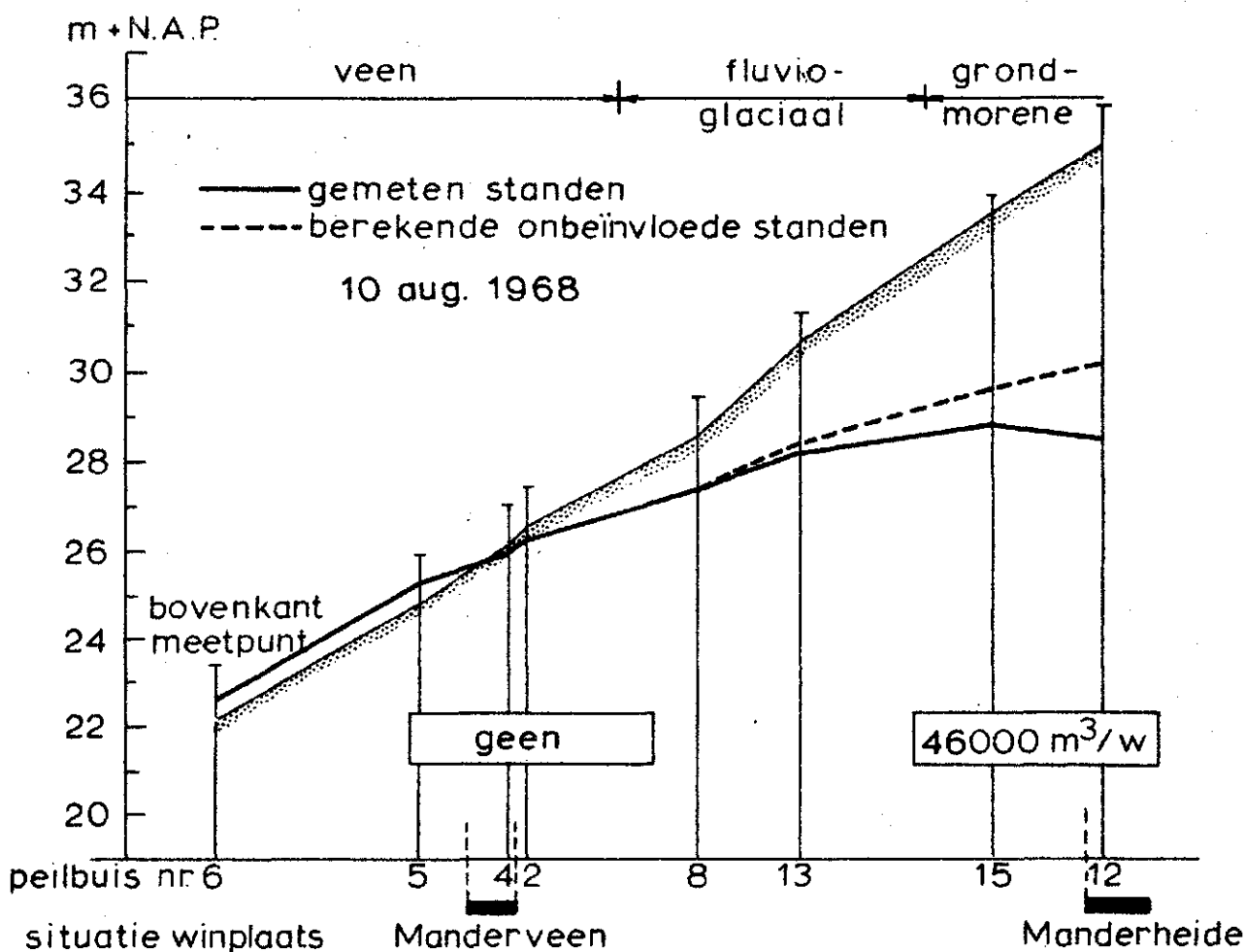
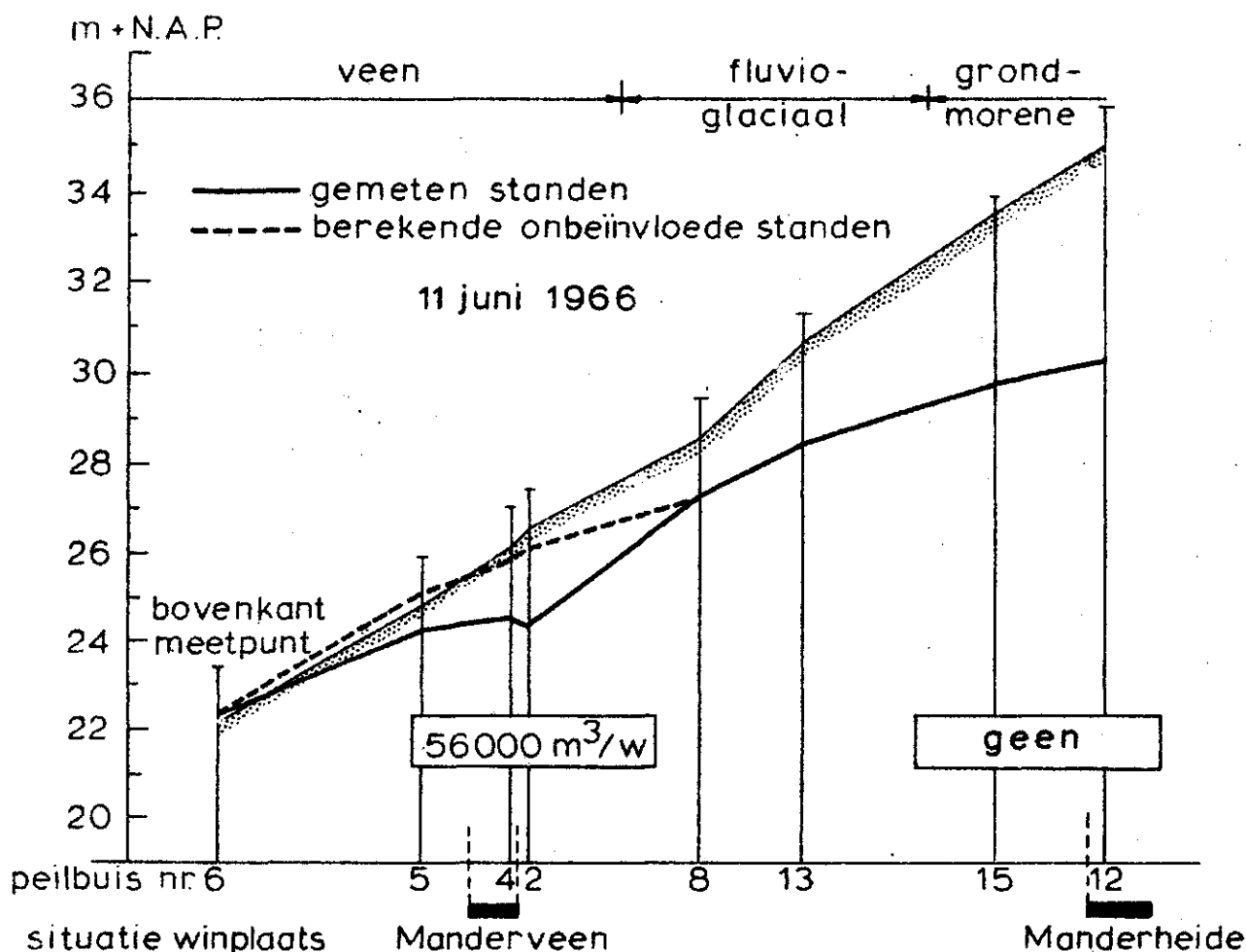
12.2. Het verband met de tijd

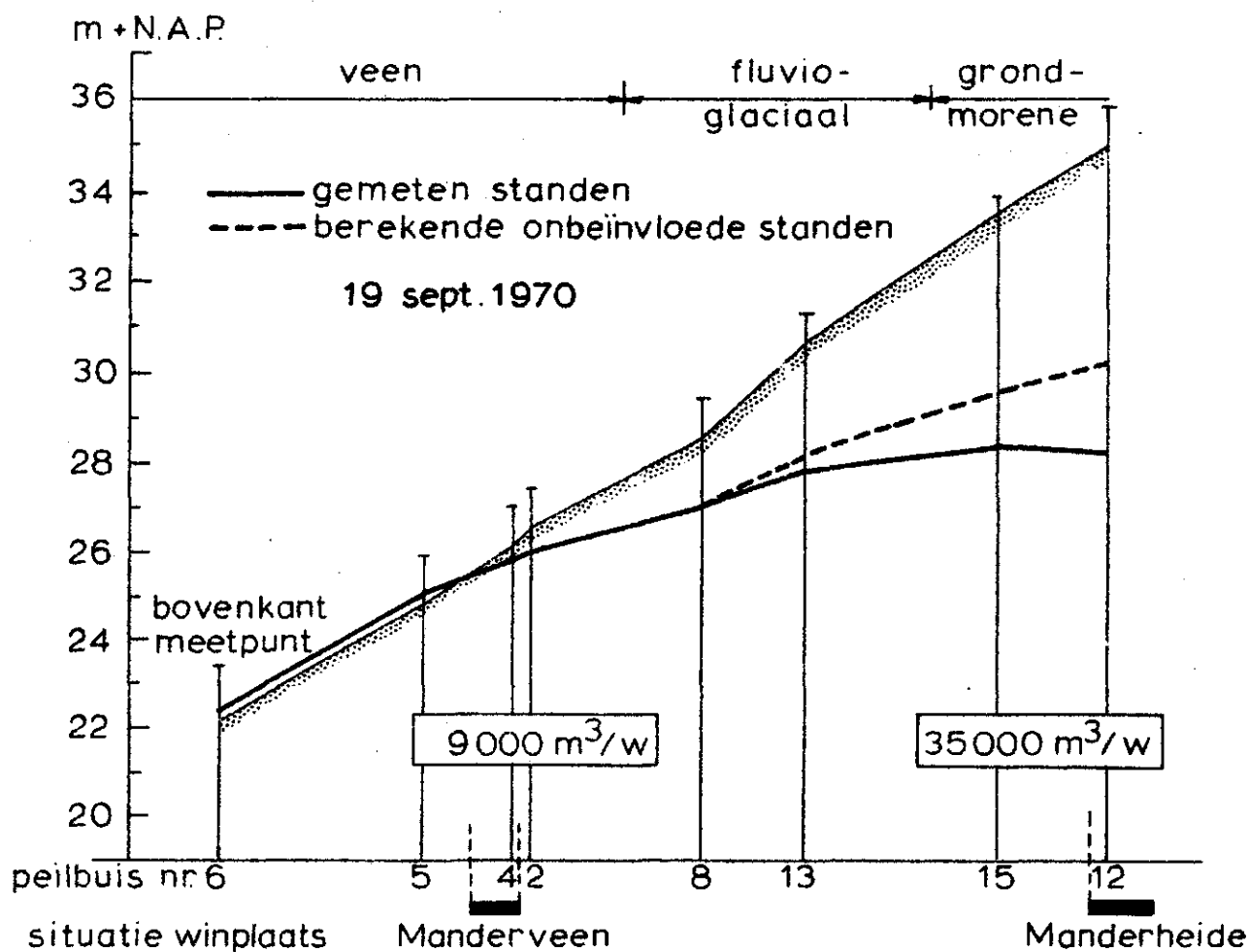
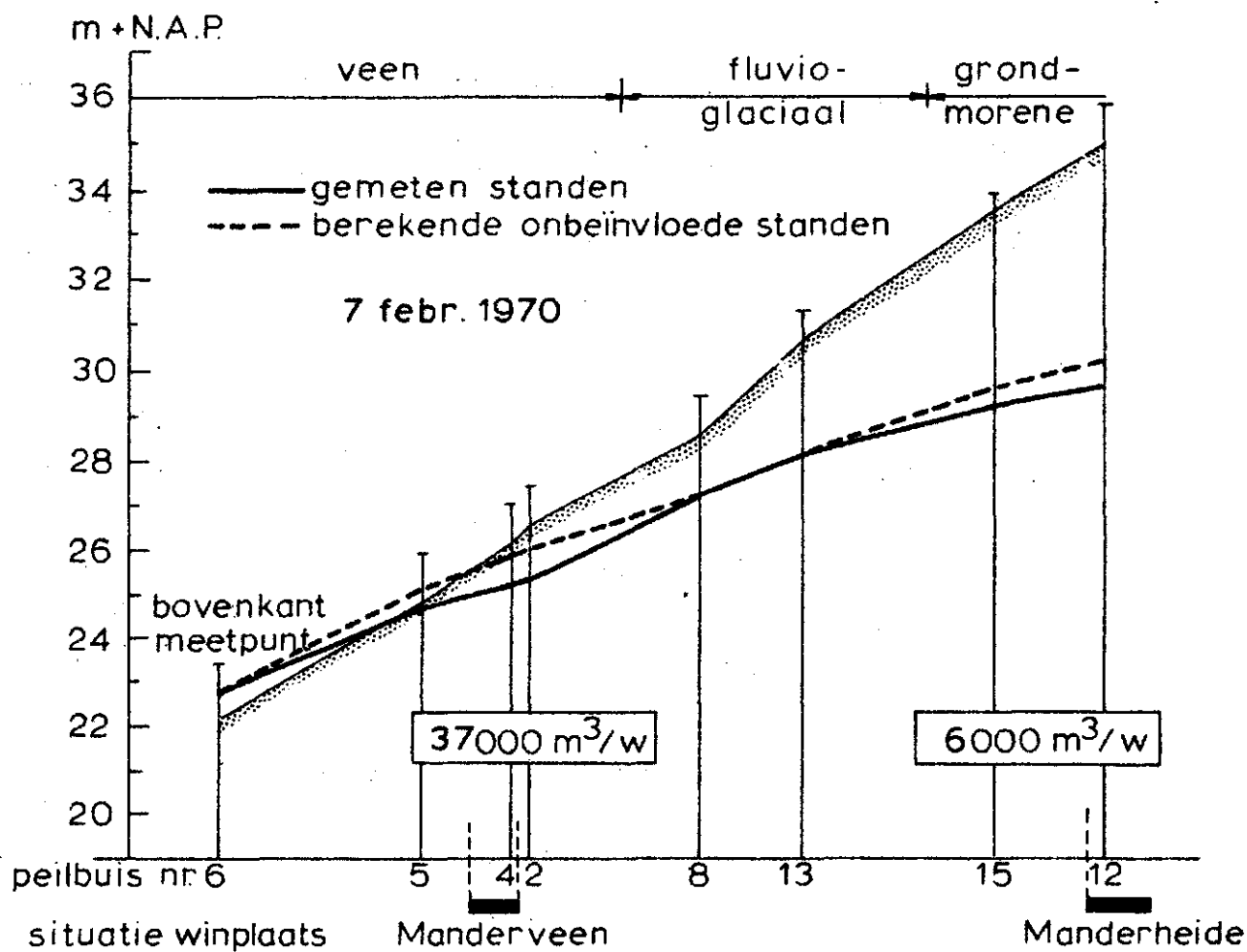
Voor een aantal peilbuizen zijn voor alle data de opgetreden verlagingen van grondwaterstanden uitgerekend. Hierbij ontstaat dus de controle dat indien geen water wordt onttrokken de berekende verlagingen behoudens toevalsfluctuaties gelijk aan 0 moeten zijn.

In de figuren 11, 12 en 13 worden van een aantal diepe en ondiepe peilbuizen de (0 - C)-waarden tegen de tijd uitgezet. Deze figuren kunnen vergeleken worden met figuur 3 waarin de onttrokken hoeveelheden water staan uitgezet.

dwarsdoorsnede over het gebied van meetpunt 6 tot meetpunt 12 op twee data

fig. 9





Figuur 11 geeft verlagingen van stijghoogten in de directe omgeving van de waterwinplaatsen. Dezelfde meetpunten zijn hier uitgezet als in figuur 4, zodat ook deze figuur ter vergelijking kan dienen. De figuren geven duidelijk aan dat een rechtstreeks verband bestaat tussen de onttrokken hoeveelheden en de berekende verlagingen. De toenemende verlaging gedurende de jaren 1964-1966 door de toenemende onttrekkingen te Manderveen waarbij verlagingen van ruim 150 cm ontstaan vallen op. Opmerkelijk is daarna het weer bereiken van het $(0 - C) = 0$ niveau in de tweede helft van 1968 en de correlatie die daarna met de onttrekkingscurve blijft bestaan.

Door het gevoerde waterwinbeleide waarbij afwisselend Manderveen en Manderheide de belangrijkste wingebieden vormen ontstaat een tegengestelde beweging in de peilbuizen rond de winplaats Manderheide. Hier treden verlagingen tot in de orde van 2 meter op.

Eenzelfde type curven volgt in figuur 12 en 13 voor meetpunten die op groter afstand van de waterwinplaatsen zijn gelegen. Opvallend is het hierbij dat ongeveer eenzelfde verlaging in het gebied van Manderheide op veel groter afstand voorkomt, namelijk ongeveer 4 x zo ver van het centrum van onttrekking.

Verder moet nog opgemerkt worden dat de waterstanden in de ondiepe peilbuizen enige vertraging vertonen zowel ten opzichte van de optredende verlagingen als van het daarna volgend herstel. Dit wordt apart toegelicht met twee tabellen namelijk tabel 6 en 7.

verlagingscurven van stijghoogten bij waterwinplaatsen

fig 11a

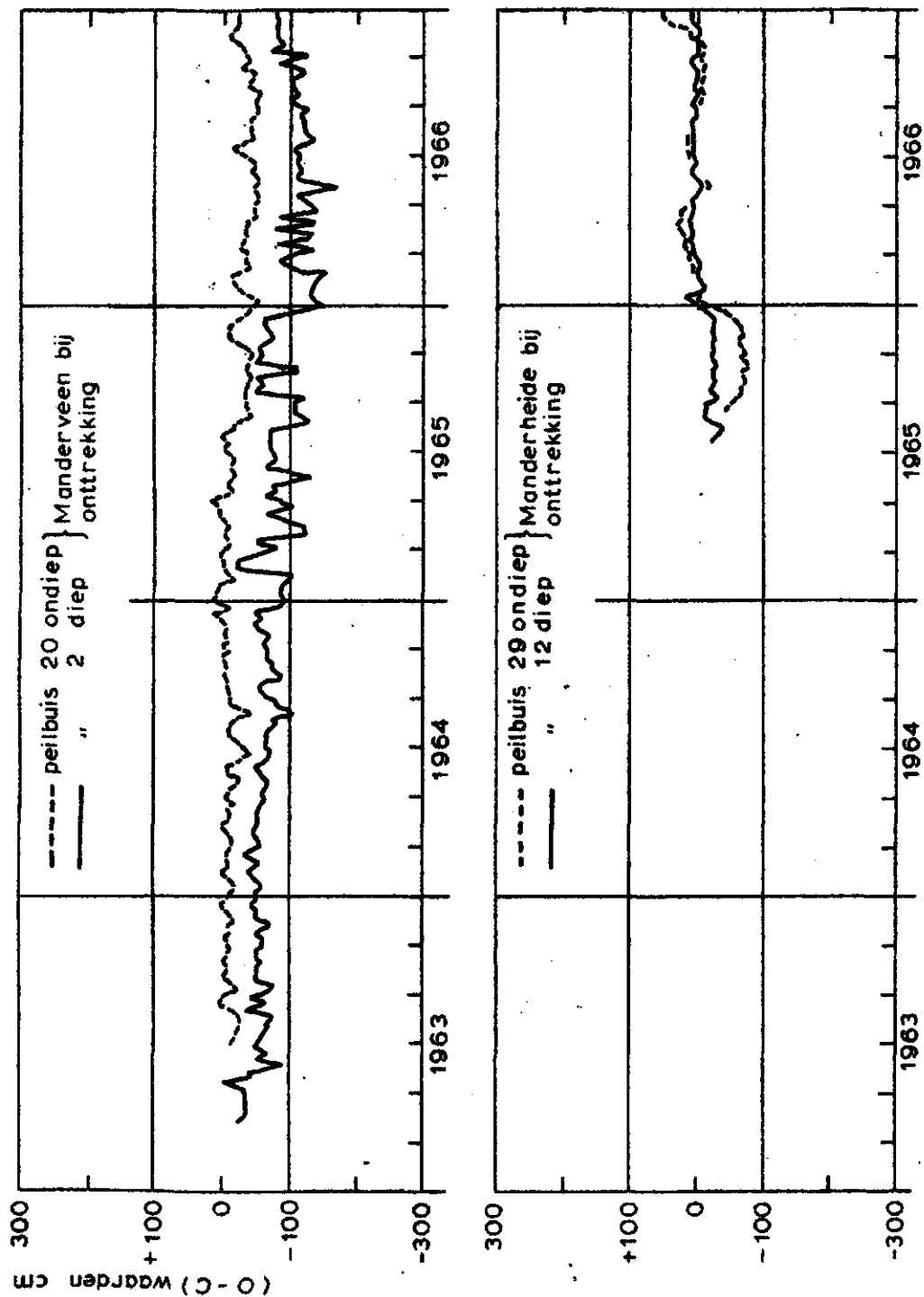
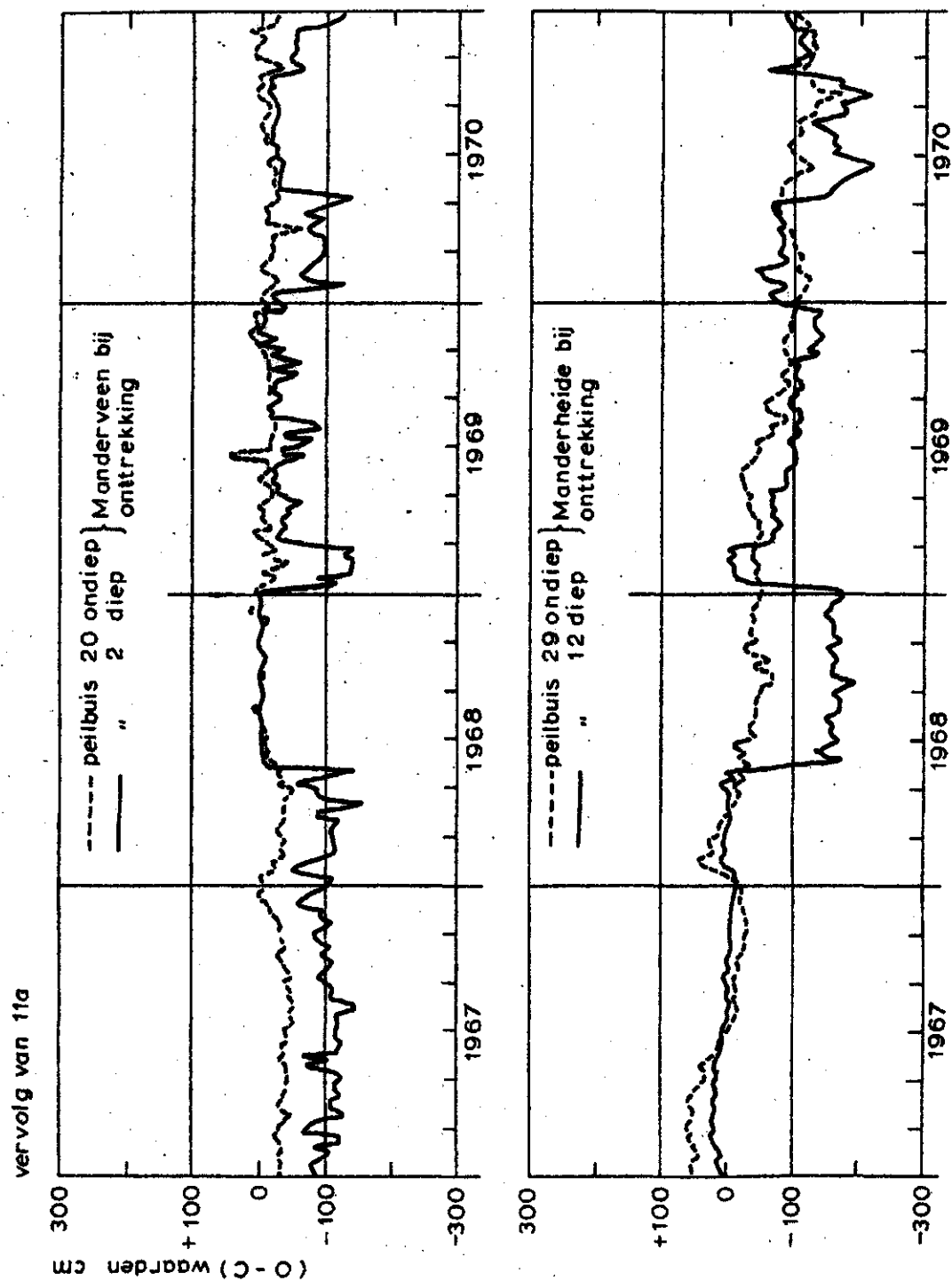
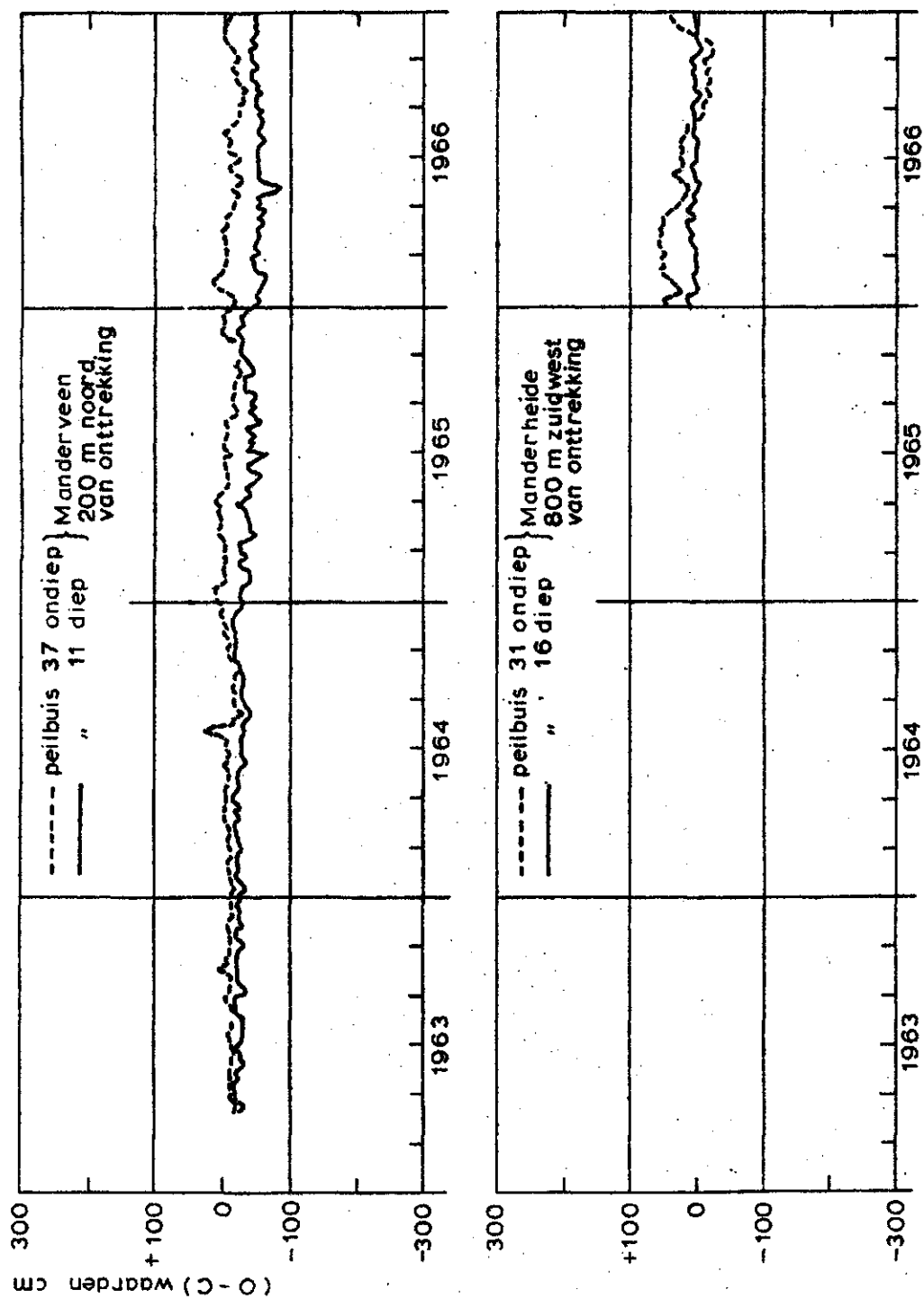


fig. 11b



verlagingscurven van stijghoogten op enige afstand van waterwinplaatsen

fig. 12a



vervolg van 12a

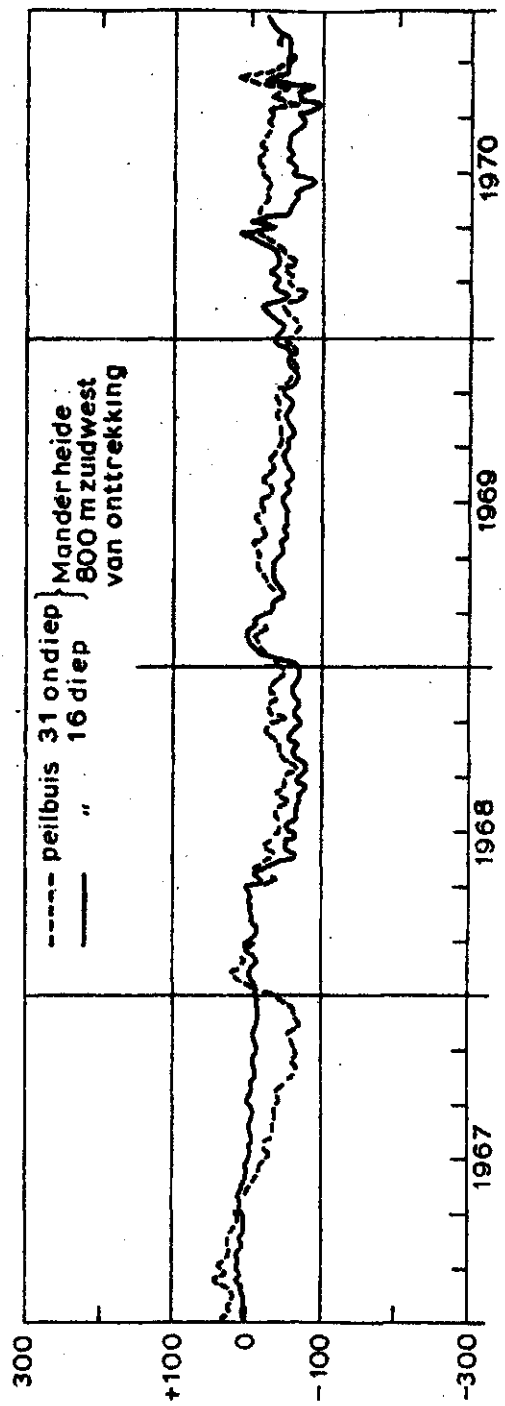
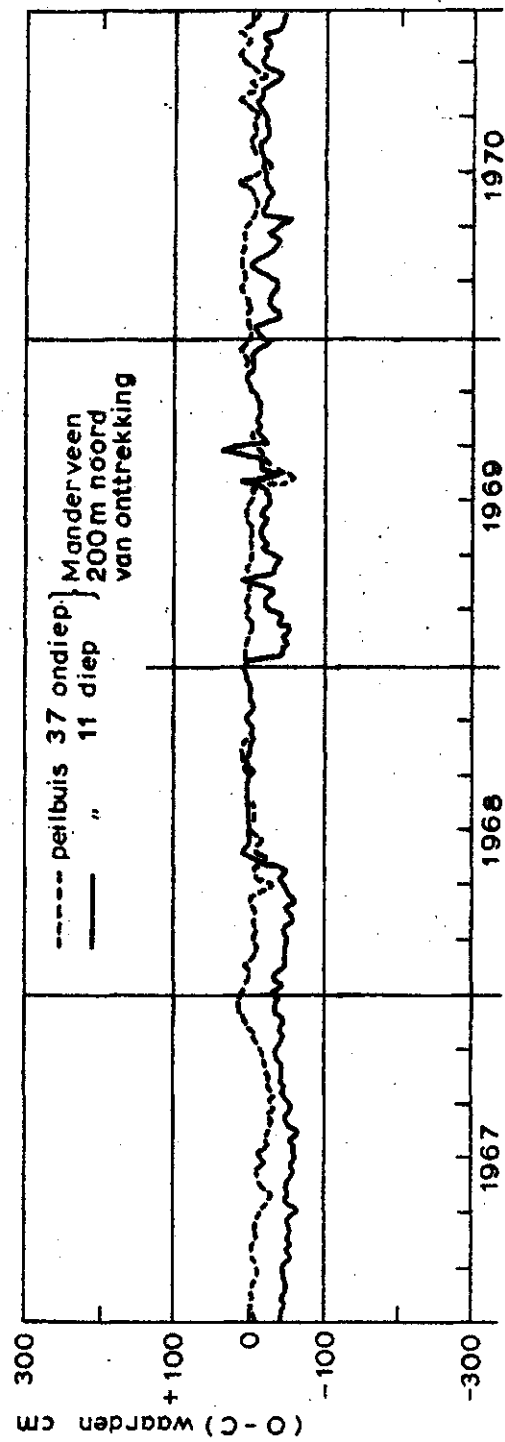
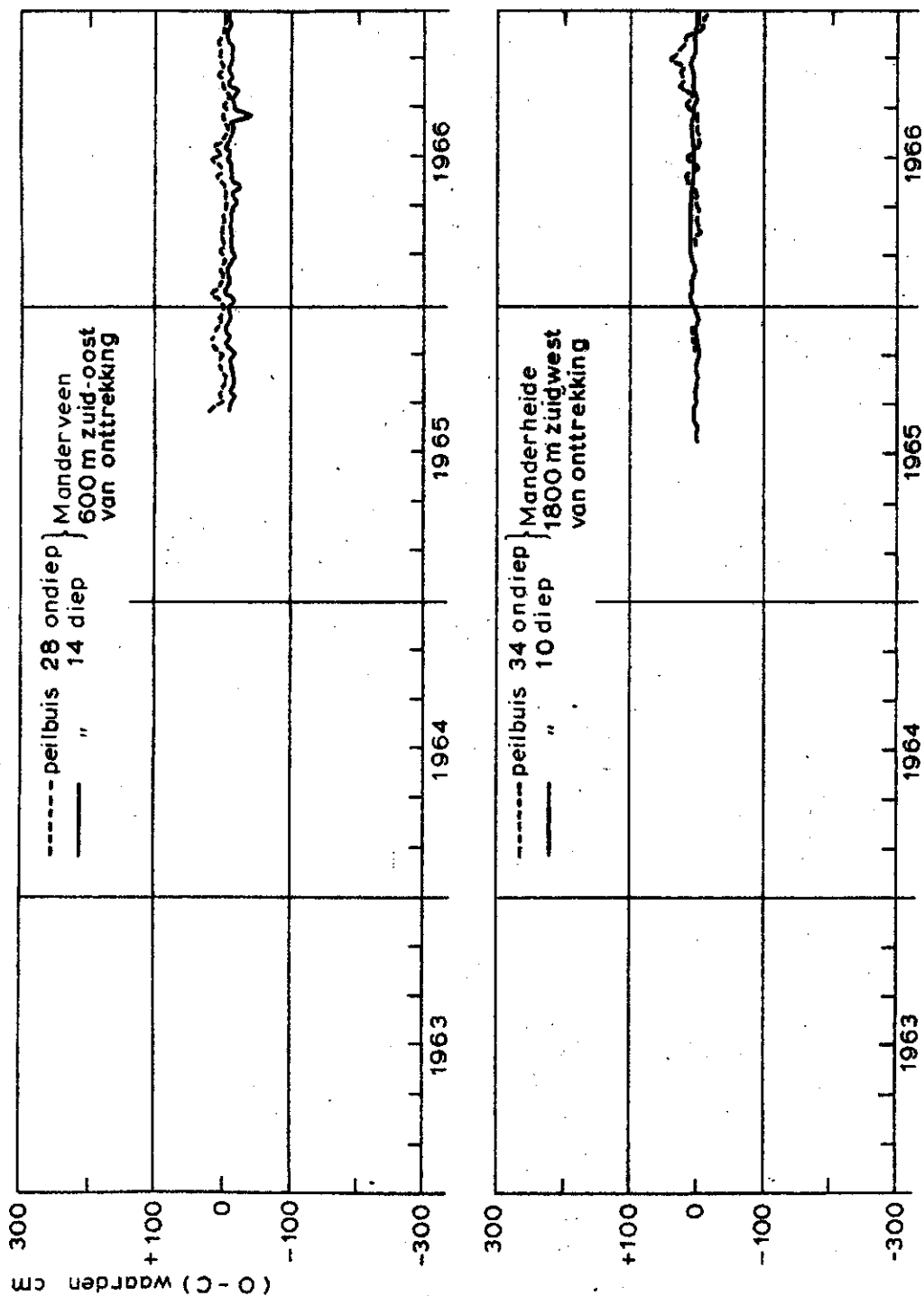


fig. 12b

verlagingscurven van stijghoogten ver van waterwinplaatsen

fig.13a



vervolg van 13a

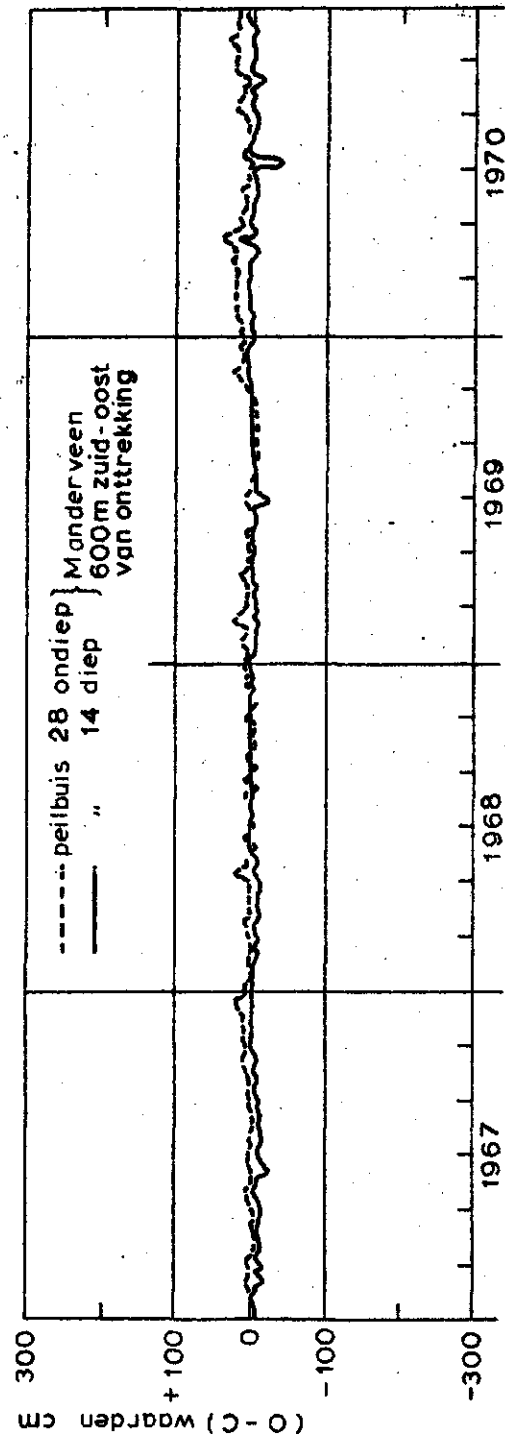
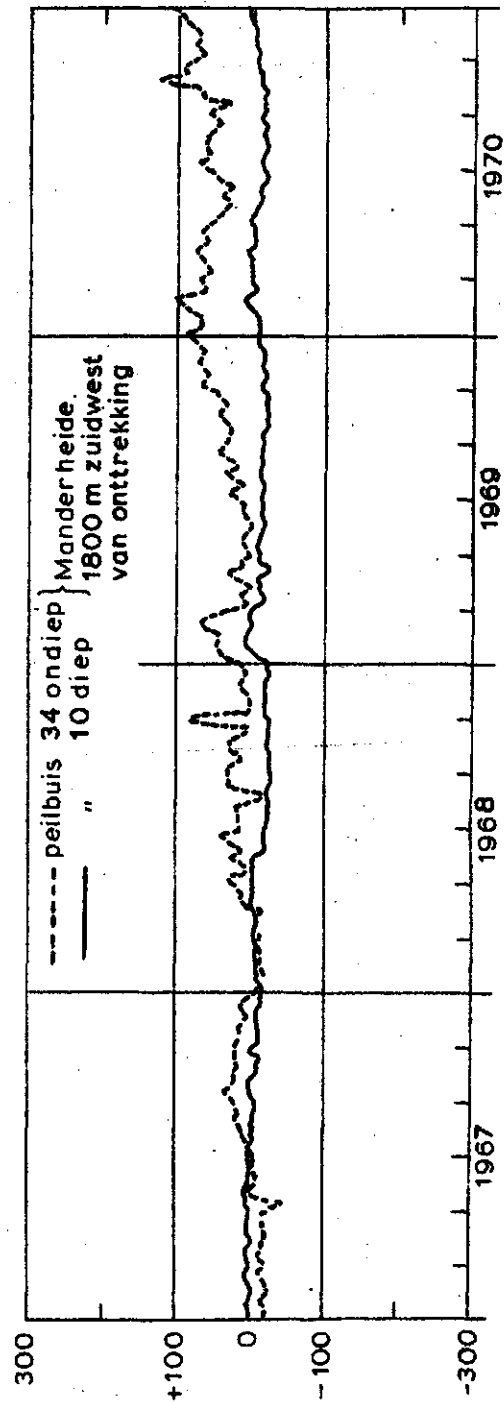


fig.13b



Tabel 6. Waterstandsverlagingen in eenheden van 5 cm bij de waterwinplaats Manderveen

Datum	Wateronttrekking in m ³ /week	Waterstandsverlaging	
		peilbuis 2 diep	peilbuis 20 ondiep
4 mei 1968	42 840	85	50
11 "	37 490	85	50
18 "	35 620	55	25
25 "	38 060	90	35
1 juni	44 600	145	25
8 "	25 140	10	35
15 "	1 780	5	10
22 "	2 540	0	10
28 "	330	0	10
6 juli	0	0	5
13 "	0	0	0
20 "	325	0	5
27 "	0	0	5

Het diepe grondwater reageert onmiddellijk op vermindering en stopzetting van de waterwinning, het ondiepe grondwater blijft nog een verlaging vertonen die eerst langzaam wordt opgevuld.

Sterker doet zich dit verschijnsel voor in het waterwingebied van Manderheide waar een verlaging van 40 cm gedurende 6 weken van geen onttrekking in stand blijft (tabel 7).

Tabel 7. Waterstandsverlagingen in eenheden van 5 cm bij de waterwinplaats Manderheide

Datum	Wateronttrekking in m ³ /week	Waterstandsverlaging	
		peilbuis 12 diep	peilbuis 29 ondiep
23 november 1968	40 600	160	35
30 "	40 640	160	40
7 december	40 160	160	40
14 "	41 520	150	40
21 "	43 210	160	45
28 "	42 010	160	50
4 januari 1969	37 190	175	45
11 "	42 470	175	?
18 "	12 150	35	60
25 "	0	15	40
1 februari	0	10	45
8 "	0	10	40
15 "	0	0	35
22 "	0	10	40
1 maart	0	5	40
8 "	15 240	65	55
15 "	18 950	70	50
22 "	18 810	70	45

Deze tabellen geven een numerieke weergave van een gedeelte van figuur 11 waaruit weer het volledige verloop van de grondwaterstandsverlagingen met de tijd kan worden gevolgd.

12.3. Het verband met de topografie

Met een aantal kaartjes zullen de grondwaterstandsverlagingen in hun topografische uitgebreidheid weergegeven worden met de onttrokken hoeveelheid water als parameter.

Eerst wordt een serie figuren besproken waarin een gemiddelde verlaging in kaart wordt gebracht, daarna tenslotte een serie waarin de overgangen tengevolge van het alternerend werken van beide pompstations wordt weergegeven.

12.3.1. Gemiddelde waarden van verlagingen

Voor een reeks van data werden kaartjes grondwaterstandsverlagingen getekend. Gekozen werden data waarbij de grootte van de grondwaterwinning enige tijd weinig verandering onderging. En voorts zodanig dat verschillende niveaus van grondwaterwinning werden verkregen. De verlagingen van steeds drie opeenvolgende metingen werden gemiddeld zodat een beeld over een tijdvak van drie weken ontstond. De situatie over zulk een tijdvak kan min of meer als stationair beschouwd worden. Op de kaartjes is steeds de centrale datum vermeld. In figuur 6 staan deze met een -.-.-.-lijn chronologisch weergegeven.

De kaartjes (figuur 14 t/m 20) spreken grotendeels voor zich. Een aantal onttrekkingsniveaus is zowel voor zomer- als wintermaanden vertegenwoordigd. Enkele algemene conclusies volgen hieronder.

a) Manderveen, diepe grondwater

De curven voor gelijke stijghoogteverlagingen vertonen een regelmatig bij goede benadering cirkelvormig patroon. Bij zeer grote onttrekkingen ($50\,000\text{ m}^3/\text{week}$) neigt het patroon tot een noord-zuid gerichte ellipsvorm. Het centrum wordt gevonden in het oosten van de aangeduide waterwinplaats. Het patroon keert bij gelijke onttrekkingen bijna gelijkvormig terug (21 januari 1966 en 22 februari 1969 beide met ruim $40\,000\text{ m}^3/\text{week}$ onttrekking).

b) Manderveen, ondiepe grondwater

De verlagingen van het ondiepe grondwater zijn steeds geringer dan die van het diepe grondwater, zie ook figuur 11. Bij toenemende onttrekkingen verplaatst het centrum van de grondwaterverlagingen zich enigszins in westelijke richting. Opvallend is hier het patroon van ellipsvormige curven met een duidelijk noordwest-zuidoost gerichte hoofdas.

c) Manderheide, diepe grondwater

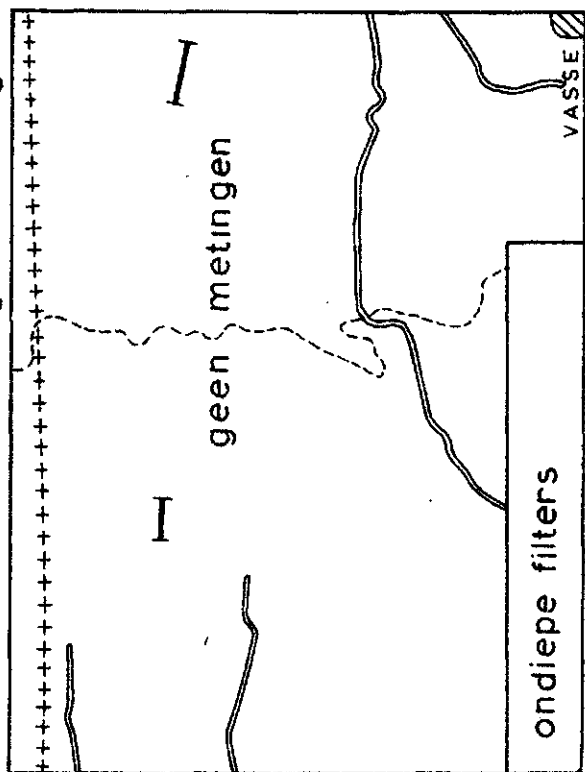
Een geheel ander beeld als het voorgaande ontstaat in de zandgronden van Manderheide. De invloed van de onttrekkingen strekt zich hier steeds veel verder uit, tot ver ten zuiden van de Mosbeek. Het patroon is wel regelmatig van vorm, mogelijk ellipsvormig gerekt, met het centrum in de waterwinplaats. De begrenzing van het beïnvloede gebied (20 cm verlaging) valt samen met de 30 m + NAP hoogtelijn, ten zuiden van de Mosbeek echter nog ten westen daarvan. Ook nu blijken de patronen zich op verschillende data met grote nauwkeurigheid te herhalen (10 augustus 1968 en 19 september 1970).

d) Manderheide, ondiepe grondwater

Curven voor gelijke waterstandsverlagingen vertonen minder strakke patronen dan die uit de voorgaande gevallen. Het centrum heeft de tendens zich westelijk van het waterwingebied te lokaliseren. Ten zuiden van de Mosbeek vinden verlagingen plaats in een strook die zich in de richting van Vasse uitstrekt. Bij wateronttrekkingen in eenzelfde orde van grootte kunnen de patronen onderling sterk verschillen zoals bijvoorbeeld op de bovengenoemde data (10-8-1968 en 19-9-1970) het geval is.

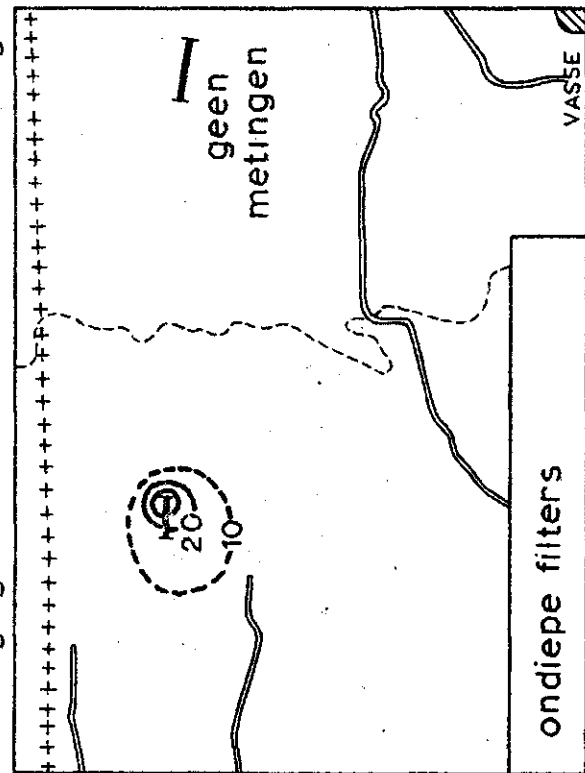
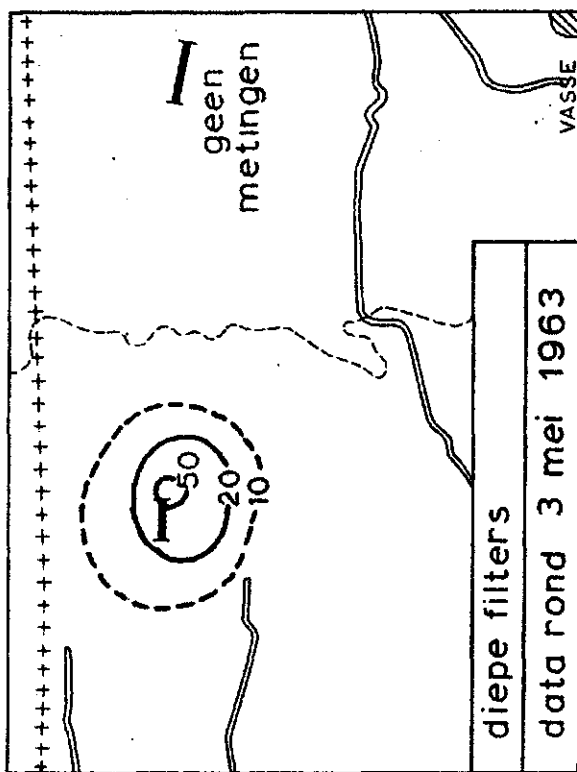
fig.14

gemiddelde grondwaterstandsverlagingen in cm



0 10 20 30 40 50 60 $10^3 \text{ m}^3/\text{week}$

Manderveen Manderheide



0 10 20 30 40 50 60 $10^3 \text{ m}^3/\text{week}$

Manderveen Manderheide

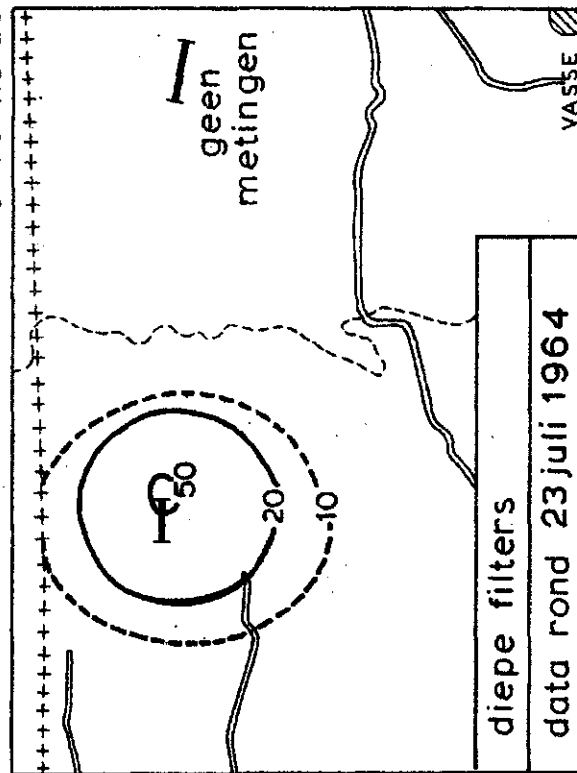


fig.15

gemiddelde grondwaterstandsverlagingen in cm

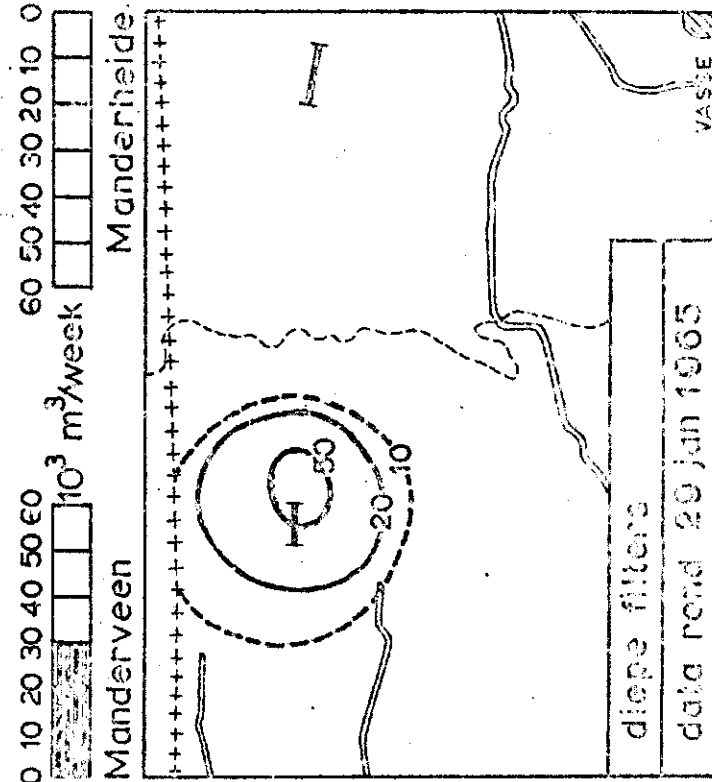
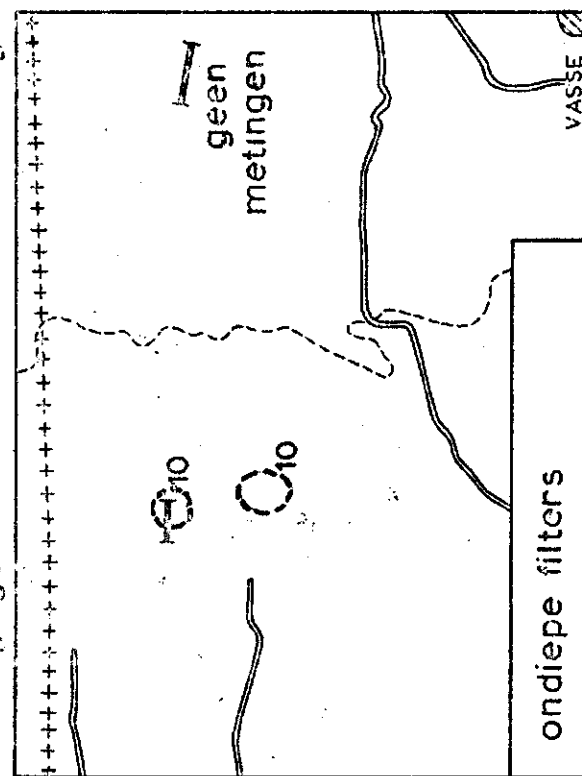
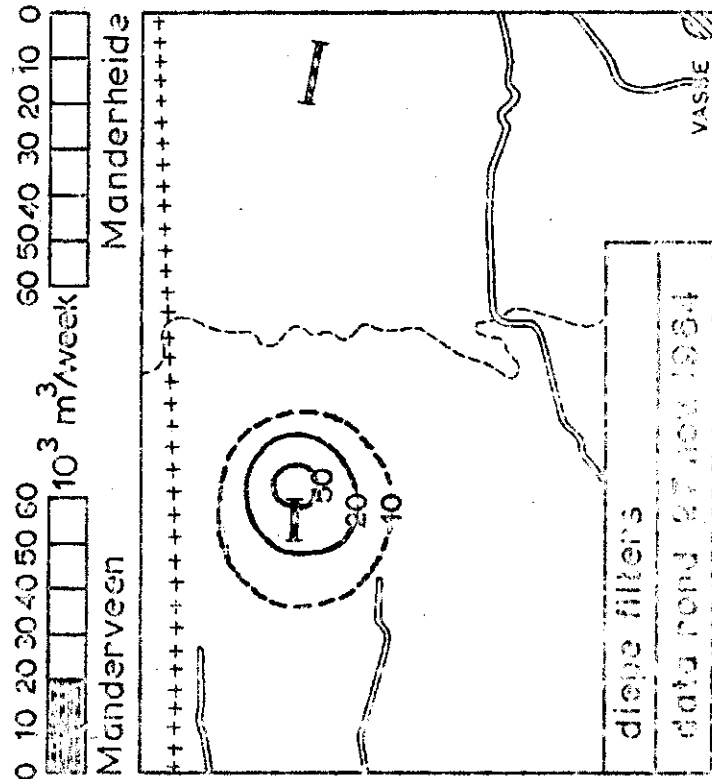
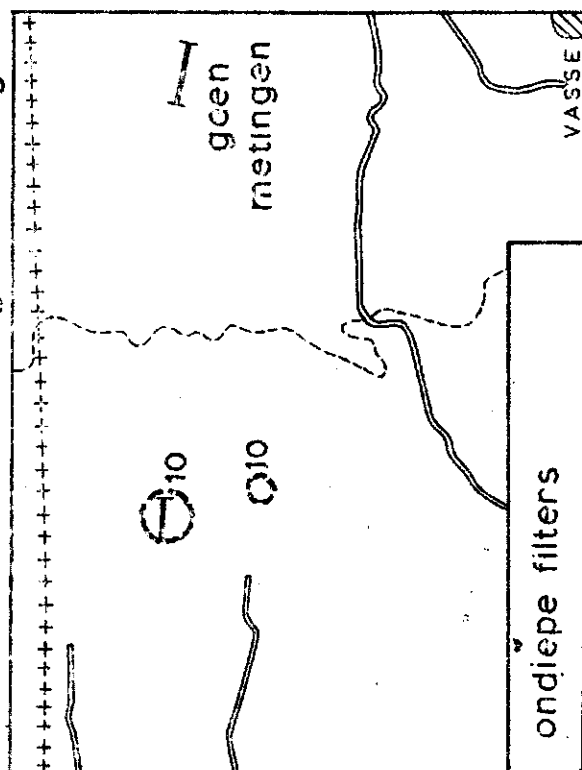
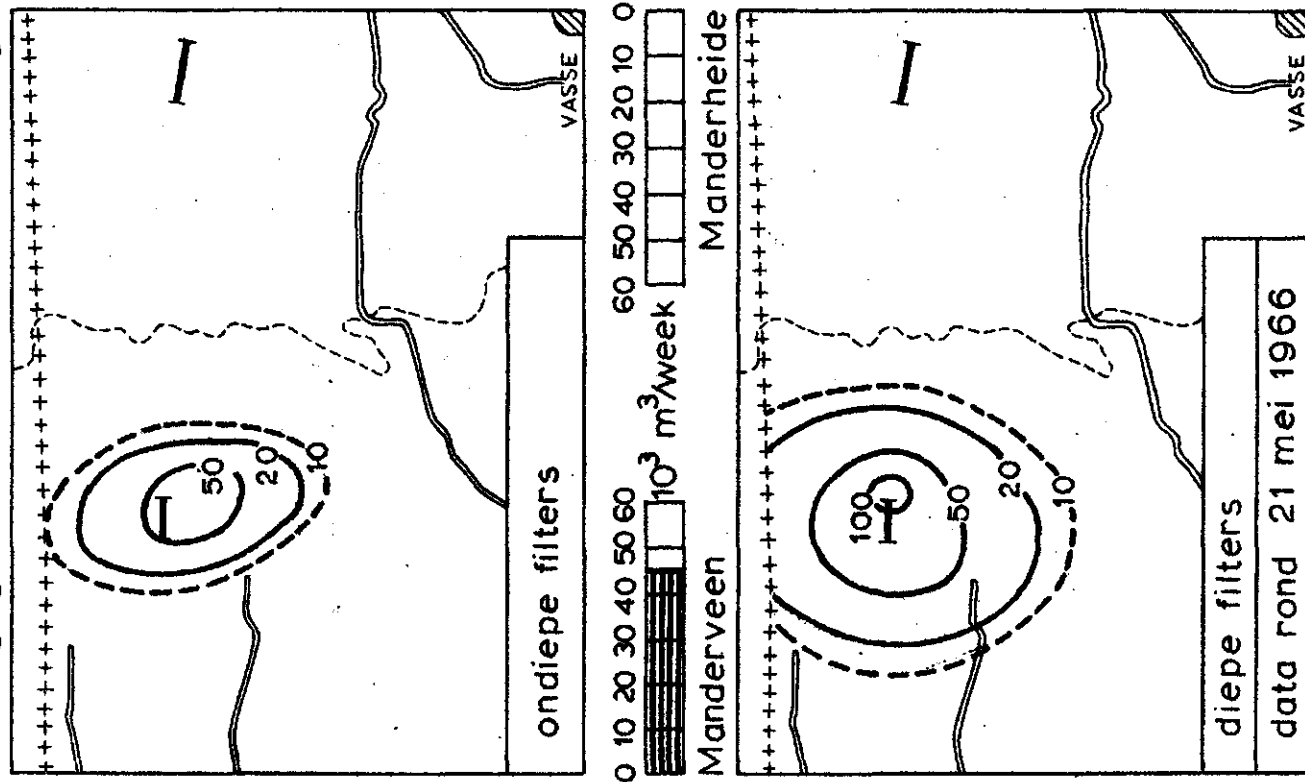
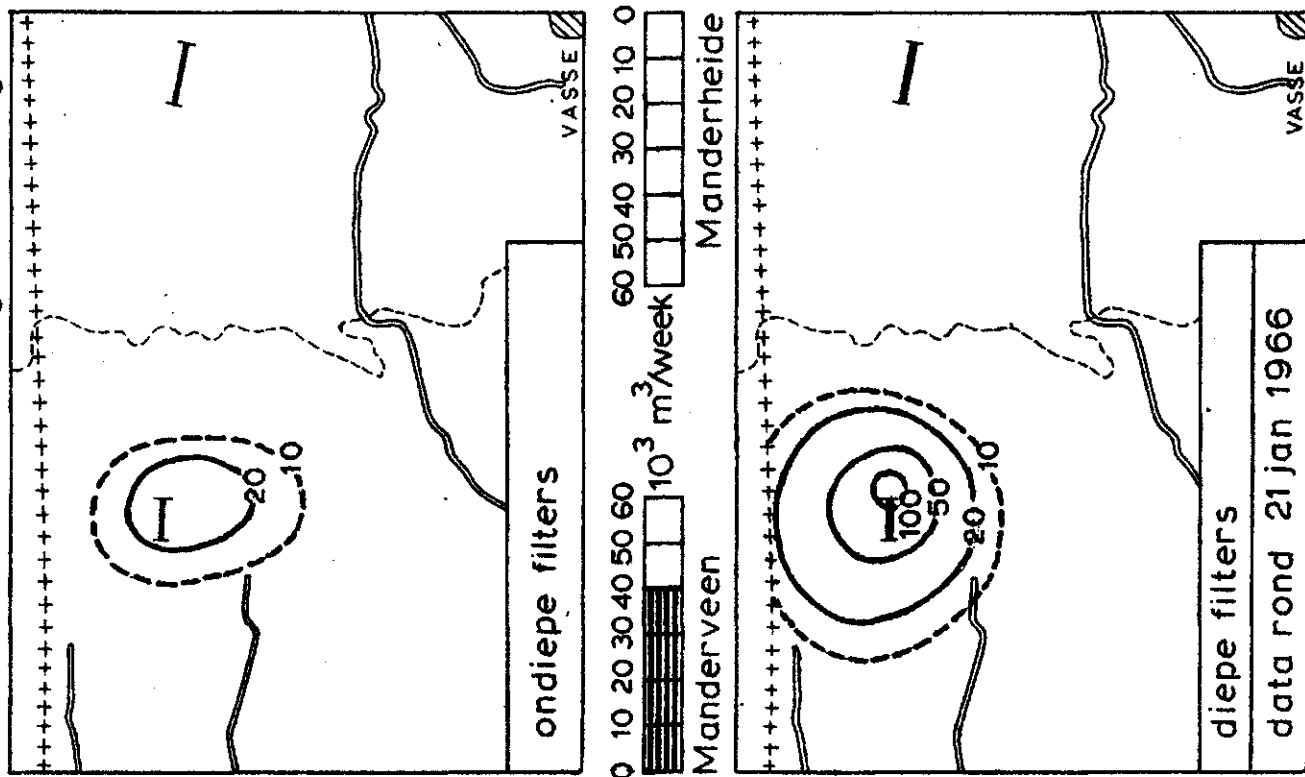


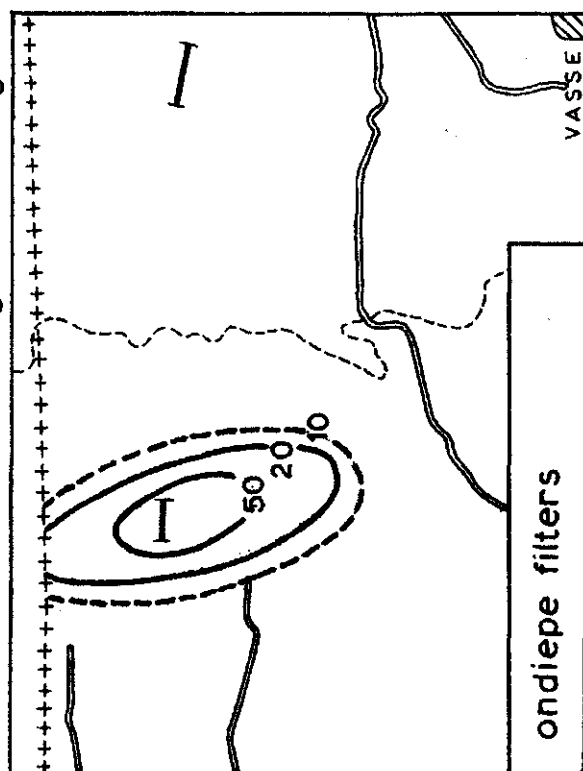
fig.16

gemiddelde grondwaterstandsverlagingen in cm

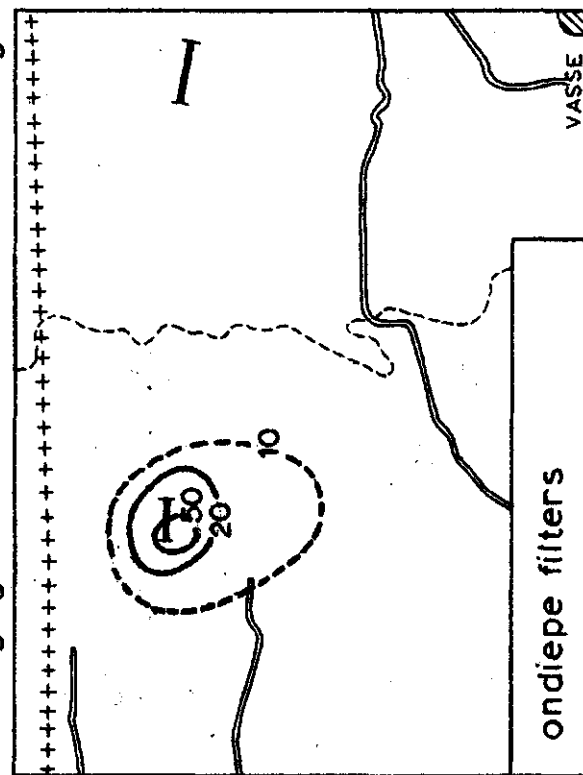
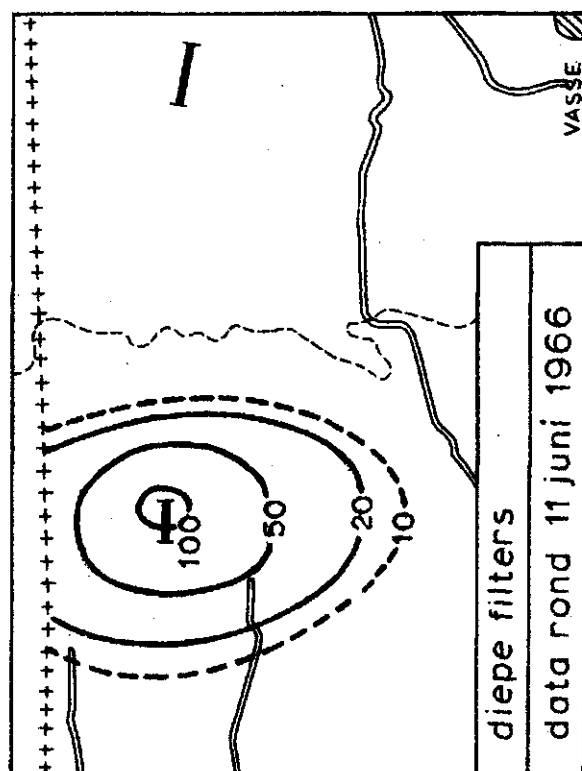


gemiddelde grondwaterstandsverlagingsen in cm

fig.17



Manderveen Manderheide



Manderveen Manderheide

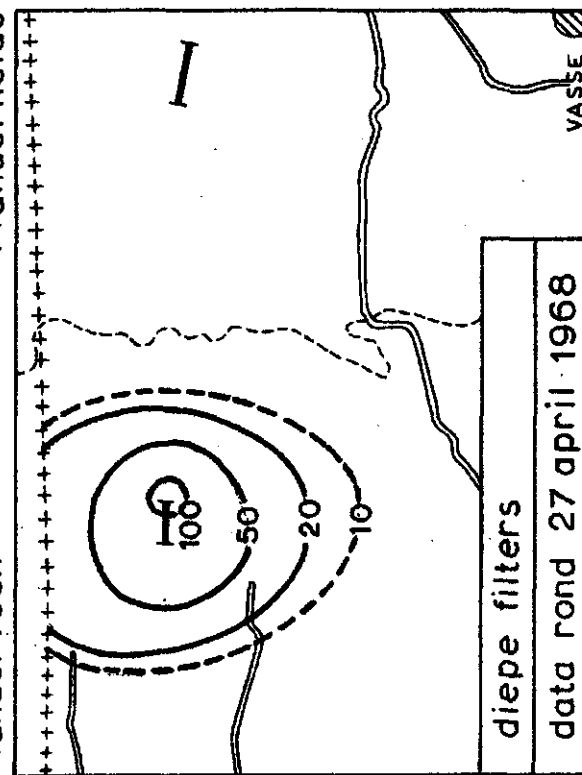
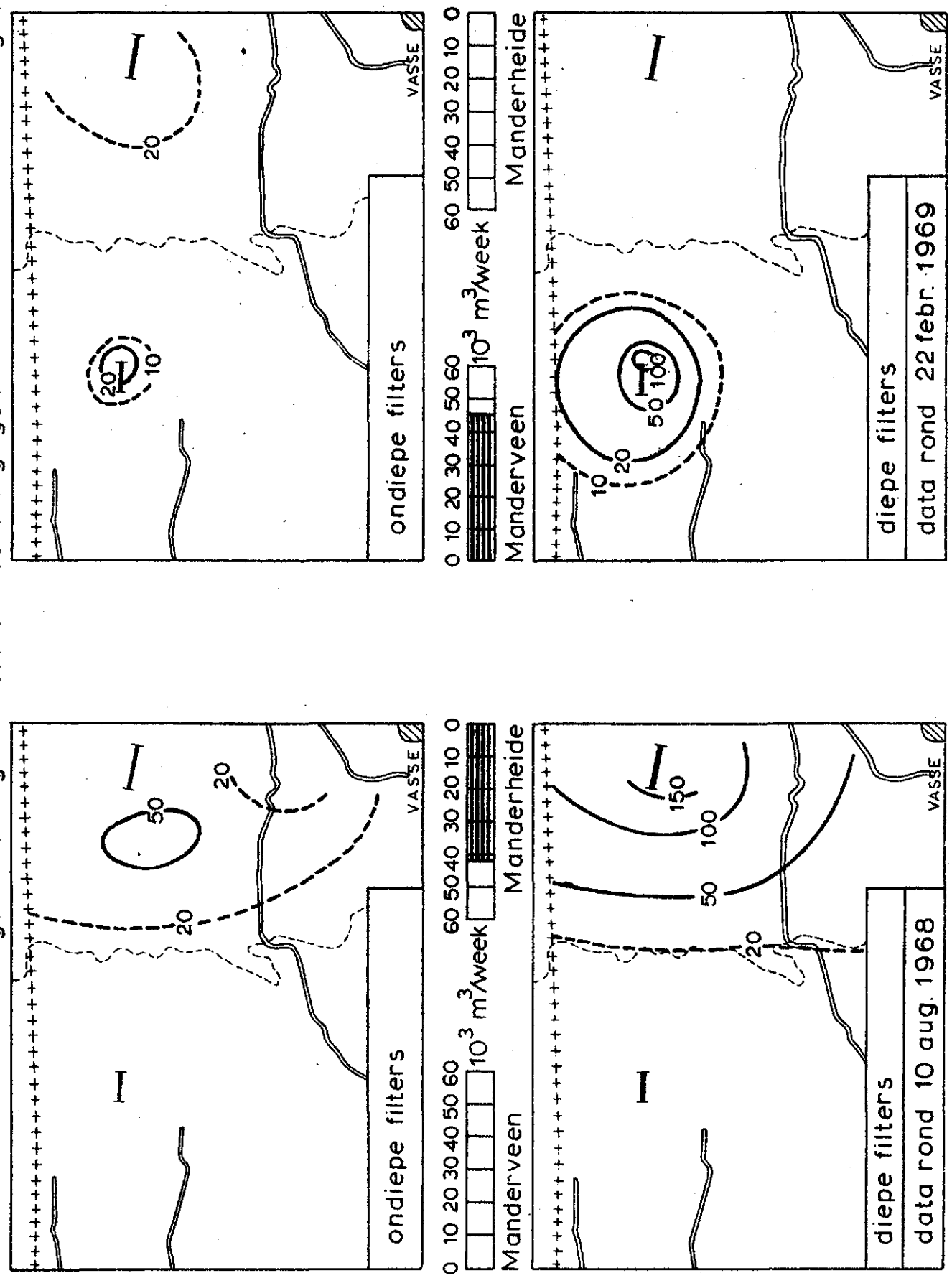


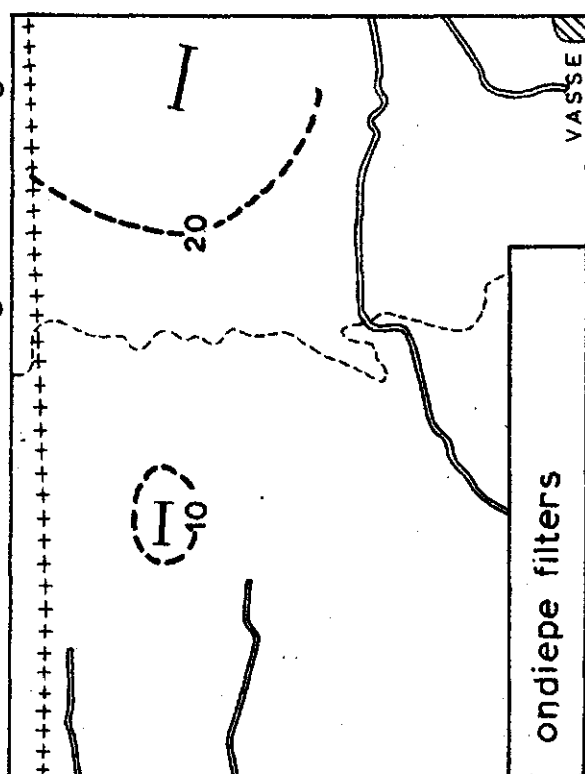
fig.18

gemiddelde grondwaterstandsverlagingen in cm



gemiddelde grondwaterstandsverlagingen in cm

fig.19

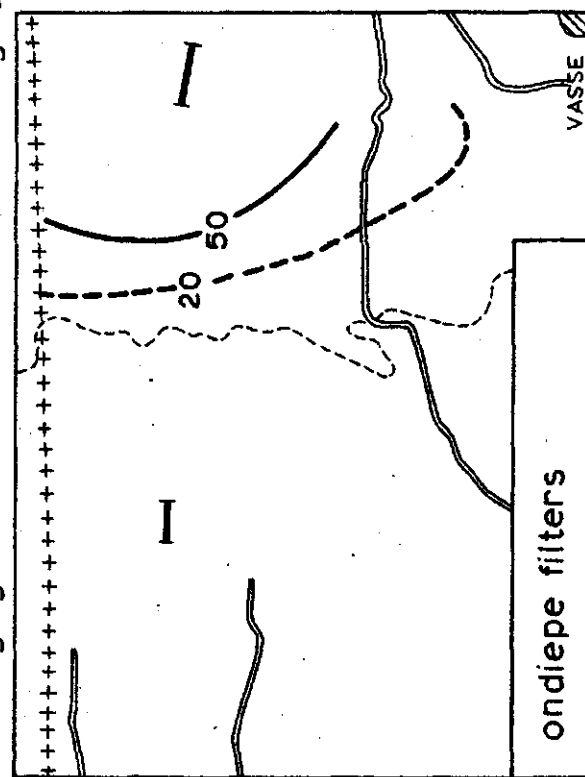
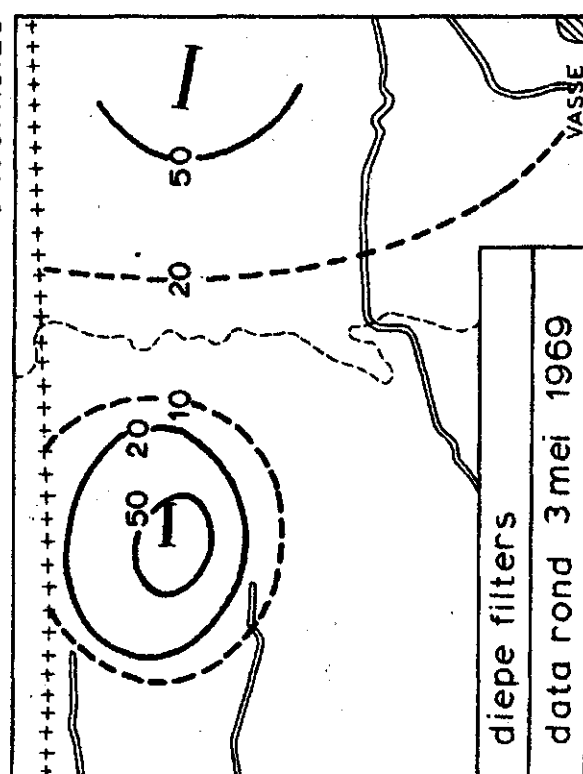


0 10 20 30 40 50 60 60 50 40 30 20 10 0

10³ m³/week

Manderveen

Manderheide



0 10 20 30 40 50 60 60 50 40 30 20 10 0

10³ m³/week

Manderveen

Manderheide

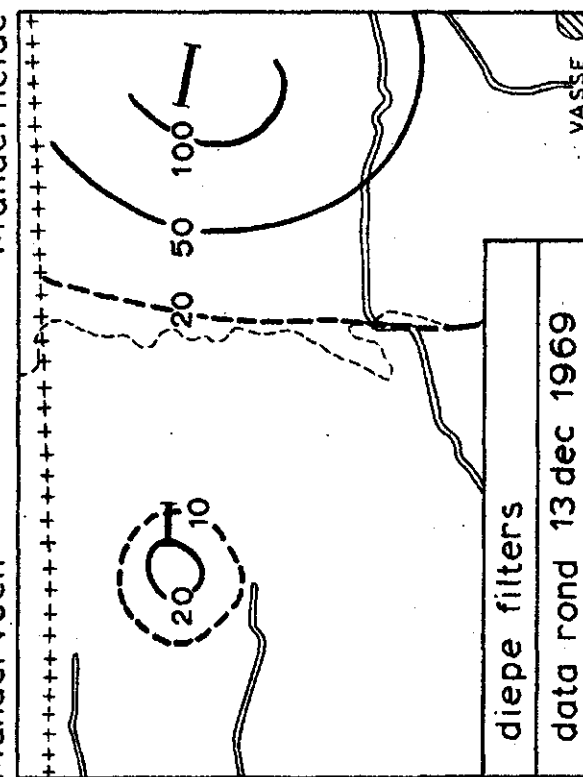
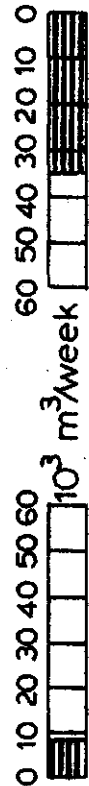
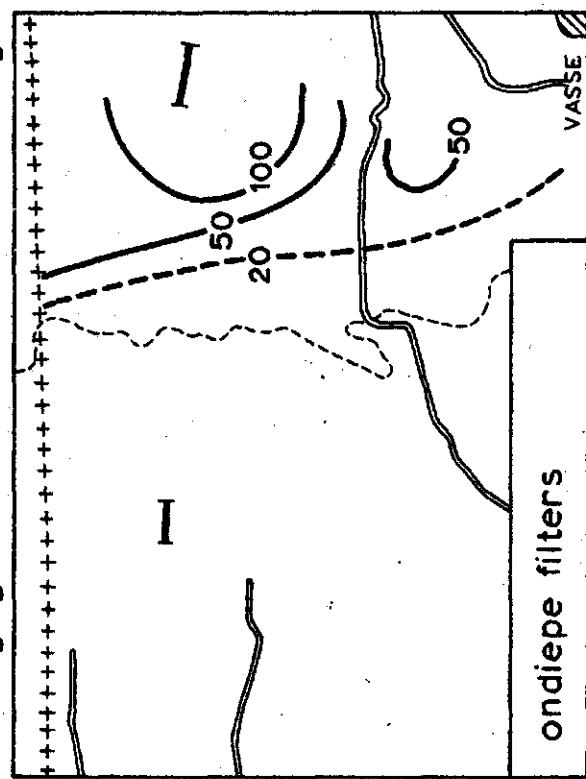
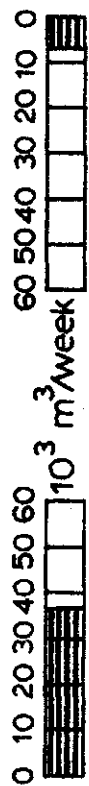
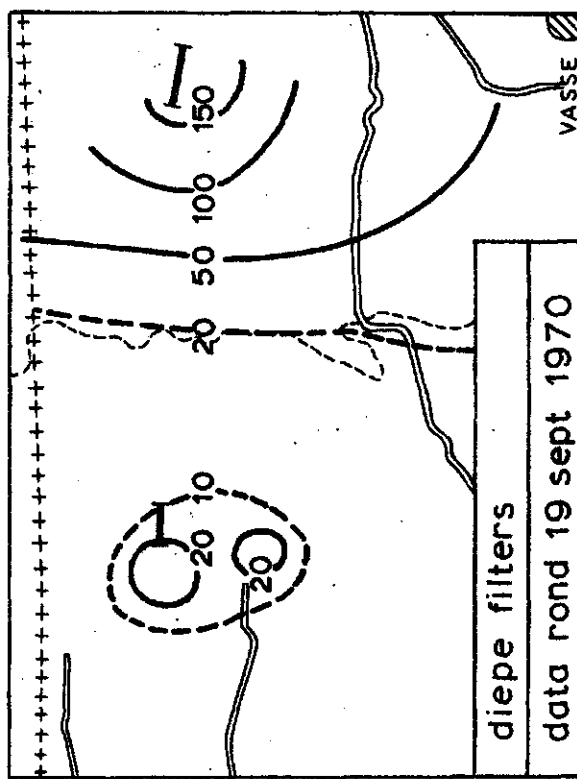


fig.20

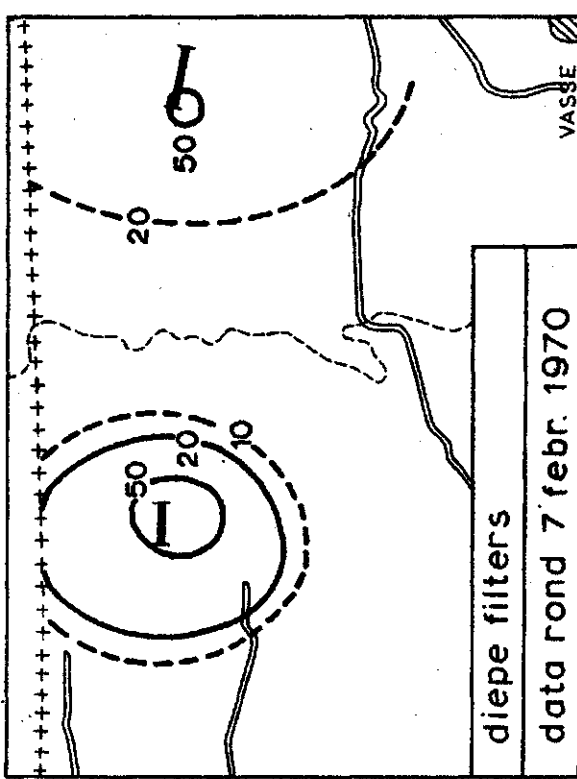
gemiddelde grondwaterstandsverlagingen in cm



Manderveen



Manderveen



data rond 7 febr. 1970

12.3.2. Verlagen bij overgangen van Manderveen op Manderheide v.v.

De besproken reeks figuren had betrekking op over een maand gemiddelde verlagingen. Rest nog aan te geven op welke wijze de verlagingen op de snelle wisselingen tussen de pompstations reageren. Hiertoe werden kaartjes getekend met grondwaterstandsverlagingen op een aantal achtereenvolgende opmeetdata waar dit effect zich het sterkst heeft voorgedaan.

Figuur 21 geeft de berekende verlagingen op 15 juni 1968. De figuur geeft een indruk van de mate van nauwkeurigheid waarmee de tranches getekend kunnen worden.

De serie figuren valt in 3 situaties uiteen. Deze zullen in het kort besproken worden.

a) Overgang van Manderveen op Manderheide

Deze overgang wordt geïllustreerd met figuur 22 en 23. Het binnen twee weken terugvallen van de waterwinning te Manderveen van 45 000 m³/week tot een zeer geringe hoeveelheid en het op gang komen van de winning te Manderheide tot deze hoeveelheid wordt onmiddellijk gevolgd door de stijghoogten van het diepe grondwater. De verlagingen te Manderveen verdwijnen geheel, die te Manderheide bereiken grote waarden.

Hoewel volgens de gegevens in de week voorafgaande aan 1 juni 1968 geen waterwinning te Manderheide zou zijn voorgekomen, volgt uit de berekeningen dat de waterstanden in die week al zo verlaagd zijn dat de conclusie moet worden getrokken dat reeds met wateronttrekken is begonnen.

De ondiepe grondwaterstanden volgen het geschetste beeld met enige vertraging waarop in par. 12.2 met tabellen 6 en 7 reeds is gewezen.

b) Overgang van Manderheide op Manderveen

Op 4 januari 1969 (figuur 24) is de situatie ongeveer gelijk aan die op 15 juni 1968 (figuur 23). Daarna vindt weer vermindering plaats van de onttrekking te Manderheide en vindt bijna binnen een week overgang op Manderveen plaats welke dan water wint met een intensiteit van 30 000 m³/week. Ook nu blijken de diepe grondwaterstanden het winningsbeleid direct te volgen. Het zeer uitgestrekte gebied waar te Manderheide nog verlagingen in het diepe grondwater optreden is binnen een week al weer sterk gereduceerd (18-1-1969) en na nog een week geheel verdwenen (25-1-1969), zoals met figuur 25 wordt aangetoond.

Ook nu volgt het ondiepe grondwater de optredende wijzigingen vertraagd.

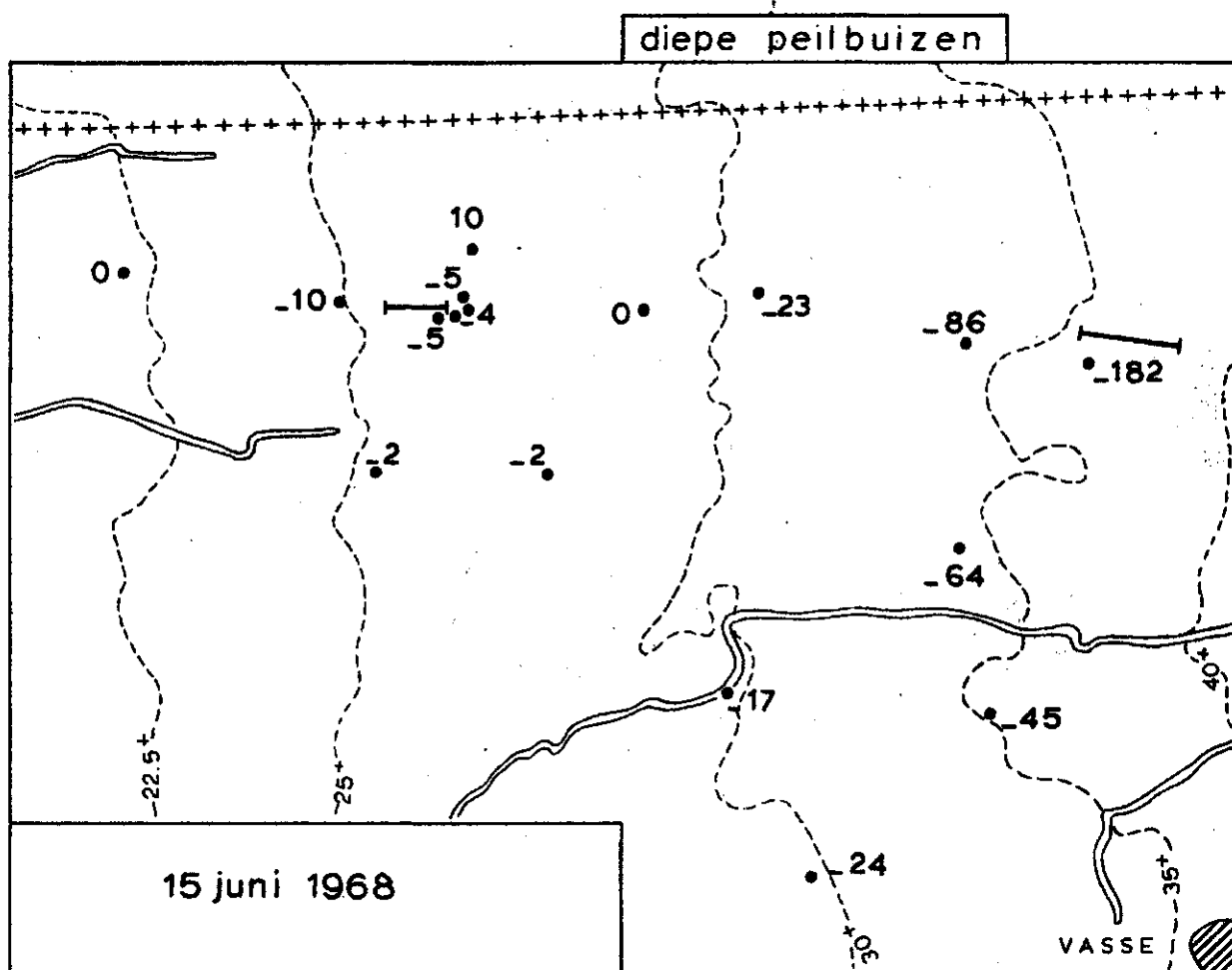
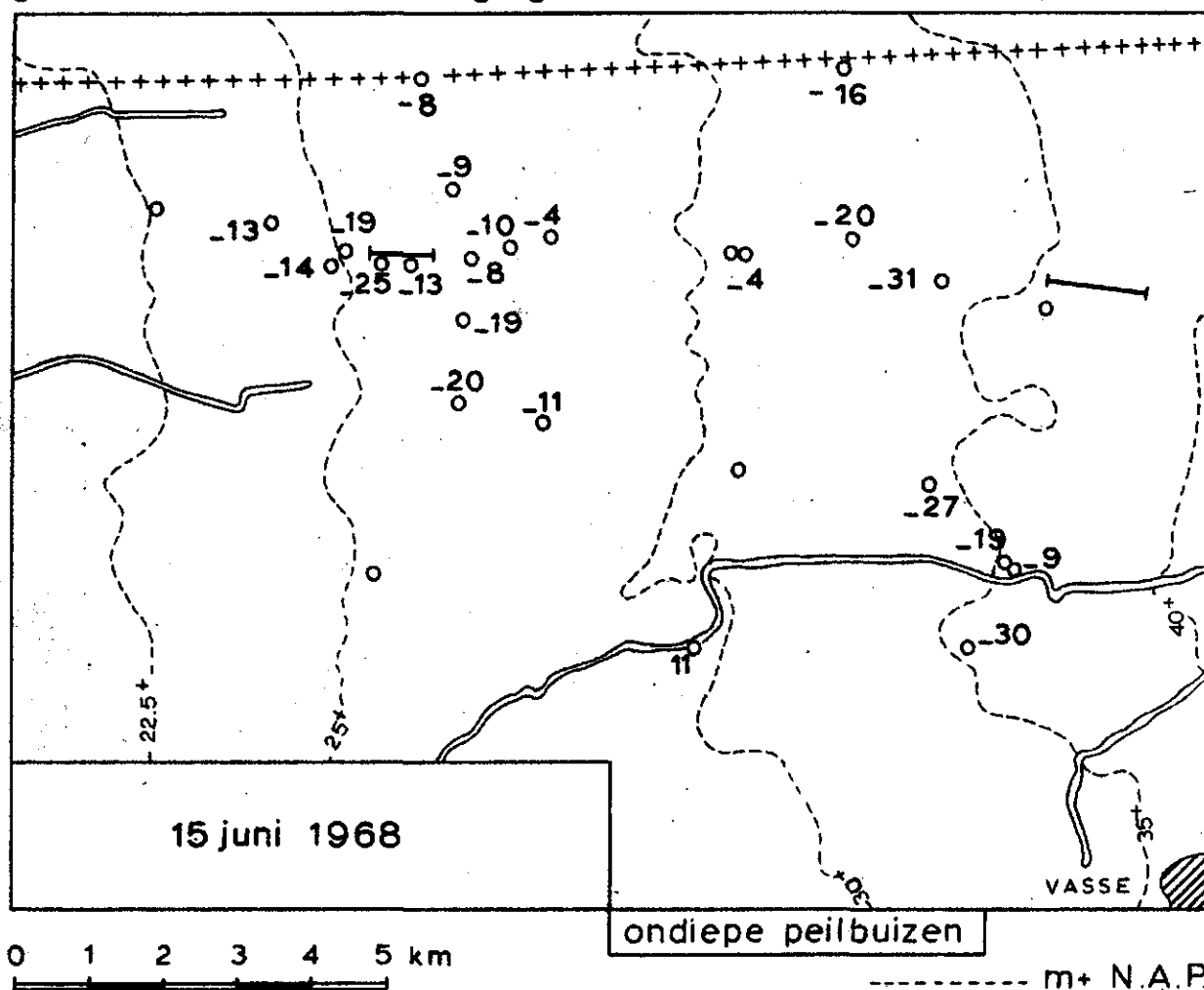
c) Samenwerking tussen Manderveen en Manderheide

De beide in a) en b) beschreven situaties zijn in zoverre uniek dat later geen overgangen meer voorkomen waarbij de waterwinning geheel door het andere station wordt overgenomen (figuur 3).

Veranderingen betreffen nu meer een alternerend werken van beide pompstations.

Figuur 26 en 27 brengt een dergelijke overgang in beeld. Na hetgeen hierover onder a) en b) gezegd is behoeven deze figuren geen verdere toelichting. Opgemerkt wordt nog dat de verlagingen van het ondiepe grondwater te Manderheide nooit geheel verdwenen zijn in de periode van 25 januari 1969 tot 22 februari 1969 waarop in tabel 7 ook reeds werd gewezen.

grondwaterstandsverlagingsen (O - C) in cm



grondwaterstandsverlagings in cm

fig.22

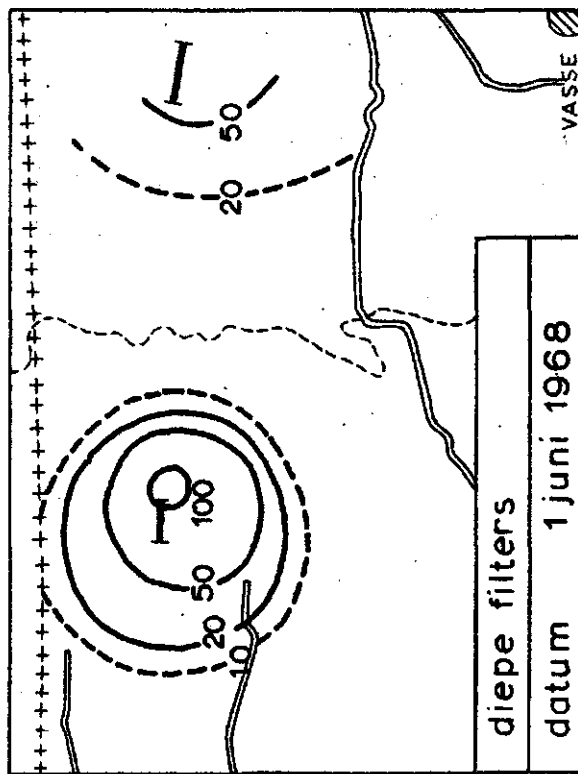
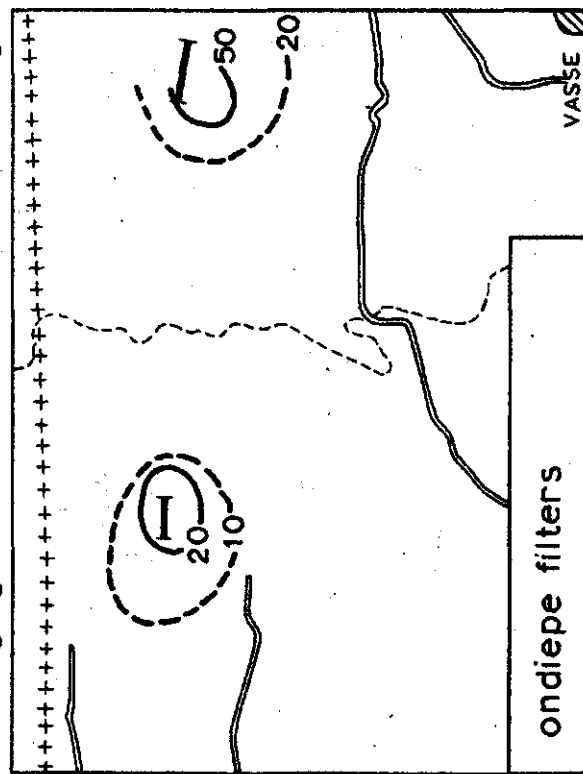
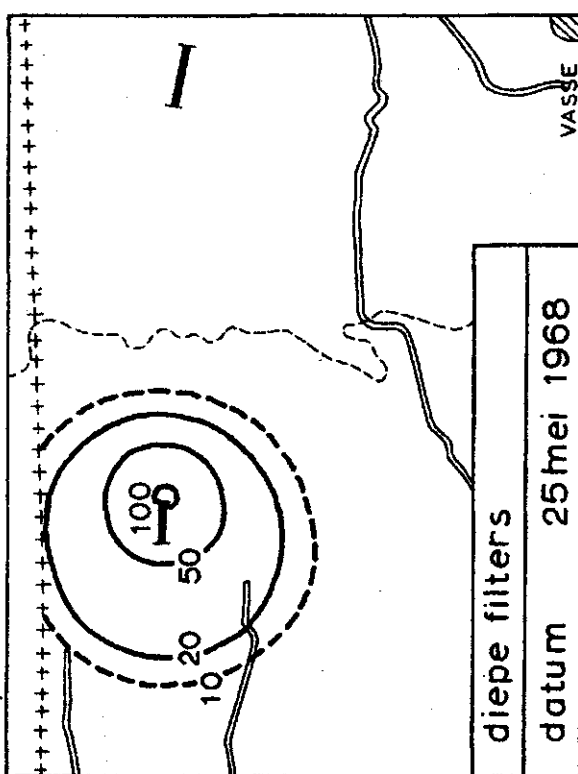
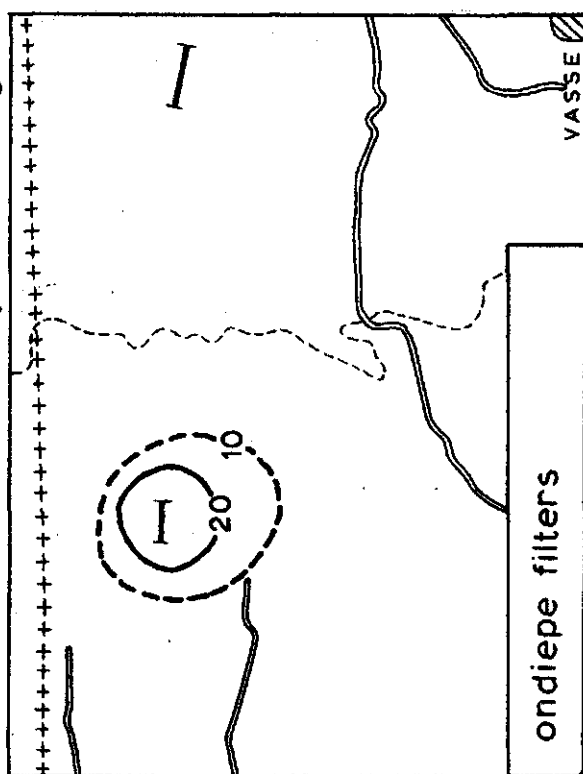
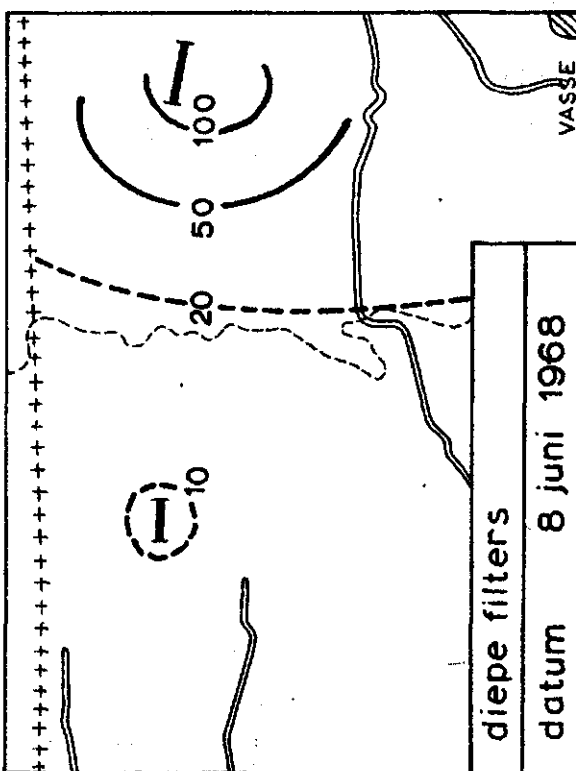
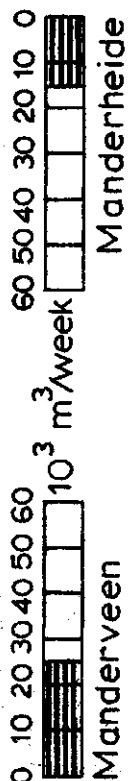
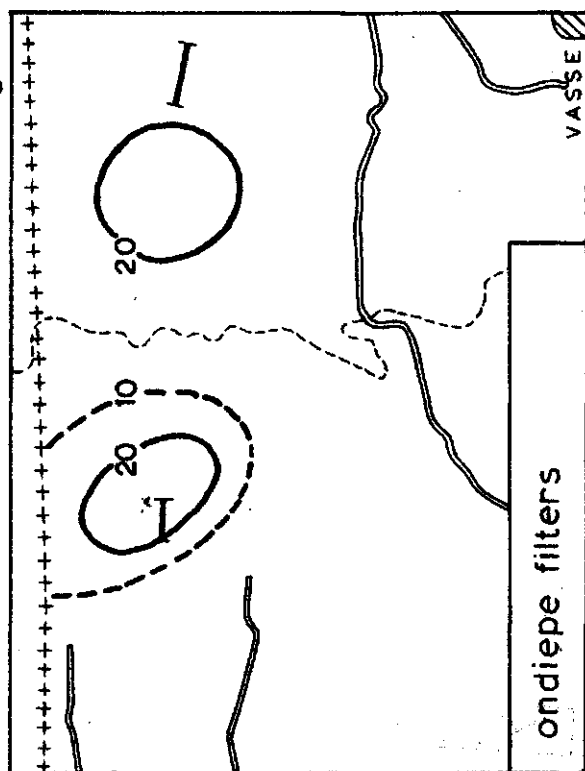
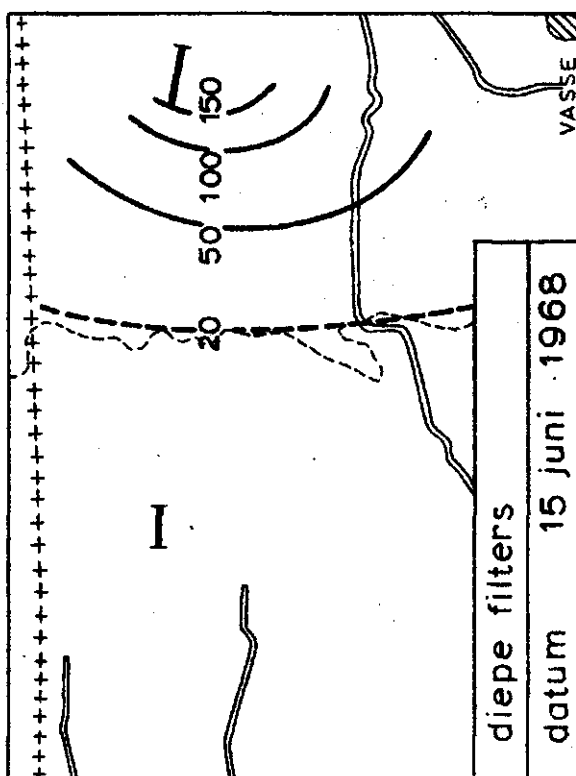
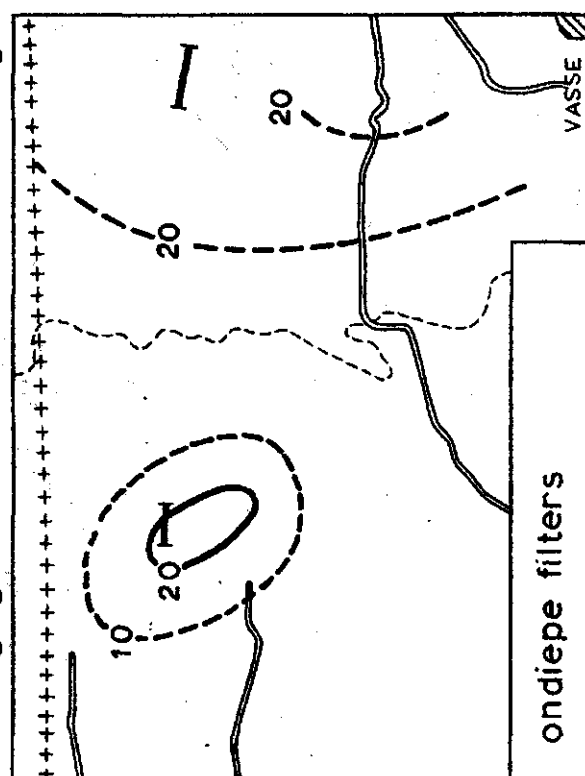


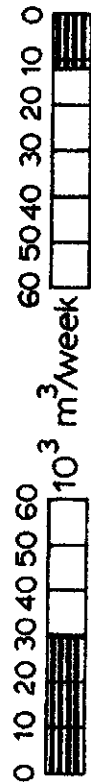
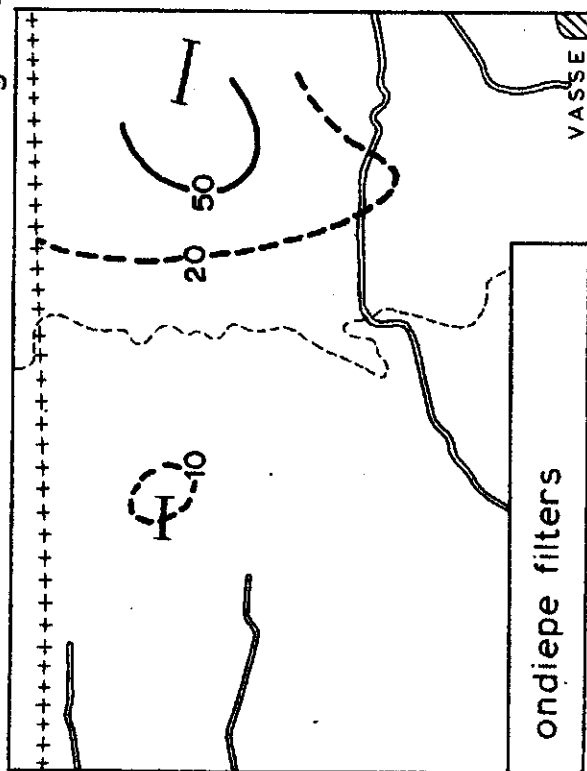
fig. 23

grondwaterstandsverlagingen in cm

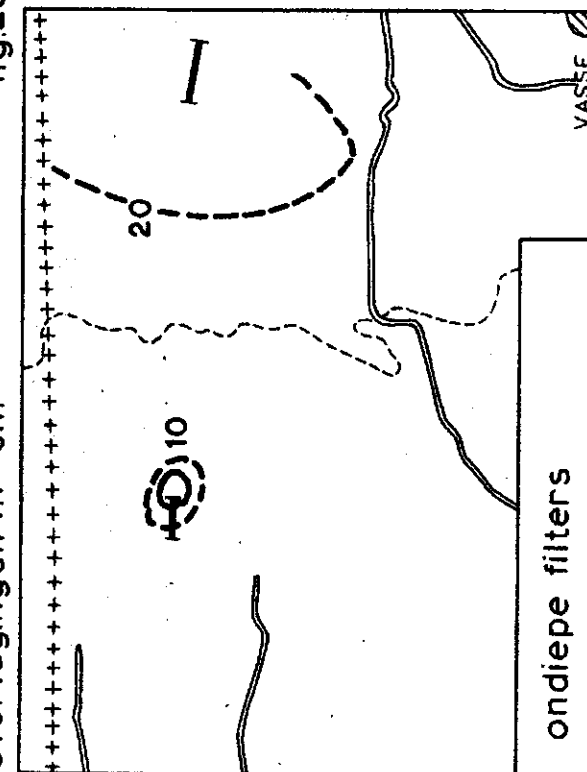
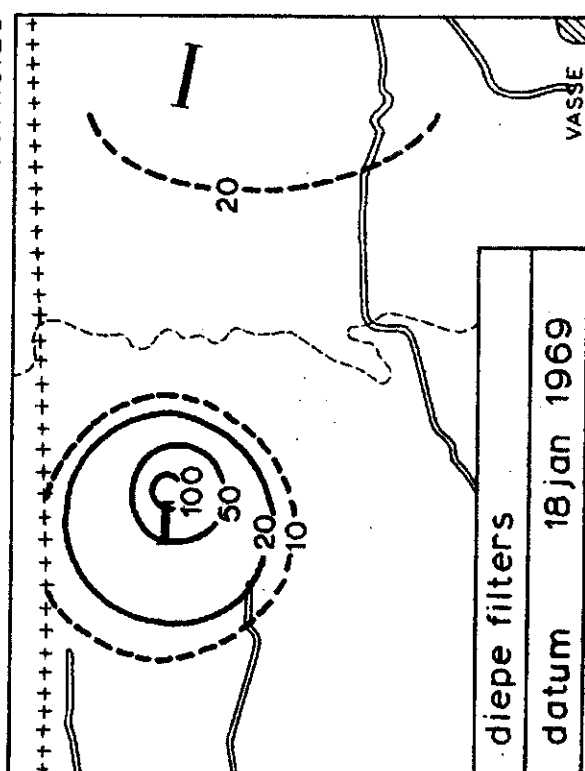


grondwaterstandsverlagingen in cm

fig.25



Manderveen Manderheide



Manderveen Manderheide

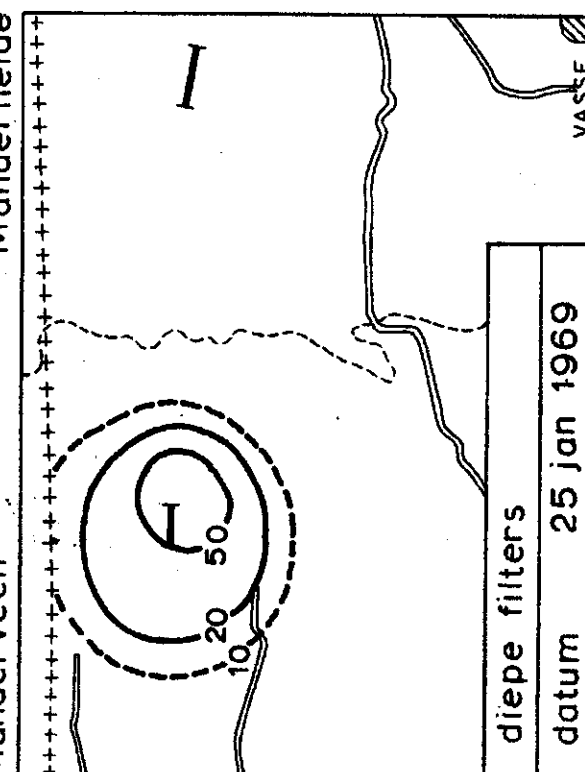


fig. 26

grondwaterstandsverlagen in cm

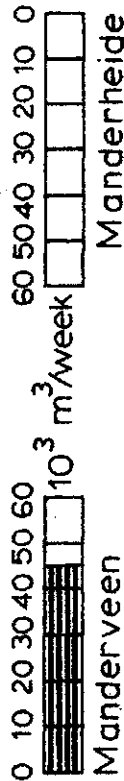
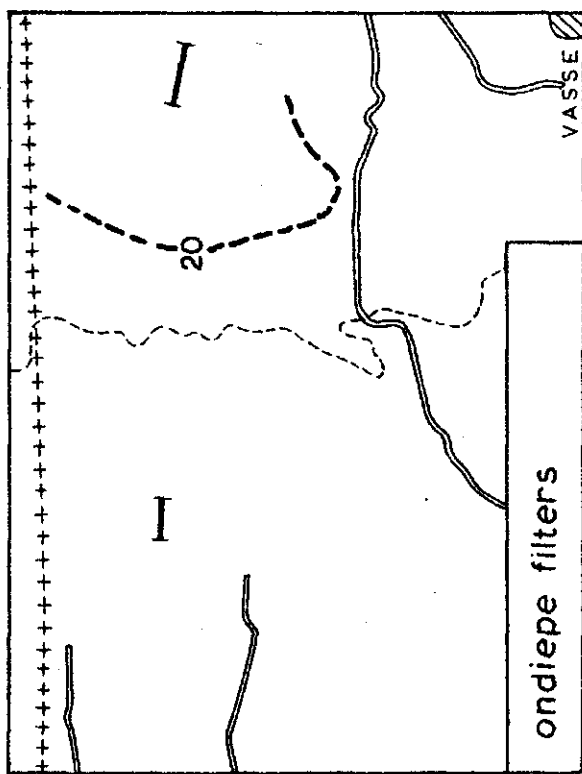
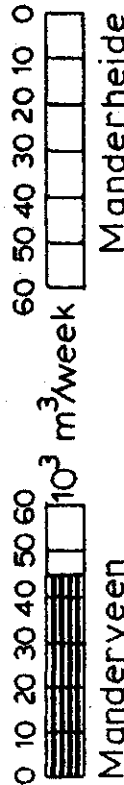
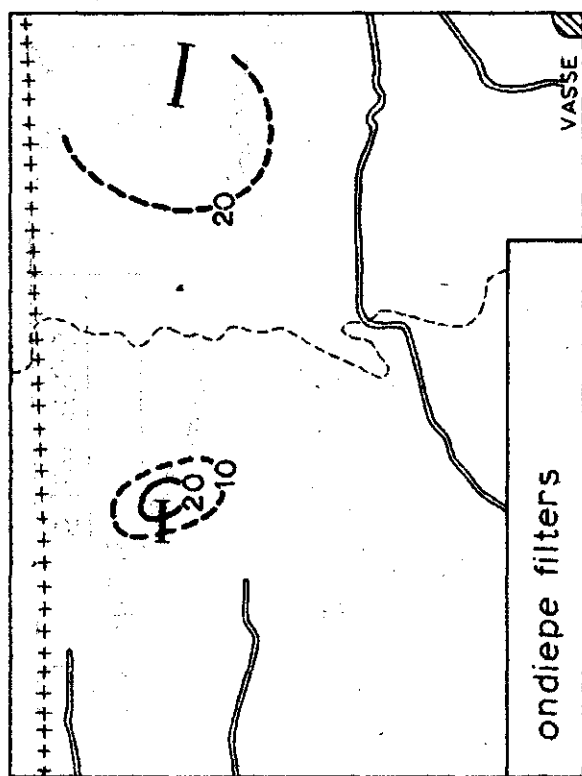
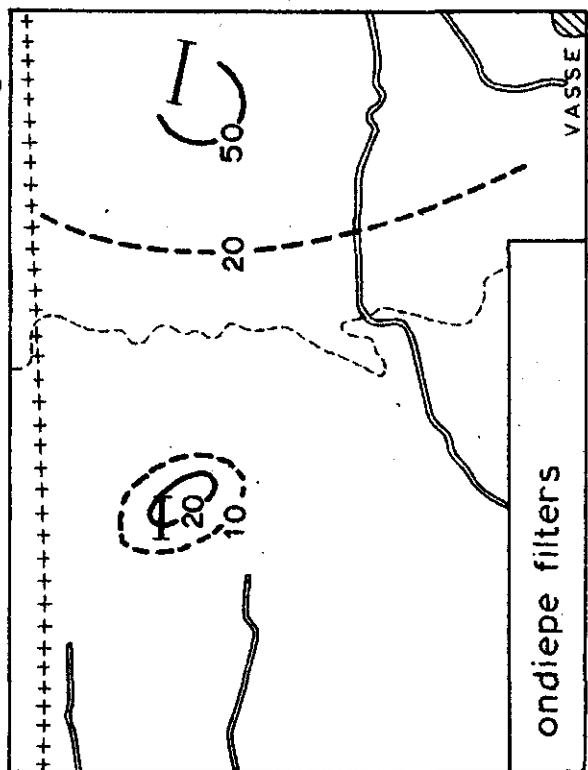


fig.27

grondwaterstandsverlagings in cm

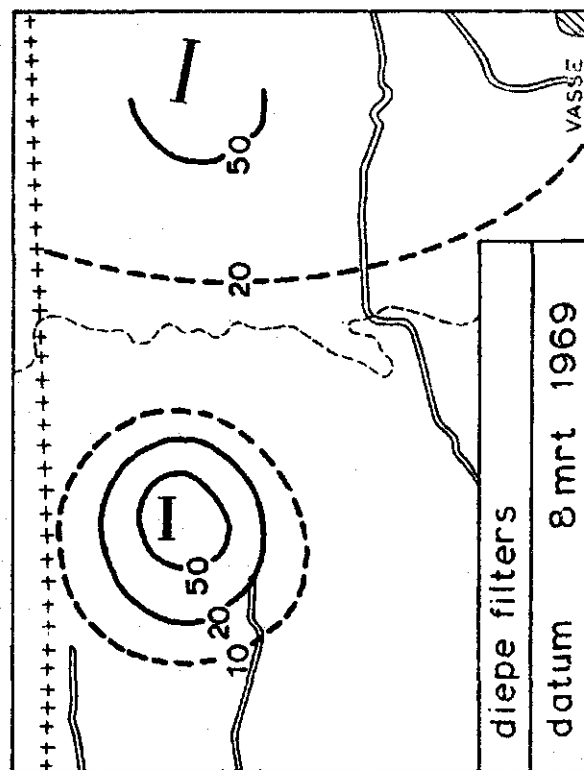


0 10 20 30 40 50 60 60 50 40 30 20 10 0

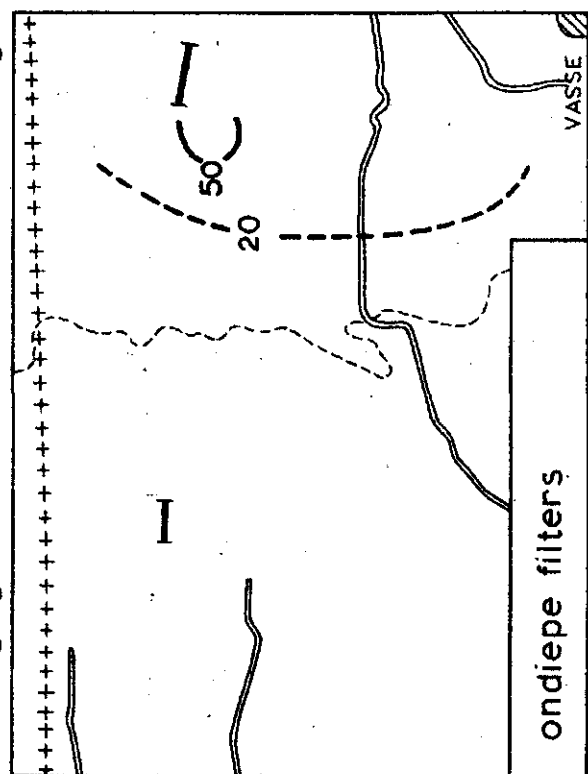
10³ m³/week

Manderveen

Manderheide



datum 8 mrt 1969

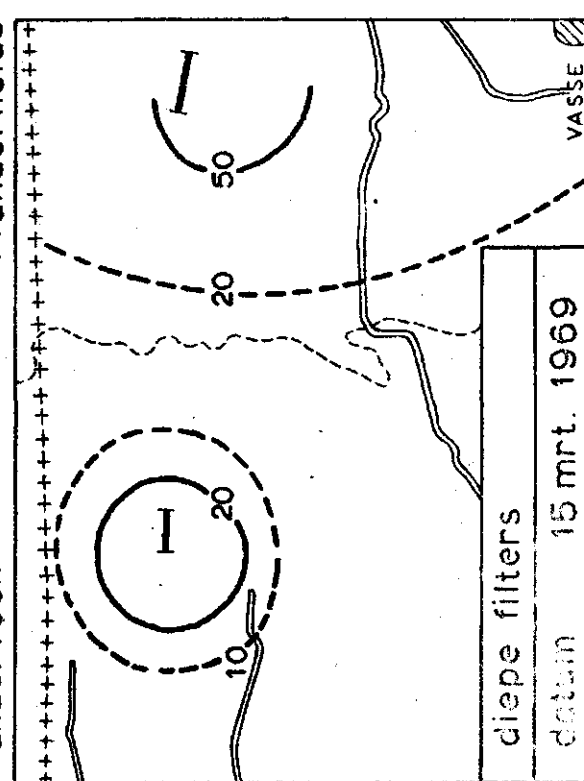


0 10 20 30 40 50 60 60 50 40 30 20 10 0

10³ m³/week

Manderveen

Manderheide



datum 15 mrt 1969

13. OPMERKINGEN MET BETREKKING TOT HET PEILBUIZENNET

Tot slot van de gegeven beschouwingen zullen nog enkele opmerkingen met betrekking tot het waarnemingsnet van peilbuizen worden gemaakt.

De concentratie van meetpunten rond de raai die beide waterwinplaatsen verbindt maakt dat verlagingen ten noorden en ten zuiden van deze lijn niet steeds duidelijk begrensd zijn weer te geven. De regelmatige patronen die ontstaan geven echter wel houvast bij het uitvoeren van interpolaties voor het bepalen van de ligging van de tranches. Bij uitbreiding van de waterwinning zou een vierkantennet aanbeveling verdienen om de grens van het gebied waarin waterstandsverlagingen optreden vast te stellen. Vooral te Manderheide dient voor dit doel uitbreiding ver zuidelijk, bijvoorbeeld in de omgeving van Vasse plaats te vinden. Ook in noordoostelijke en zuidoostelijke richting van Manderheide is meer informatie gewenst. Ook een duidelijker vastlegging van de begrenzing van de invloedssferen van beide pompstations zal wenselijk kunnen zijn bij toekomstige vergroting van de pompcapaciteiten.

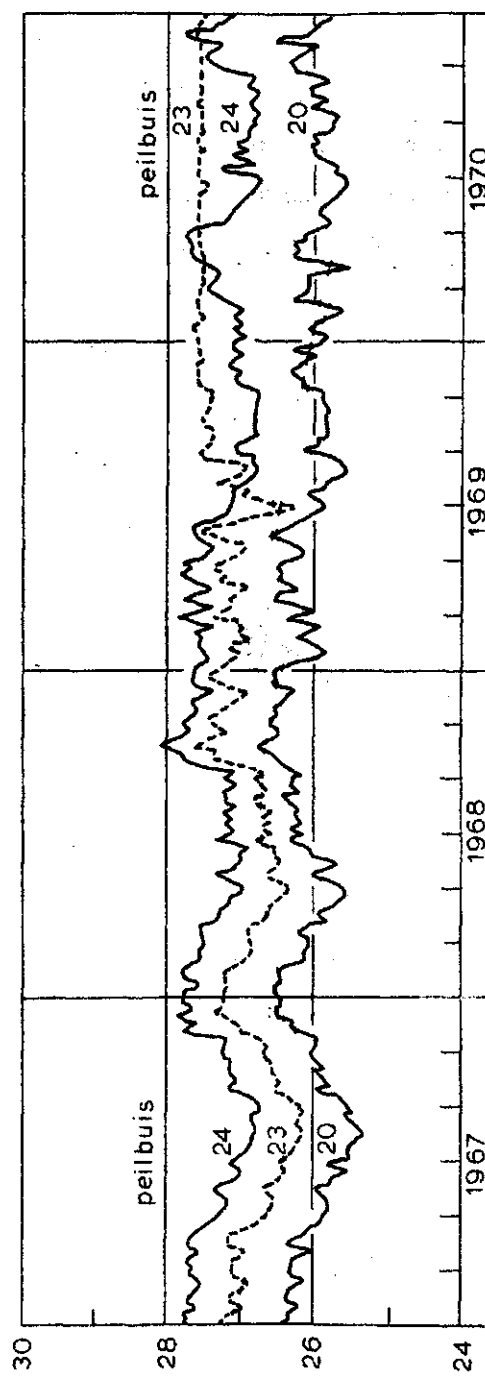
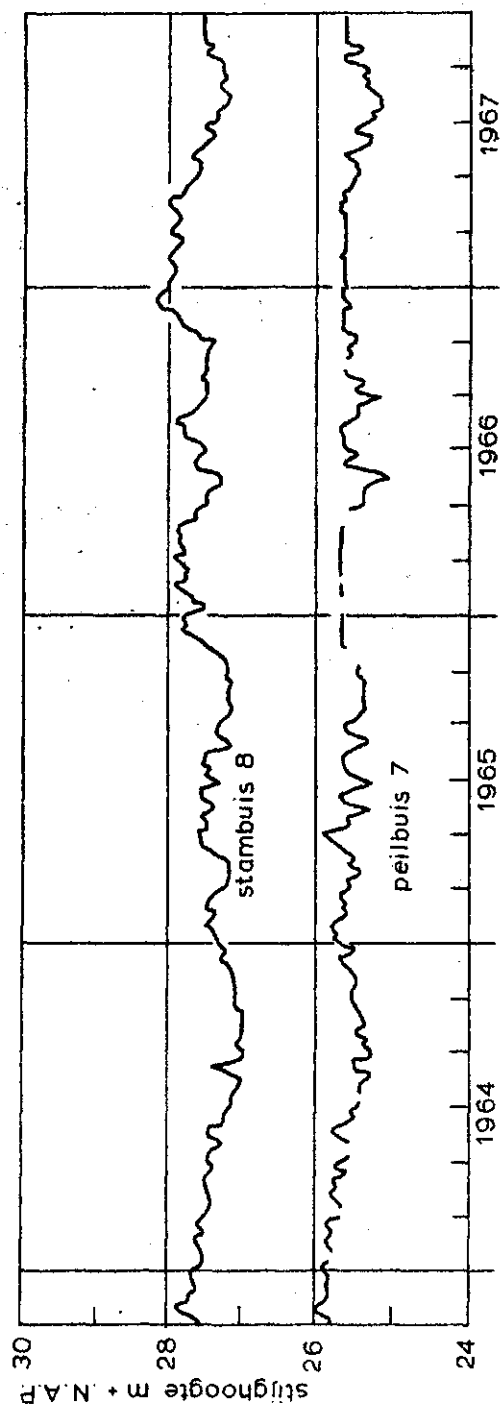
Een meetpuntennet als het onderhavige vereist voortdurende zorg zowel met betrekking tot het onderhoud als tot de controle op de verrichte waarnemingen. Reeds werd bij de bespreking van figuur 4 gewezen op het voorkomen van meetfouten van 50 cm die regelmatig, aantoonbaar, in het materiaal optreden.

In figuur 28 wordt geïllustreerd hoe twee peilbuizen die oorspronkelijk goed functioneerden na verloop van tijd onbruikbaar zijn geworden.

De diepe peilbuis nr 7, in de figuur vergeleken met stambuis 8, heeft tot augustus 1965 goed gefunctioneerd. Na die tijd worden standen lager dan 2 560 cm + NAP nog wel goed geregistreerd, hogere standen kunnen niet meer worden opgemeten. Deze situatie betekent dat de correlatie van peilbuis 7 met de stambuizen slecht is. Deze werd namelijk bepaald over tijdvak IIIa dat in de tweede helft van 1968 viel. De lage waarde voor de standaardafwijking is hiermede tevens verklaard. De overwegend constante waterstand kan met grote betrouwbaarheid worden voorspeld.

fig. 28

tijdstijgheoghtelijnen van peilbuizen die onderhoud behoeven (7 en 23)



Ook de ondiepe peilbuis 23 raakt defect. In figuur 28 wordt deze met de naburige peilbuizen 20 en 24 vergeleken (zie ook figuur 1). Na de zomer van 1969 is peilbuis 23 onbruikbaar geworden, en geeft alleen nog standen van ongeveer 2 754 cm + NAP.

Met deze opmerkingen wordt nog eens aangetoond dat het van belang is waarnemers duidelijke instructies te geven dat apart melding moet worden gemaakt van gevallen waarbij drie- of viermaal achtereen eenzelfde waterstand wordt gemeten. Ook het regelmatig bijhouden van tijdstijghoogtelijnen en het onderling vergelijken hiervan kan tijdig aan het licht brengen of storingen in het waarnemingsnet optreden.

REFERENTIES

- SCHULTZ, E., 1970: Berekening van de invloed, zowel op het diepe - als op het ondiepe grondwater, van de onttrekking door de pompstations Manderveen en Manderheide. Praktijkverslag, T.H. Delft
- STOL, Ph.Th., 1969: Use of computers for the investigation of the hydrologic properties of an area, exemplified with the temporary drawdown of groundwater levels. I.C.I.D. Bulletin, July 1969 issue; I.C.W. verspreide overdrukken nr 89
- _____, 1970: Een programmapakket voor het uitvoeren van numerieke exploratie in onderzoeksgebieden. I.C.W.-Nota nr 585
- GEOLOGISCHE KAART VAN NEDERLAND, 1930: 28 Almeloo Kwartblad II.
- Schaal 1 : 50 000

Parameterwaarden berekend met gegevens uit tijdvak IIIa (22 juni 1968
t/m 11 januari 1969)

Peilbuis nr	a_o volgens berekening	$A_o = a_o$ gecorrigeerd op nul-niveau	b_6 s_{b_6}	b_8 s_{b_8}	Aantal gegevens n
1	71.050	71.050	.2343 .074	.7366 .053	30
2	51.261	51.260	.2071 .073	.7663 .053	29
4	127.181	127.181	.2299 .11	.7130 .078	30
5	431.407	431.407	.2518 .12	.5570 .086	30
7	2470.709	2470.709	.0569 .060	-.0136 .043	29
9	388.638	419.109	-.1871 .082	1.0535 .058	30
10	196.339	218.388	-.0350 .061	.9755 .043	30
11	- 36.028	- 36.028	.2416 .089	.7686 .063	30
12	1702.647	1866.887	-.9184 .27	1.1860 .19	30
13	255.563	280.970	-.3048 .070	1.1896 .050	30
14	255.439	255.439	.1499 .054	.7613 .039	30
15	1152.812	1245.820	-.6197 .16	1.1468 .11	30
16	858.899	921.889	-.6099 .16	1.2437 .11	30
17	884.049	932.434	-.5493 .12	1.1888 .082	30
18	818.632	818.634	.5864 .16	.1102 .11	30
19	927.984	927.983	.6486 .17	.0133 .12	28
20	- 68.137	- 68.137	.4298 .17	.6251 .12	29
21	1098.197	1098.197	.3420 .17	.2551 .12	30
22	1020.556	1020.556	-.1997 .34	.7128 .24	30

Peilbuis nr	a_o volgens berekening	$A_o = a_o$ gecorrigeerd op nul-niveau	b_6 s_{b_6}	b_8 s_{b_8}	Aantal gegevens n
23	-2124.770	-2124.760	.2049 .35	1.5798 .26	25
24	-1902.535	-1902.550	.4736 .18	1.2917 .13	30
25	863.079	863.079	- .2230 .21	.8242 .15	30
26	1209.709	1209.711	.4110 .17	.1667 .12	30
27	1064.518	1064.518	.5194 .13	.0531 .093	30
28	- 261.612	- 261.612	.5344 .16	.6289 .12	30
29	4000.471	4044.281	-1.1887 .35	.6950 .25	29
30	2040.745	2099.379	- .9325 .35	1.1415 .24	29
31	661.766	703.325	-1.0408 .30	1.7891 .22	30
32	2099.309	2129.673	-1.6786 .33	1.7614 .24	28
33	133.897	175.086	- .7264 .24	1.6477 .17	30
34	345.278	330.019	- .9350 .48	1.6782 .34	30
35	1689.310	1719.340	- .9848 .26	1.2851 .18	30
36	- 536.058	- 536.059	.4949 .16	.7308 .11	30
37	41.334	41.334	.6154 .17	.4256 .12	30
39	1062.820	1062.830	.4492 .18	.1476 .13	30
42	-1395.909	-1379.640	- .7618 .19	2.2013 .13	30
43	288.336	317.653	.1016 .12	1.0688 .085	30
44	287.927	306.272	.0965 .14	1.0724 .096	30
6	697.805	-	-	.5762 .079	30
8	156.500	-	1.1376 .16	-	30

Parameterwaarden berekend met gegevens uit tijdvak IIIa (22 juni 1968
t/m 11 januari 1969)

Peilbuis nr	Correlatie coëfficiënt met		Multipele correlatie R	Standaard afwijking cm	Gemiddelde stand in cm + NAP	
	S ₆	S ₈			uit IIIa	idem gecorrigeerd op wateronttrekking
1	.856	.977	.983	3	2639	2639
2	.854	.980	.985	3	2638	2638
4	.838	.957	.963	4	2620	2620
5	.833	.928	.938	5	2544	2544
6	-	.810	-	8	2287	2287
7	.228	.151	.236	2	2563	2563
8	.810	-	-	11	2758	2758
9	.746	.980	.983	3	2867	2897
10	.793	.991	.991	2	2807	2829
11	.851	.973	.979	4	2637	2637
12	.319	.683	.791	11	2874	3038
13	.722	.981	.989	3	2840	2865
14	.843	.988	.990	2	2698	2698
15	.542	.878	.924	7	2899	2992
16	.580	.904	.940	6	2895	2958
17	.611	.932	.964	5	2907	2955
18	.819	.725	.826	7	2464	2464
19	.801	.660	.801	7	2448	2455
20	.846	.907	.925	7	2639	2639
21	.747	.751	.787	7	2584	2602
22	.456	.626	.632	14	2530	2530
23	.792	.926	.927	14	2698	2698
24	.851	.963	.970	7	2744	2744
25	.611	.835	.843	8	2626	2626
26	.741	.700	.761	7	2610	2610
27	.823	.703	.825	5	2399	2399
28	.866	.912	.938	7	2696	2696
29	.314	.010	.550	14	3199	3243
30	.265	.604	.707	14	3057	3116
31	.496	.833	.887	12	3217	3259
32	.153	.602	.829	13	3120	3150
33	.595	.895	.922	10	3018	3059
34	.434	.713	.754	20	2836	2821
35	.341	.721	.831	10	2982	3012
36	.864	.930	.949	6	2612	2612
37	.869	.867	.912	7	2623	2623
39	.744	.689	.759	7	2497	2497
42	.675	.960	.975	8	2934	2950
43	.810	.974	.974	5	3469	3498
44	.803	.967	.968	6	3467	3485

