

# **GRONDWATERWINNING IN DE EEMVALLEI**

**Onderbouwing vergunningsaanvraag pompstation  
te Bunschoten - Spakenburg**



**N.V. Waterleidingbedrijf Midden-Nederland  
Provinciaal Waterleidingbedrijf van  
Noord-Holland**

april 1990

**GRONDWATERWINNING IN DE EEMVALLEI**

onderbouwing vergunningsaanvraag pompstation  
te Bunschoten-Spakenburg

Projectgroep Grondwaterwinning in de Eemvallei

PWN: ir. E. Roosma, ing. H.M.G. Verresen,  
ir. A. Stakelbeek

WMN: drs. J. van der Laan, ing. G.D.J. Doedens,  
ing. P. Ruiter

april 1990

90/002000

doc.nr. 2661E (PWN)

WMNnr. KW 90-32

WMN AFDELING HYDROLOGIE
002000

Inhoud	blz	
0.	Samenvatting	3
1.	Inleiding	4
2.	Bestemming gewonnen water	6
3.	Infrastructuur	7
4.	Geo(hydro)logie van de Eemvallei	8
4.1	Geologie	8
4.2	Hydrologie	9
4.3	Brak grondwater	10
4.3.1	Diep grondwater	10
4.3.2	Ondiep grondwater	13
5.	Lokatie nieuwe grondwateronttrekking	15
5.1	Lokatiebeschrijving	15
5.2	Geohydrologie	15
6.	Hydrologische effecten	17
6.1	Stijghoogteberekeningen	17
6.2	Kwilveranderingen	17
6.3	Brak grondwater	18
6.3.1	Invloed op het aanwezige diepe brakke grondwater	18
6.3.2	Gevolgen voor bestaande grondwaterwinningen	21
6.4	Zettingen	21
7.	Referenties	23

#### BIJLAGEN

1. Berekende stijghoogteveranderingen in de Eemvallei.
2. Berekende kwilveranderingen in de Eemvallei.
3. Boorbeschrijvingen.
4. Berekening doorbraakcurve chloride-gehalte gewonnen water.

SAMENVATTING

Het grondwaterplan van de provincie Noord-Holland schrijft een gefaseerde vermindering van de bestaande grondwaterwinningen in het Gooi voor. Een grondwaterwinning van 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in de Eemvallei nabij Spakenburg is één van de alternatieve produktiemiddelen waarmee deze vermindering gedeeltelijk gecompenseerd zal worden. Deze verschuiving van winningen van het Gooi naar de Eemvallei heeft een gunstig effect op grondwaterstanden in de hogere delen van het Gooi en op de kwel in de randzones. Deze geplande winning zal plaatsvinden in de Formatie van Harderwijk welke zich t.p.v. de Eemvallei tussen de 100 en 200 m onder maaiveld bevindt. Het gewonnen water zal tot 1998 ter beschikking van het Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland (PWN) komen (voorzieningsgebied 'Het Gooi').

Daarna zal het verdeeld worden tussen het PWN en N.V. Waterleidingbedrijf Midden-Nederland (WMN).

In de Eemvallei komt plaatselijk in de Formatie van Harderwijk, waar de onttrekking plaatsvindt, brak grondwater voor.

Berekeningen geven aan dat binnen 100 jaar het chloridegehalte in de winputten van de geplande grondwateronttrekking nauwelijks zal toenemen. Het chloridegehalte van nabijgelegen industriële grondwateronttrekkingen zal door deze nieuwe grondwateronttrekking binnen 100 jaar niet toenemen. De formatie van waaruit het grondwater onttrokken wordt, wordt aan de bovenzijde afgedekt door slecht doorlatende klei- en veenlagen.

Door de aanwezigheid van deze lagen zal deze winning t.p.v. de Eemvallei nauwelijks dalingen van de freatische grondwaterstand (< 5 cm) teweeg brengen.

Door de winning zal de opvoerhoogte van de nabijgelegen industriële grondwateronttrekkingen (Bunschoten-Spakenburg) met maximaal 40 cm toenemen.

## 1 INLEIDING

Het grondwaterplan voor de periode 1987 - 1995 van de provincie Noord-Holland schrijft een gefaseerde vermindering van de bestaande grondwaterwinningen in het Gooi voor.

Fase 1, welke volgens dit plan al in 1990 zou moeten ingaan, houdt sluiting in van de winning te Hilversum van Gemeentewaterleidingen Amsterdam (pompstation Westerveld) en die van PWN te Bussum (pompstation Grindweg). De eerste is 1-1-1989 gesloten, de tweede zal binnen afzienbare tijd gesloten worden. In totaal moet dat leiden tot een vermindering van de toegestane grondwateronttrekkingen in het Gooi met ca. 5,2 Mm<sup>3</sup>/j tot ca. 12,8 Mm<sup>3</sup>/j.

Fase 2, welke al in de lopende planperiode zou moeten worden gerealiseerd, houdt een verdergaande reductie van de grondwaterwinning tot totaal 7 Mm<sup>3</sup>/j in. Dat betreft dan zowel de dan nog resterende winningen van PWN als van WMN.

Voor deze verminderde grondwateronttrekking ten opzichte van het niveau in 1986 dienen vervangende produktiemiddelen te worden gevonden, welke passen bij de ontwikkelde maatschappelijke visie opdat de vereiste vergunningen kunnen worden verkregen. Met de toekomstige groei in de drinkwaterbehoefte als uitgangspunt moeten de ontwikkelde systemen ook in waterleidingtechnische zin een passende oplossing vormen binnen de te verwachten infrastructuur van winningen, zuiveringen, transportleidingen en bergingen.

In VEWIN-verband is voor het derde tienjarenplan in een integratiestudie tot een voorkeursoplossing voor vervangende produktiemiddelen voor fase 1 en 2 gekomen. Als vervolg hierop is in overleg met de provincie Noord-Holland als ingangsdatum voor de eerste fase, in afwijking van het hieromtrent gestelde in eerdergenoemd grondwaterplan, het moment gekozen waarop deze vervangende produktiemiddelen operationeel zijn. Naar verwachting zal dat niet eerder dan in 1993 het geval zijn. Voor de tweede fase wordt hierbij voorlopig uitgegaan van 1998.

Parallel aan de integratiestudies voor het derde VEWIN tienjarenplan hebben de provincies Noord-Holland en Utrecht in samenwerking met het RIVM gezamenlijk een uitgebreide studie verricht naar de geohydrologische en ecologische effecten van een aantal oplossingsvarianten. Deze betreffen in hoofdzaak hetzelfde type winningen als bij de integratiestudie werden beschouwd. (Van Ee en Veel, 1989).

Hierbij bleek een grondwaterwinning tussen Huizer Meent en monding van de Eem tot een capaciteit van 5 Mm<sup>3</sup>/j, in combinatie met sluiting van de winningen te Bussum en Westerveld, de meest gunstige oplossing. Globaal voldoende voor een invulling van de eerste fase van het grondwaterplan van Noord-Holland.

Daar dit tevens de voorkeursoplossing van de VEWIN was, werd voor de invulling van de eerste fase als uitgangspunt een nieuwe grondwaterwinning in dit gebied genomen.

Voor het uitwerken van de voorgestane oplossing voor de eerste fase van het provinciaal beleid werd op bestuurlijk niveau interprovinciaal overleg gevoerd tussen de provincies Utrecht en Noord-Holland. Dit werd op ambtelijk niveau in samenwerking met de betrokken waterleidingbedrijven WMN en PWN voorbereid. De in principe overeengekomen oplossing is daarna zo spoedig mogelijk concreet uitgewerkt, voorbereid en uitgevoerd door de twee primair betrokken waterleidingbedrijven WMN en PWN.

Dit heeft geresulteerd in een onderzoek naar een lokatie in het Eemgebied om een winning ter grootte van 5 Mm<sup>3</sup>/j te realiseren, waarvan in het onderhavige rapport de bevindingen zijn weergegeven. Deze behelzen ook de t.b.v. het winplaatsonderzoek verkregen geologische informatie.

In het volgende wordt in de hoofdstukken 2 en 3 op de bestemming van het gewonnen water en de uitgangspunten t.a.v. de benodigde infrastructuur ingegaan.

In hoofdstuk 4 wordt een regionale geohydrologische beschrijving gegeven. In hoofdstuk 5 wordt een lokatiebeschrijving gegeven van de winplaats en in hoofdstuk 6 wordt ten slotte ingegaan op de hydrologische effecten die een dergelijke grondwaterwinning teweeg kan brengen.

BESTEMMING GEWONNEN WATER

Voorlopig is van de volgende bestemming uitgegaan:

- in de eerste fase (1993 tot 1998) zal de volledige winning van 5 Mm<sup>3</sup>/j ter beschikking van het PWN komen;
- voorlopig is het uitgangspunt dat in de tweede fase (1998 e.v.) de winning gelijk verdeeld wordt tussen de provincies Utrecht en Noord-Holland, waarbij het deel voor de provincie Noord-Holland (het Gooi) weer verdeeld zal worden tussen het PWN en WMN. Verdere invulling van de tweede fase zal in een interprovinciaal overleg tussen de provincies Noord-Holland, Utrecht, Gelderland en Flevoland samen met de betrokken waterleidingbedrijven nader bestudeerd worden.

Bij deze winning kan na ca. 5 jaar de (geografische) bestemming van het water zich wijzigen, maar momenteel is daarover nog weinig bekend.

### 3 INFRASTRUCTUUR

De te kiezen oplossing moet zodanig zijn dat een daadwerkelijke wijziging van het leveringsgebied geen of weinig negatieve gevolgen heeft voor de aangelegde infrastructuur.

Aan de hand van deze voorwaarde zijn een aantal varianten ontwikkeld voor de levering van het water vanaf de winning naar een uiteindelijke bestemming en onderling met elkaar vergeleken.

Hierbij zijn onder meer de volgende aspecten betrokken:

- geografische bestemming van het water in de eerste en tweede fase;
- lokatie van de zuivering nabij de winning of het leveringspunt;
- aansluiting op mogelijke oplossingen 2e fase, waarbij de onderstaande oplossingen beschouwd zijn:
  - \* levering van grondwater vanuit Flevoland;
  - \* oppervlaktewinning (Gooimeer, Eemmeer, Loenderveense plassen), gevolgd door een infiltratieproject in het Gooi;
  - \* oeverfiltraatwining (Gooimeer, Eemmeer), gevolgd door een infiltratie in het Gooi;
  - \* levering van drinkwater vanaf Weesperkarspel;
- ontwikkeling van produktie- en distributiesysteem van het PWN in het Gooi;
- kosten;
- technische en procedurele haalbaarheid.

Een en ander heeft geleid tot de volgende conclusie:

De voorkeur gaat uit naar een oplossing die zowel in de eerste fase als in de tweede fase bruikbaar is. Er wordt veel waarde gehecht aan een oplossing die in beide fasen optimaal benut zal kunnen worden. Daar over mogelijke oplossingen voor de tweede fase momenteel nog weinig meer dan globale indicaties van bronnen en lokaties te geven zijn, is een beoordeling op dat punt zeer moeilijk. Daarom is voor een oplossing gekozen die de meeste mogelijkheden in zich heeft om aan te sluiten op de tweede fase en die de laagste investering (minste financiële risico's) met zich brengt.

Deze gekozen oplossing bestaat uit de volgende onderdelen:

1. zuivering nabij de winning;
2. levering aan een (nieuwe) berging nabij Huizen;
3. een geheel nieuwe transportleiding naar Huizen.



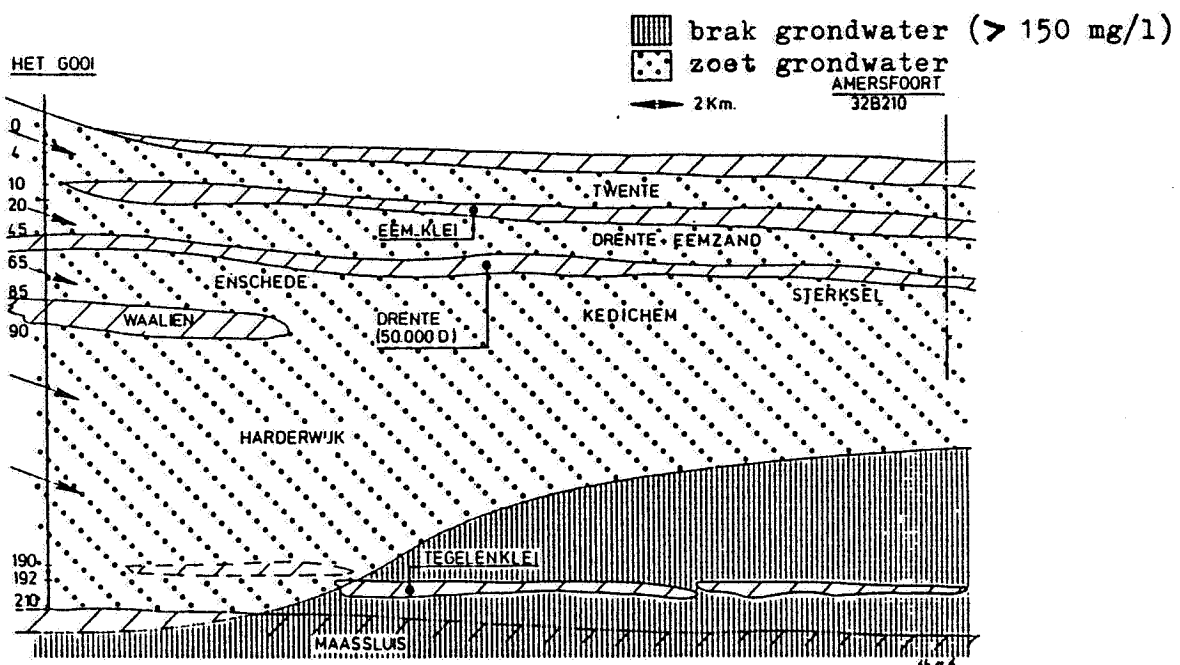
#### 4 GEO(HYDRO)LOGIE VAN DE EEMVALLEI

##### 4.1 GEOLOGIE

De huidige opbouw van de ondergrond is ontstaan in het Pleistoceen en het Holoceen. Door zeespiegelrijzing werd ca. 2,5 miljoen jaar geleden op de bestaande glaciële afzettingen marien materiaal afgezet. Deze afzettingen van klei en zand staan bekend als de Formatie van Maassluis en kunnen als basis van het geologisch systeem worden beschouwd. Nadat de zee zich weer had teruggetrokken werd op deze mariene afzettingen door rivieren afwisselend kleilig (Tegelen, Waalien) en zandig (Enschede, Harderwijk, Kedichem, Sterksel) materiaal afgezet.

Tijdens de voorlaatste ijstijd, ca. 300.000 jaar geleden, drong het landijs tot in dit gebied door. Het materiaal dat door de rivieren was afgezet werd opgestuwd tot stuwwallen. Deze zijn in het Gooi en de Utrechtse Heuvelrug zichtbaar. Op de rivierafzettingen van Enschede en Sterksel werd glaciaal materiaal afgezet (Formatie van Drente). De klimaatverandering die een einde maakte aan deze ijstijd had een zeespiegelrijzing tot gevolg, waardoor in de Eemvallei mariene kleien en zanden (Eemformatie) werden afgezet.

In de laatste ijstijd bereikte het Landijs het gebied niet, op de Eemklei werden eolische zanden afgezet (Formatie van Twente). In het Holoceen (ca. 10.000 jaar geleden tot heden) werd het klimaat geleidelijk milder. De zeespiegelrijzing als gevolg hiervan bracht veenvorming en kleiafzettingen teweeg. Deze afzettingen bevinden zich in de Eemvallei aan de oppervlakte (fig. 1).

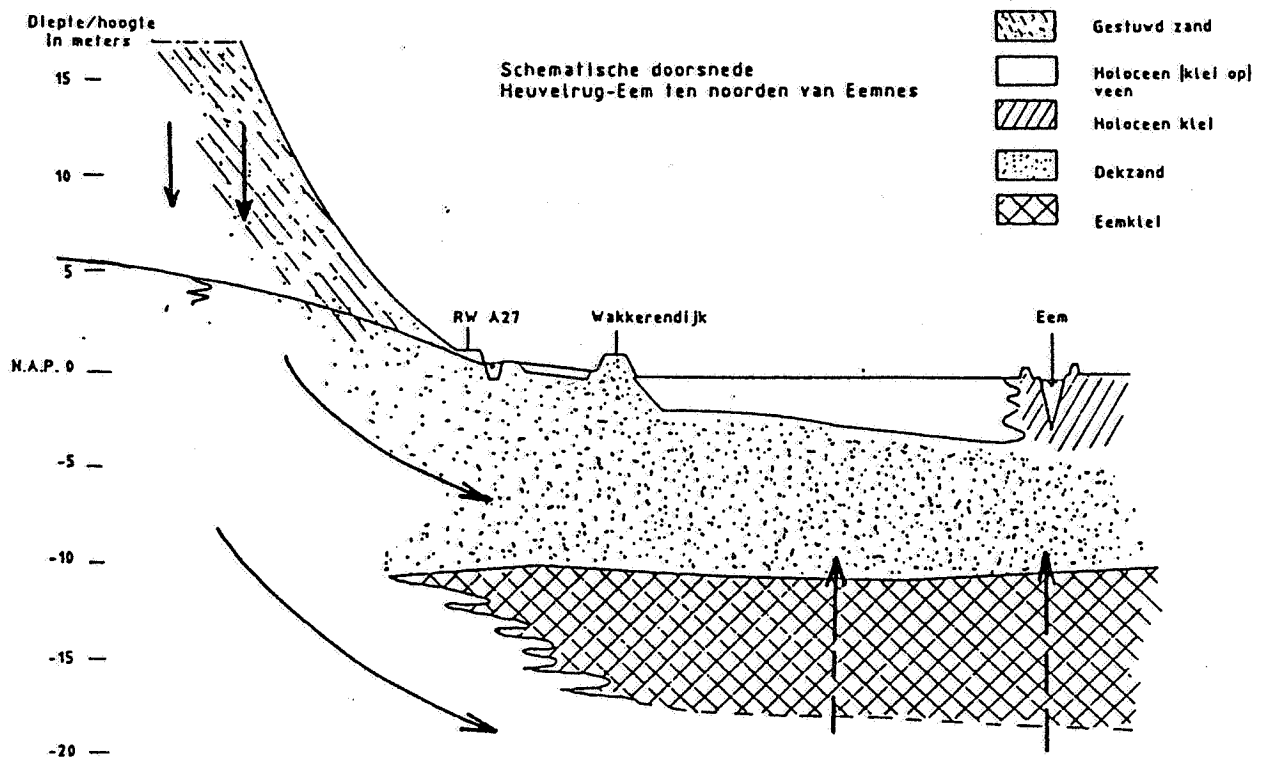


Figuur 1: Geologische opbouw t.p.v. de Eemvallei (NW/ZO-profiel)

## 4.2 HYDROLOGIE

### Natuurlijk grondwaterstroming:

Het neerslagoverschot dat t.p.v. het Gooi infiltreert, stroomt voorzover het niet onttrokken wordt zijwaarts af naar de randen. Het stroomt dan voor een deel ondergronds in noordoostelijke richting af richting de Flevopolders (Snelting en Groenewoud, 1987) en kwelt voor een deel op in de sloten van het lager gelegen Eemland (fig. 2).



Figuur 2: Grondwaterstroming van het Gooi naar de Eemvallei (van Westrienen, 1989)

## Peilbeheer:

In de meeste delen van Eemland worden polderpeilen gehandhaafd. Het overtollige regen- en kwelwater wordt geloosd op de Eem. Het polderpeil in het betreffende gebied ligt rond ca. 0,80 m -NAP in de zomer en rond 1,00 m -NAP in de winter. Bij dit peil treedt vrijwel overal in het gebied kwel op. Door de grondwaterwinningen in het Gooi is deze in de loop der jaren wat afgenomen (Van Westrienen, 1989).

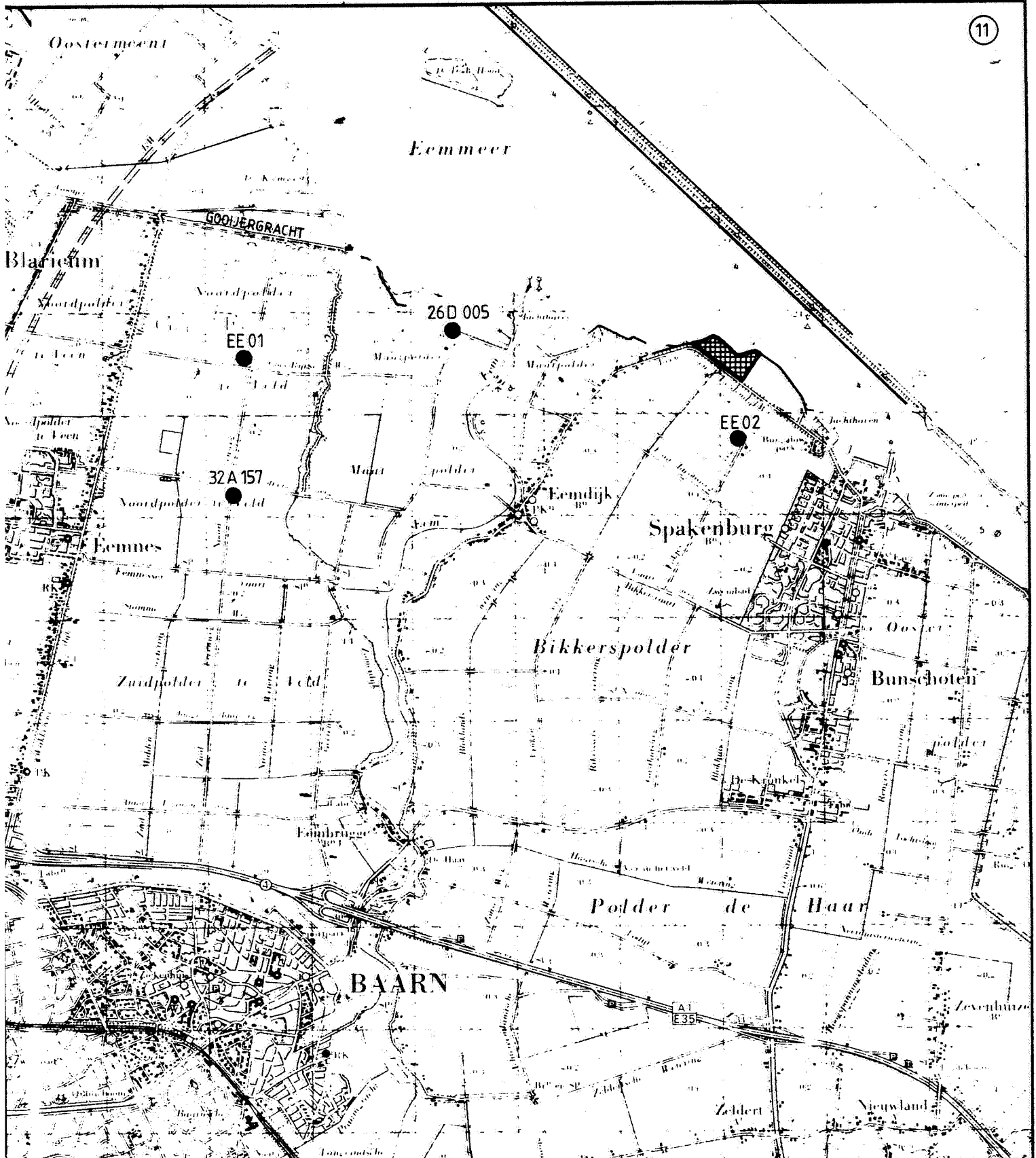
### 4.3 BRAK GRONDWATER

#### 4.3.1 Diep grondwater

Zout grondwater komt voor in de Formatie van Maassluis en naar het zuidoosten toe ook in de Formatie van Harderwijk. Omdat over de exacte ligging van het zoet/zout grensvlak weinig bekend was, is in april 1989 in opdracht van WMN en PWN door DGV-TNO een geo-elektrisch onderzoek verricht. De hierbij gemeten weerstand wordt bepaald door zowel het chloridegehalte van het grondwater als door de grondsoort. Daar steeds een resulterende weerstand wordt gemeten, zal de positie van de brakwaterzone, zoals die uit de resultaten van het onderzoek wordt afgeleid, belangrijk afhangen van de kennis over de geologische opbouw van de ondergrond. In het gebied waren onvoldoende boringen beschikbaar die tot de Formatie van Maassluis reiken. In overleg met DGV-TNO zijn er derhalve nog 2 boringen bijgemaakt (fig. 3). M.b.v. boorgatmetingen, chemische analyses en de geologische opbouw ter plaatse is de diepte van de brakwaterzone bepaald. In het algemeen kan gesteld worden dat daar waar het grensvlak zich in diepe kleiige lagen zoals de Formatie van Maassluis bevindt, de ligging van het grensvlak moeilijker te bepalen is. Uit het onderzoek, dat op 15-9-1989 werd afgerond, blijkt dat het brakke grondwater plaatselijk tot ver in de Formatie van Harderwijk is doorgedrongen (fig. 4) (Van Overmeeren, 1989).

In zuidoostelijke richting wordt de bovenzijde van de brakwaterzone minder diep aangetroffen.

Volgens de rapportage van DGV-TNO schijnt de Formatie van Drente ten oosten van Spakenburg plaatselijk onderbroken te zijn (Van Overmeeren, 1989). Uit recent geologisch onderzoek blijkt echter dat dit niet het geval is (Heijns, F.J., 1989).



SCHAAL 1:50000	DATUM	OPMERKINGEN
GE TEKEND AvB	22 - 1 - 1990	● WAARNEMINGSPUT
GEKONTROLEERD		▨ LOCATIE WINPLAATS
GE ZIEN		

**P.S. BUNSCHOTEN - SPAKENBURG**

**FIGUUR 3**

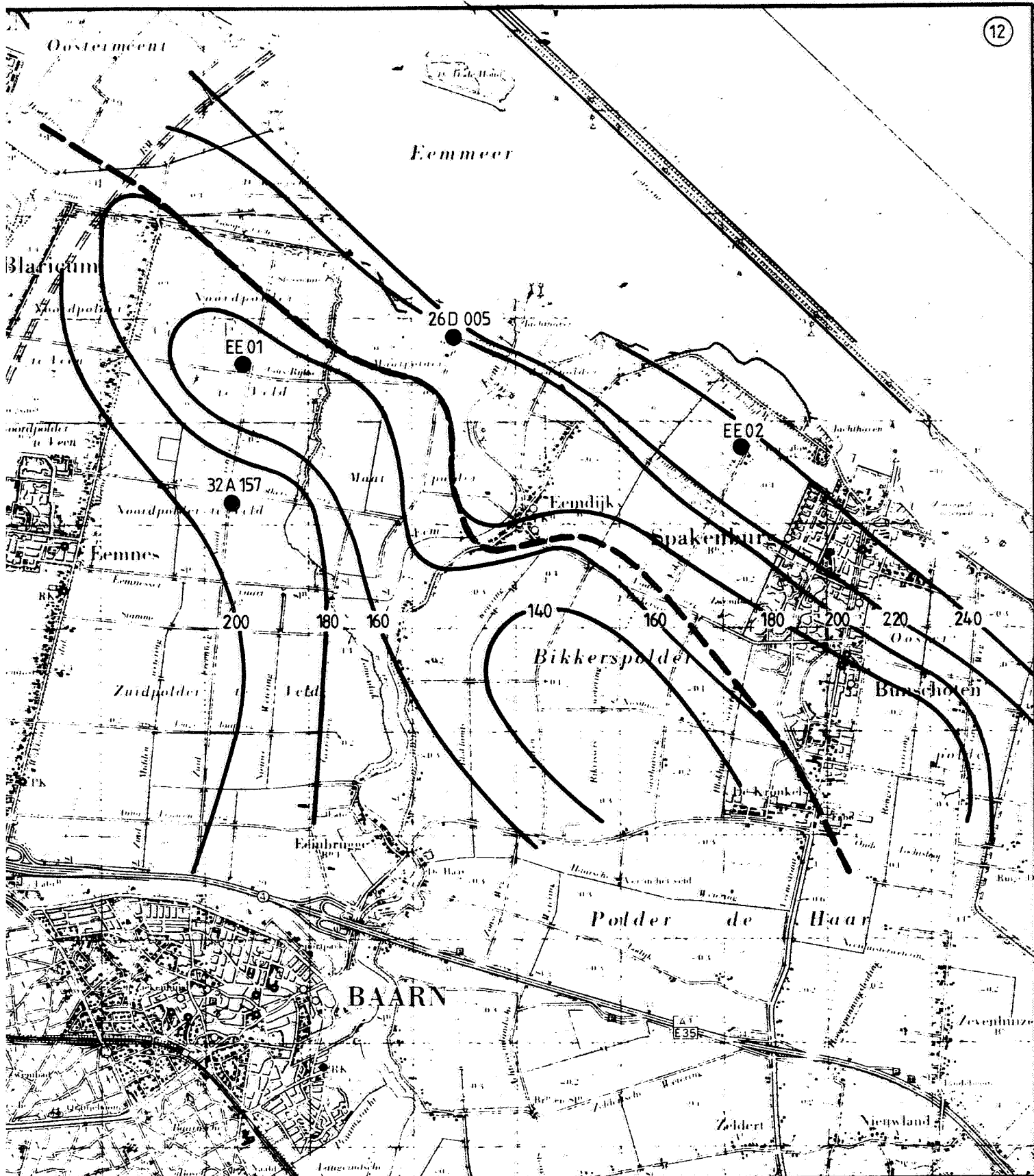
**BORINGEN IN DE EEMVALLEI TOT DE FORMATIE VAN MAASSLUIS**

**NV. WATERLEIDINGBEDRIJF  
MIDDEN - NEDERLAND**

NOORDPIJL

FORMAAT  
**A 4**  
GEWIJZIGD



TEKENING NR  
**Div. 220**



SCHAAL 1:50000	DATUM	OPMERKINGEN:
GETEKEND AvB	22 - 1 - 1990	● WAARNEMINGSPUT
GEKONTROLEERD		--- BRAKWATERZÔNE IN FORMATIE MAASSLUIS
GEZIEN <i>JP</i>		— DIEPTE BRAKWATERZÔNE (150 mg/l Cl <sup>-</sup> IN m

PS. BUNSCHOTEN-SPAKENBURG  
DIEPTE BRAKWATERZÔNE

FIGUUR 4

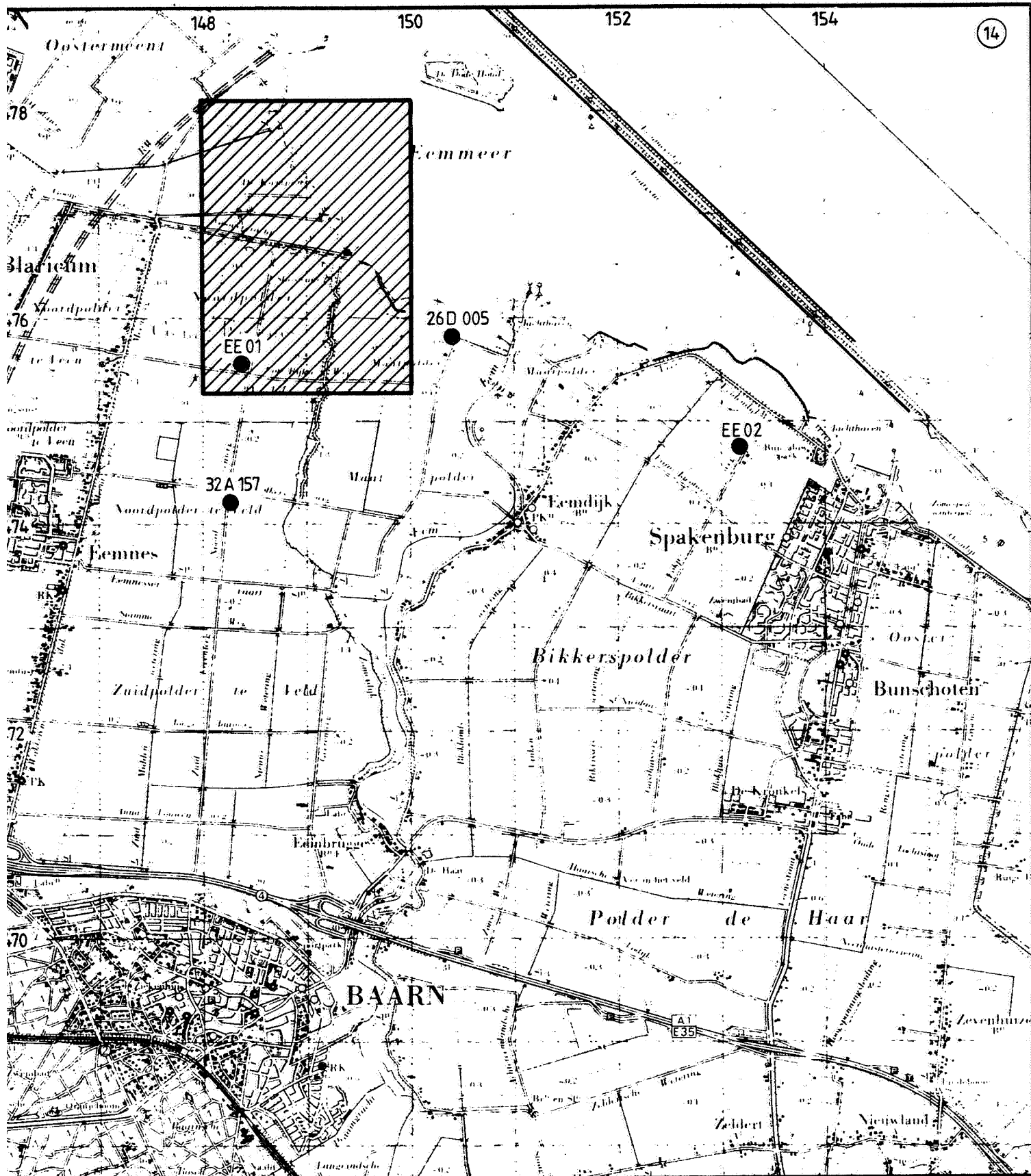
 <b>NV. WATERLEIDINGBEDRIJF MIDDEN - NEDERLAND</b>	NOORDPIJL	FORMAAT	TEKENING NR.
		A 4	Div. 220 <sup>3</sup>
		GEWIJZIGD	


#### 4.3.2 Ondiep grondwater

Behalve op grote diepte komt in het noordelijke deel van de Eemvallei ook ondiep brak grondwater voor. In mei 1988 hebben de provincies Noord-Holland en Utrecht een geo-elektrisch onderzoek laten verrichten naar de verbreiding van deze brakwatervoorkomens (Geo-logic, 1988) (fig. 5).

In het onderzochte gebied komt langs het Eemmeer in het Holoceen overal brak grondwater voor. Plaatselijk is dit tot in de Formatie van Twente doorgedrongen en t.p.v. de zuidkant van de Huizermeent lijkt ook in de Eemklei brak grondwater voor te komen.

In diepere formaties is deze inversiezone niet waargenomen.





SCHAAL 1:50000	DATUM	OPMERKINGEN:
GETEKEND AvB	22 - 1 - 1990	● WAARNEMINGSPUT
GEKONTROLEERD		▨ ONDERZOEKSGBIED
GEZIEN 		

P.S. BUNSCHOTEN - SPAKENBURG

FIGUUR 5

ONDERZOEKSGBIED M.B.T. HET VOORKOMEN VAN ONDIEP BRAK GRONDWATER

 <b>NV WATERLEIDINGBEDRIJF MIDDEN - NEDERLAND</b>	NOORDPIJL 	FORMAAT	TEKENING NR.
		A 4	Div. 220 <sup>1</sup>
		GEWIJZIGD	

## 5 LOKATIE NIEUWE GRONDWATERONTTREKKING

### 5.1 LOKATIEBESCHRIJVING

De nieuw in te richten winplaats ligt in het thans in uitvoering zijnde Landinrichtingsplan Eemland. In verband met de in dit plan opgenomen nieuwbouw van een groot aantal boerderijen, met name in een deel van het gebied waar op basis van het eerder genoemde geo-elektrisch onderzoek de meeste mogelijkheden voor een nieuwe winplaats bleken te zijn, is het aantal mogelijke lokaties voor de nieuwe winplaats beperkt. Gekozen is de winplaats in te richten langs het Eemmeer in een buitendijks perceel direct ten noordwesten van Bunschoten-Spakenburg (figuur 3).

De geprojecteerde winplaats is, regionaal gezien, gelegen in de Eemvallei. Ten westen van de winplaats, op ca. 8 km, bevindt zich de stuwwal van het Gooi. Ten zuidwesten en ten zuiden daarvan, op respectievelijk 6 en 12 km afstand, ligt de Utrechtse Heuvelrug. Op ca. 2 km ten westen ligt de monding van de rivier de Eem, die van zuid naar noord het vlakke gebied doorstroomt. Ten oosten ervan gaat het gebied over in de Gelderse Vallei.

De Eemvallei is een vlak en open gebied met een hoogteligging rond NAP. Het grondgebruik is vrijwel overal grasland. Ruim de helft van de Eemvallei bestaat uit veengronden. Verder worden er langs de Eem jonge zeekleigronden aangetroffen en komen er drechtvaaggronden voor (gronden met een kleidek van ca. 50 cm op veen). In de overgangsgebieden naar het Gooi, de Utrechtse Heuvelrug en de Gelderse Vallei worden zandige gronden aangetroffen (Eerdgronden).

De natuurwaarden in de Eemvallei worden voornamelijk bepaald door weidevogels. In de overgangsgebieden naar de hoger gelegen Utrechtse Heuvelrug en het Gooi worden gebieden aangetroffen met kwel. De natuurwaarden worden hier voornamelijk bepaald door planten. Deze gebieden zijn gevoelig voor beïnvloeding van de grondwaterstijghoogten en de kwelintensiteit.

In de omgeving van de nieuwe winplaats zijn enkele industriële grondwaterwinningen aanwezig. De lokaties van deze onttrekkingen zijn weergegeven in hoofdstuk 6.3.2. Het grondwater wordt veelal onttrokken vanuit de Formatie van Kedichem of Drente (hoofdstuk 4.1). Het gewonnen water wordt gebruikt voor koeldoeleinden en als proceswater.

### 5.2 GEOHYDROLOGIE

Voor een uitvoerige beschrijving van de geologische opbouw van de ondergrond wordt verwezen naar hoofdstuk 4.1.

Gezien de morfologische eigenschappen van de watervoerende pakketten zal de grondwateronttrekking het beste plaats kunnen vinden in de Formatie van Kedichem/Harderwijk.

Genoemde formatie wordt aan de bovenzijde afgesloten door de Drente klei, welke een zeer hoge verticale weerstand bezit, en aan de onderzijde door de Formatie van Maassluis. Enerzijds heeft de aanwezigheid van weerstandbiedende lagen boven het pakket van waaruit onttrokken wordt het voordeel dat hydrologische effecten op het freatische grondwater sterk afgevlakt zullen worden.

Anderzijds zal de inzigging naar het pakket waaruit onttrokken wordt gering zijn, hetgeen betekent dat de toestroming naar de putten in de betreffende formatie over relatief grote afstand merkbaar is; dit heeft bijvoorbeeld zijn invloed op het aantrekken van brak grondwater.



T.a.v. brak grondwater kan opgemerkt worden dat deze zich t.p.v. het winningsgebied in de Formatie van Maassluis bevindt (hoofdstuk 4.3.1). Hoewel niet bekend is of de Formatie van Tegelen ter plaatse in de ondergrond voorkomt, mag verwacht worden dat op de lokatie van voornoemde winning geen upconing van brak grondwater zal optreden. Eventueel laterale toestroming van brak grondwater, dat zich in de Formatie van Harderwijk bevindt (hoofdstuk 4.3.1), wordt in hoofdstuk 6.3.1 nader beschouwd.

Hydrologisch gezien kan t.p.v. de winplaats de ondergrond als volgt worden geschematiseerd (fig. 1) (Snelting en Groenewoud, 1989).

#### Watervoerende pakketten:

pakket nr.	formatie	doorlatendheid (m <sup>2</sup> /d.)	morfologie	diepte t.p.v. winplaats (m +/- mv)
1	Twente	+ 100-200	fijn zand	8-25
2	Drente	+ 500	fijn en grof zand	33-42
3	Sterksel/ Kedichem	+ 1300	kleiig zand	50-100
4	Harderwijk	+ 7000	grof zand	100-220

#### Weerstandbiedende lagen:

laag nr.	formatie	weerstand (d)	morfologie	diepte t.p.v. winplaats (m +/- mv)
1	holocene deklaag	+ 250	klei en veen	0-8
2	Eem	+ 5000	klei en veen	25-33
3	Drente	+ 20.000-50.000	klei	42-50
4	Waalien	komt nabij winplaats niet voor.		

Voor het inschatten van de gevolgen van hydrologische ingrepen op andere bij het grondwater betrokken belangen, zoals bijvoorbeeld natuur en landbouw, is het van belang de invloed van de winning op de grondwaterstijghoogten te kennen. In de reeds eerder genoemde studie naar winningsmogelijkheden in het Gooi en Eemgebied is voor het berekenen van de hydrologische gevolgen een hydrologisch model opgesteld m.b.v. het computerprogramma TRIST (Snelting en Groenewoud, 1989). Voor de technische details met betrekking tot dit model, alsmede voor een beschrijving van de invoer en de modelijking, wordt hierbij verwezen naar de rapportage van de projectgroep 'Tussen Vecht en Eem' (van Ee, Veel, 1989). Voor de betreffende grondwaterwinning van 5 miljoen m<sup>3</sup>/jaar is door het RIVM met behulp van het bestaande model de invloed op de grondwaterstijghoogten berekend van de winning te Bunschoten-Spakenburg (Poldermaten) in combinatie met sluiting van de pompstations te Bussum en Westerveld.

### 6.1 STIJGHOOGTEBEREKENINGEN

Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat de winning te Bunschoten-Spakenburg een omvang zal hebben van 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar, onttrokken vanuit de Formatie van Kedichem/Harderwijk (hoofdstuk 4.1). Tegelijkertijd zullen met deze grondwateronttrekking de winningen in het Gooi te Westerveld en Bussum worden gestaakt. Ook het effect hiervan is vanzelfsprekend in de berekeningen meegenomen. De uiteindelijke berekeningsresultaten laten dan ook het gecombineerde effect zien van beëindiging van winningen in het Gooi (Bussum en Westerveld) in combinatie met de nieuwe winning te Bunschoten-Spakenburg.

In bijlage 1 is de berekende invloed van de winning op de grondwaterstijghoogte in de verschillende watervoerende pakketten weergegeven. Hieruit blijkt dat in de Eemvallei alleen in de diepere pakketten een verlaging van de grondwaterstijghoogte wordt veroorzaakt. Deze bedraagt in de Formatie van Drente (fig. 1) max. 10 cm (bijlage 1b) en in Harderwijk max. 50 cm (bijlage 1d). In het eerste (freatische) watervoerende pakket zijn de verlagingen minimaal (kleiner dan 5 cm). Ter plaatse van de hoge delen van het Gooi zullen de grondwaterstijghoogten worden verhoogd met maximaal 75 cm (bijlage 1a). Aangezien ter plaatse van het Gooi het eerste watervoerende pakket aan de bovenzijde niet wordt afgesloten door een slechtdoorlatende deklaag, kunnen de berekende stijghoogteverhogingen daar eveneens worden beschouwd als verhogingen van de freatische grondwaterstand.

Resumerend kan worden gesteld dat, ten gevolge van een nieuwe winning ter grootte van 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar te Bunschoten-Spakenburg in combinatie met sluiting van de winningen te Hilversum en Bussum, de ondiepe grondwaterstanden in het poldergebied nauwelijks zullen worden verlaagd (minder dan 5 cm), terwijl de grondwaterstanden in het Gooi aanzienlijk zullen stijgen.

Deze conclusie komt overeen met de resultaten van het onderzoek van de projectgroep 'Tussen Vecht en Eem' (Van Ee en Veel, 1989).

### 6.2 KWELVERANDERINGEN

Voor gebieden met natuurwaarden zijn veelal, behalve de veranderingen in grondwaterstijghoogten, ook wijzigingen in kwelintensiteit van belang. In bijlage 2 zijn de berekende veranderingen weergegeven in mm/dag. Een positieve waarde van deze verandering houdt in dat er in het betreffende gebied een toename van de kwelintensiteit optreedt of dat de infiltratie afneemt.

Zoals uit de berekeningen blijkt zal met name langs de flanken van het Gooi de kwel toenemen (bijlage 2). Alleen t.p.v. een klein gebied nabij Soestdijk is een kleine kwelafname te verwachten. Ten aanzien van de in de bijlagen gepresenteerde 0-lijn moet nog opgemerkt worden dat kleine veranderingen van de winlocatie ogenschijnlijk relatief grote verschuivingen van de 0-lijn tot gevolg kunnen hebben. Dit wordt veroorzaakt door de in het model gehanteerde knooppuntsafstand.

### 6.3 BRAK GRONDWATER

#### 6.3.1 Invloed op het aanwezige diepe brakke grondwater

Het brakke grondwater is plaatselijk tot ver in de Formatie van Harderwijk, het pakket waar de voorgenomen grondwateronttrekking zal plaatsvinden, doorgedrongen (hfst 4.3.1).

Ter plaatse van de winplaats bevindt de brakwaterzone zich in de Formatie van Maassluis. Verticale upconing van brak grondwater is daar dan ook niet te verwachten. Wel zal de 'brakwaterbel' onder invloed van de grondwaterwinning lateraal toestromen.

Voor de gekozen winningslokatie zijn analytische stromingsberekeningen gemaakt naar de laterale toestroming van brak grondwater m.b.v. het computer model AQ-AS (RIVM).

Ten aanzien van de positie van de brakwaterzone zijn weinig historische gegevens beschikbaar. Alleen een door DGV-TNO in 1972 verricht onderzoek naar de positie van het grensvlak in de Gelderse Vallei (meetseries uit 1959) geeft enige beperkte historische informatie (Csonka, J., 1972).

Het is dan ook moeilijk vast te stellen welke invloed dit complex geheel van heersende grondwater- en kwelstromingen heeft op de ligging van de brakwaterzone. Voor de berekening van de verplaatsing van de brakwaterzone o.i.v. de winning zijn daarom verschillende uitgangspunten gehanteerd. Bij de eerste berekening is ervan uitgegaan dat het resulterende effect van natuurlijke invloeden op de positie van de brakwaterzone nihil is. Bij de tweede berekening is ervan uitgegaan dat de brakwaterzone zich met de natuurlijke grondwaterstroming in de richting van de winplaats beweegt.

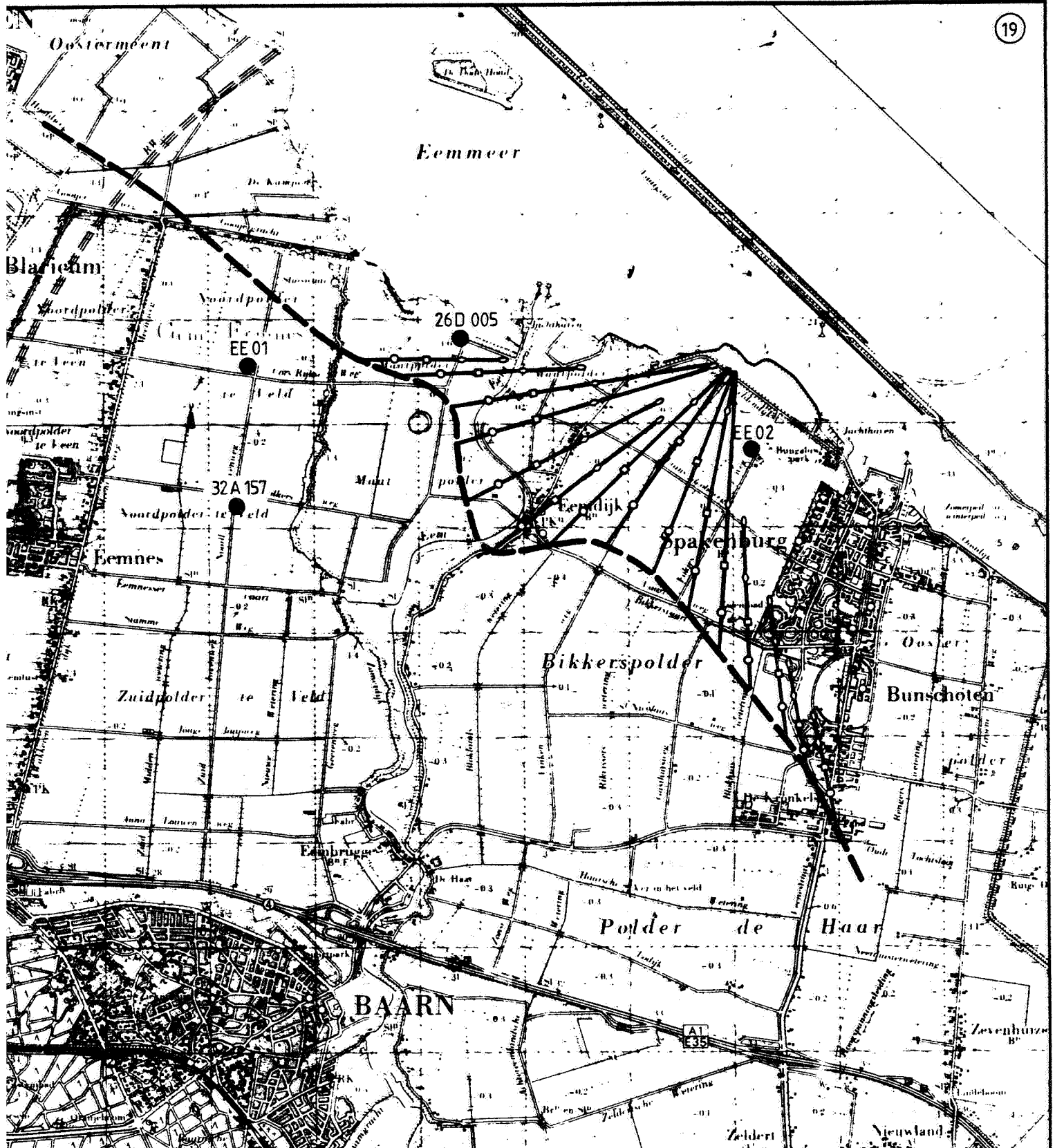
De werkelijkheid zal zich tussen deze 2 uitgangspunten bevinden. Een nauwkeurigere beschrijving is door het ontbreken van historische informatie niet op te stellen.

Gezien de afstand van de geplande winning tot de plaats waar de brakwaterzone zich in de Formatie van Harderwijk bevindt, is het geoorloofd uit te gaan van een volkomen winning. Gezien de geringe dichtheid van het brakke grondwater (150 mg/l) is het geoorloofd dichtheidsverschillen buiten beschouwing te laten. Ook het 'uitzakken' van de brakwaterbel, wat ten gevolge van dichtheidsverschillen op zou kunnen treden, is buiten beschouwing gelaten. Of dit verschijnsel optreedt is immers ook afhankelijk van heersende grondwater- c.q. kwelstromingen.

Dispersie is voor de eenvoud buiten beschouwing gelaten. In werkelijkheid zal het brakke grondwater hierdoor langzamer naar de winplaats stromen dan uit de berekeningen volgt. De berekeningen zijn gemaakt voor een onttrekking in de Formatie van Harderwijk. Indien de resulterende invloed van natuurlijke grondwaterstromingen buiten beschouwing gelaten wordt, blijkt uit de berekeningen dat het ten minste 150 jaar zal duren, voordat het brakke grondwater de winplaats bereikt (fig. 6).

Indien ervan uitgegaan wordt dat de brakwaterzone zich onder invloed van de natuurlijke grondwaterstroming (0,01 m/etm., Provincie Utrecht, 1987), richting de winplaats beweegt, zal het brakke grondwater al na 75 jaar de winplaats bereiken. De mogelijke uitbreiding van de grondwaterwinning in Flevoland van 3 milj. m<sup>3</sup>/j naar 10 milj. m<sup>3</sup>/j zal de natuurlijke grondwaterstroming nauwelijks beïnvloeden (provincie Flevoland, 1984).



Volgens de berekende doorbraakcurve (bijlage 4) zal het chloridegehalte in die situatie na 100 jaar een concentratie hebben van ca. 30 mg/l (fig. 7).

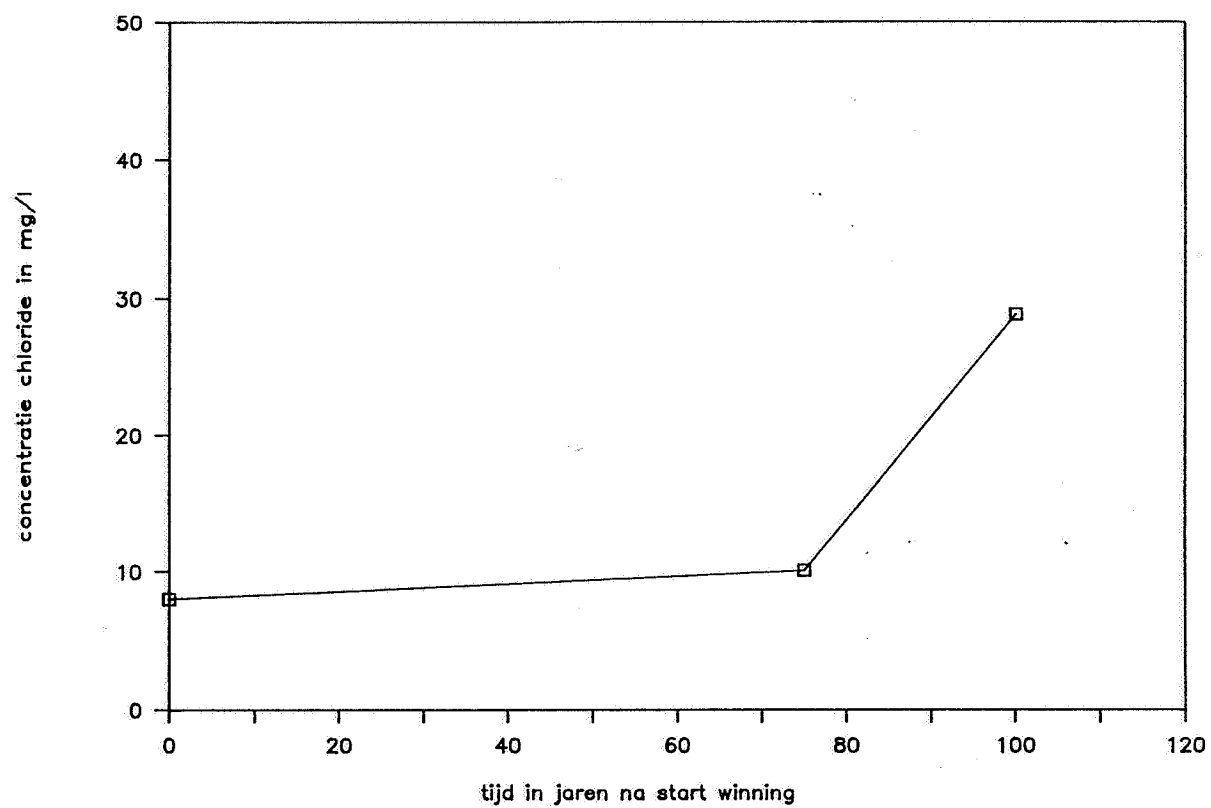


SCHAAL 1:50000	DATUM	<b>OPMERKINGEN</b> ● WAARNEMINGSPUT - - - BRAKWATERZONE IN FORMATIE MAASSLUIS ○ 50 JAAR □ 100 JAAR ◇ 150 JAAR ⊕ 200 JAAR
GETEKEND AvB	20 - 2 - 1990	
GEKONTROLEERD	"	
GEZIEN	"	

**P.S. BUNSCHOTEN - SPAKENBURG**  
 LATERALE TOESTROMING VAN BRAK GRONDWATER BIJ EEN WINNING VAN 5 MILJOEN m<sup>3</sup>/j (ZONDER NATUURLIJKE GRONDWATERSTROMING)

**FIGUUR 6**

 <b>NV. WATERLEIDINGBEDRIJF MIDDEN - NEDERLAND</b>	NOORDPIJL 	FORMAAT	TEKENING NR
		A 4	Div. 220 <sup>4</sup>
		GEWIJZIGD	



**Figuur 7: Berekende chloridegehalte gewonnen water.**

### 6.3.2 Gevolgen voor bestaande grondwaterwinningen

Een verschuiving van de positie van de brakwaterzone zal mogelijk verzilting teweeg kunnen brengen van andere grondwaterwinningen in de Eemvallei. In dit verband zijn de volgende grondwaterwinningen van belang:  
(bron: Provincie Utrecht, dienst M en W)

nummer (fig. 7)	formatie	capaciteit m <sup>3</sup> /jaar
13	Harderwijk	80000
15	Harderwijk	60000
16	Harderwijk	60000
17	Drente	60000
18	Drente	50000
19	Harderwijk	100000
15'	Harderwijk	80000
20	Drente	200000
21	Harderwijk	20000

Verzilting kan alleen optreden bij grondwaterwinningen in de Formatie van Harderwijk. De grondwaterwinningen 17, 18 en 20 kunnen daarom buiten beschouwing blijven. Uit figuur 6 blijkt dat het voor de grondwaterwinningen 13, 15, 16, 19 en 15' meer dan 100 jaar duurt voordat het brakke grondwater de putten bereikt (fig. 6). Zelfs wanneer er vanuit gegaan wordt dat de brakwaterzone zich onder invloed van de natuurlijke grondwaterstroming beweegt (extra verplaatsing van 1 km in 100 jaar), zal binnen 100 jaar het brakke grondwater deze winningen niet bereiken.

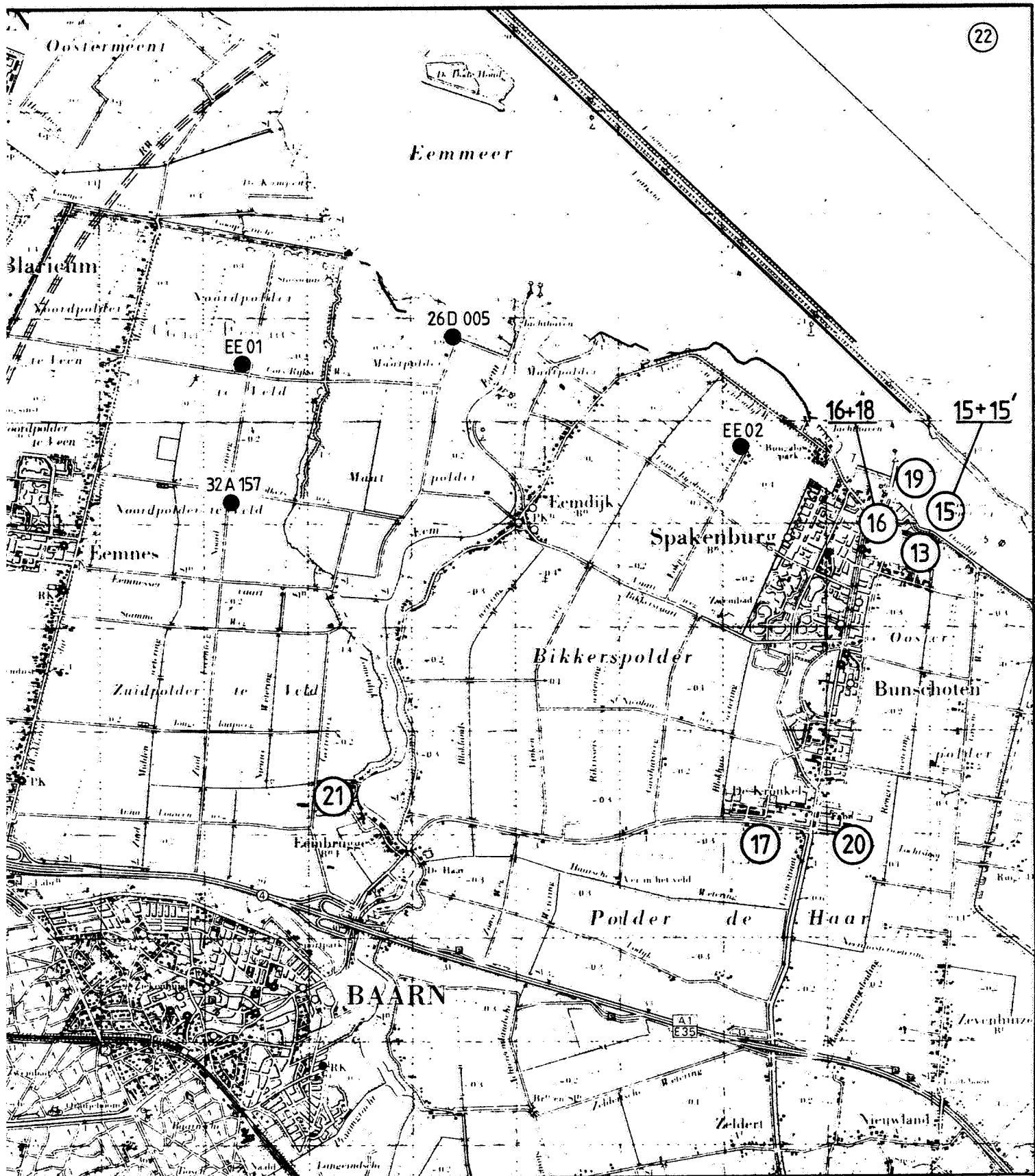
Winning 21 bevindt zich ten zuiden van de brakwaterkegel in de Eempolders; een grondwateronttrekking in de Eempolders zal de positie van deze kegel t.a.v. deze winning niet nadelig beïnvloeden. Resumerend kan gesteld worden dat de geplande grondwaterwinning binnen 100 jaar zeker geen toename van het chloridegehalte van andere grondwaterwinningen teweeg zal brengen.

Door de stijghoogteverlaging t.g.v. de geplande grondwateronttrekking zal de opvoerhoogte van de bovengenoemde grondwateronttrekkingen toenemen. Deze toename bedraagt voor de winningen 13, 15, 16 19 en 15' ca. 40 cm, voor de winningen 17, 18 20 en 21 ca. 10 cm.

### 6.4 ZETTINGEN

Daar de grondwaterstand in de Holocene deklaag, die uit klei en veen bestaat, niet verandert (bijlage la) zijn geen zettingen te verwachten.



In de diepere pakketten treden wel stijghoogteverlagingen en dus zettingen op. Deze worden door de aanwezigheid van dikke kleilagen (fig. 1) zodanig afgevlakt dat ze aan oppervlakte niet merkbaar zullen zijn.



SCHAAL 1:50000	DATUM	OPMERKINGEN:
GETEKEND AvB	22 - 1 - 1990	● WAARNEMINGSPUT
GEKONTROLEERD		①⑥ INDUSTRIËLE GRONDWATERONTTREKKING
GEZIEN		

**P.S. BUNSCHOTEN - SPAKENBURG**  
**INDUSTRIËLE GRONDWATERONTTREKKINGEN**

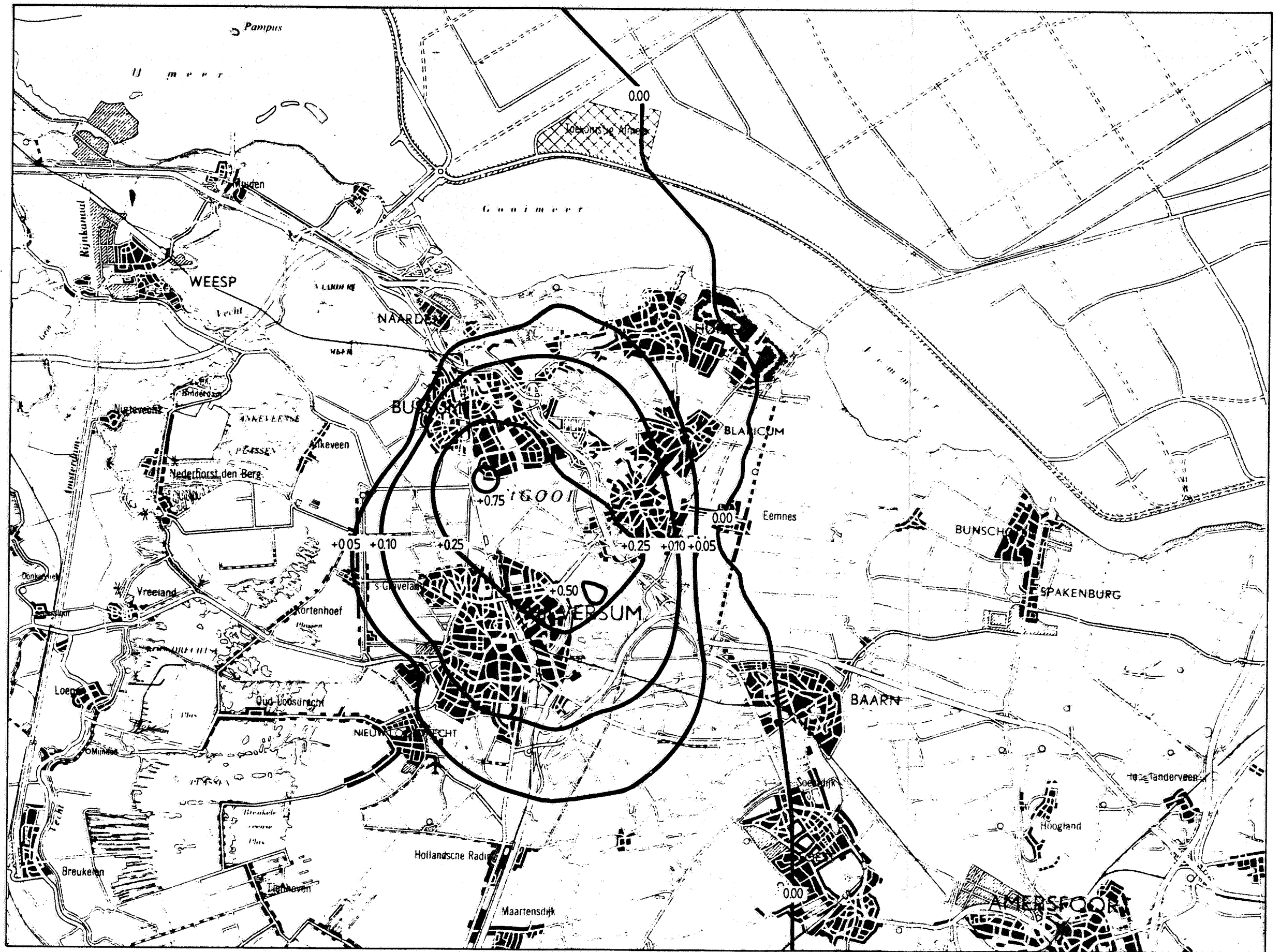
**FIGUUR 8**

 <b>NV. WATERLEIDINGBEDRIJF MIDDEN - NEDERLAND</b>	NOORDPIJL 	FORMAAT	TEKENING NR.
		A 4	Div. 220 <sup>2</sup>
GEWIJZIGD			

## 7. REFERENTIES

- Csonka, J.  
Rapport inzake een geo-elektrisch en een geothermisch onderzoek in de Gelderse Vallei DGV-TNO, rapport nr. GF-137.
- Ee, G. van; Veel, P.  
Winningsmogelijkheden van grondwater in het Gooi en Eemgebied, Concept eindrapport projectgroep 'Tussen Vecht en Eem', 1989.
- GEO-LOGIC,  
Geologisch/Geofysisch onderzoek Huizen,  
GEO-LOGIC, 1988.
- Heijns, F.J.  
Onderzoek naar de Effecten van Industriële winningen te Bunschoten-Spakenburg  
Provincie Utrecht, dienst water en milieu, 1989.
- Overmeeren, R.A. van,  
Geo-elektrisch onderzoek in het noordelijk deel van de Eemvallei.  
DGV-TNO, 1989.
- Provincie Utrecht,  
Grondwaterplan Provincie Utrecht  
Provincie Utrecht, 1987
- RGD,  
Lithostratigrafische beschrijving van de boringen  
26C-173 en 32B-258,  
RGD; BP 10833/10853, 1989.
- Snelting, H., Groenewoud, P.  
Winningsmogelijkheden van grondwater in het Gooi en Eemgebied, deel-  
rapporten 1 en 2,  
RIVM, 1989.
- Straat, A.A. van de,  
Winningsmogelijkheden van grondwater in het Gooi en Eemgebied,  
deelrapport 3,  
Provinciale Waterstaat Utrecht, 1988.
- Ven, F.H.M. van de,  
Toelichting bij de aanvraag voor een vergunning tot het onttrekken van 10  
milj. m3 grondwater per jaar op het pompstation Fledite in Zuidelijk-  
Flevoland.  
Provincie Flevoland, Rijp-rapport 1984-3ABW.
- Westrienen, R. van  
Winningsmogelijkheden van grondwater in het Gooi en Eemgebied,  
deelrapport 6,  
Provincie Utrecht, dienst Ruimte en Groen, 1989.





STIJGHOOGTEVERANDERING PAKKET 1 (in m)

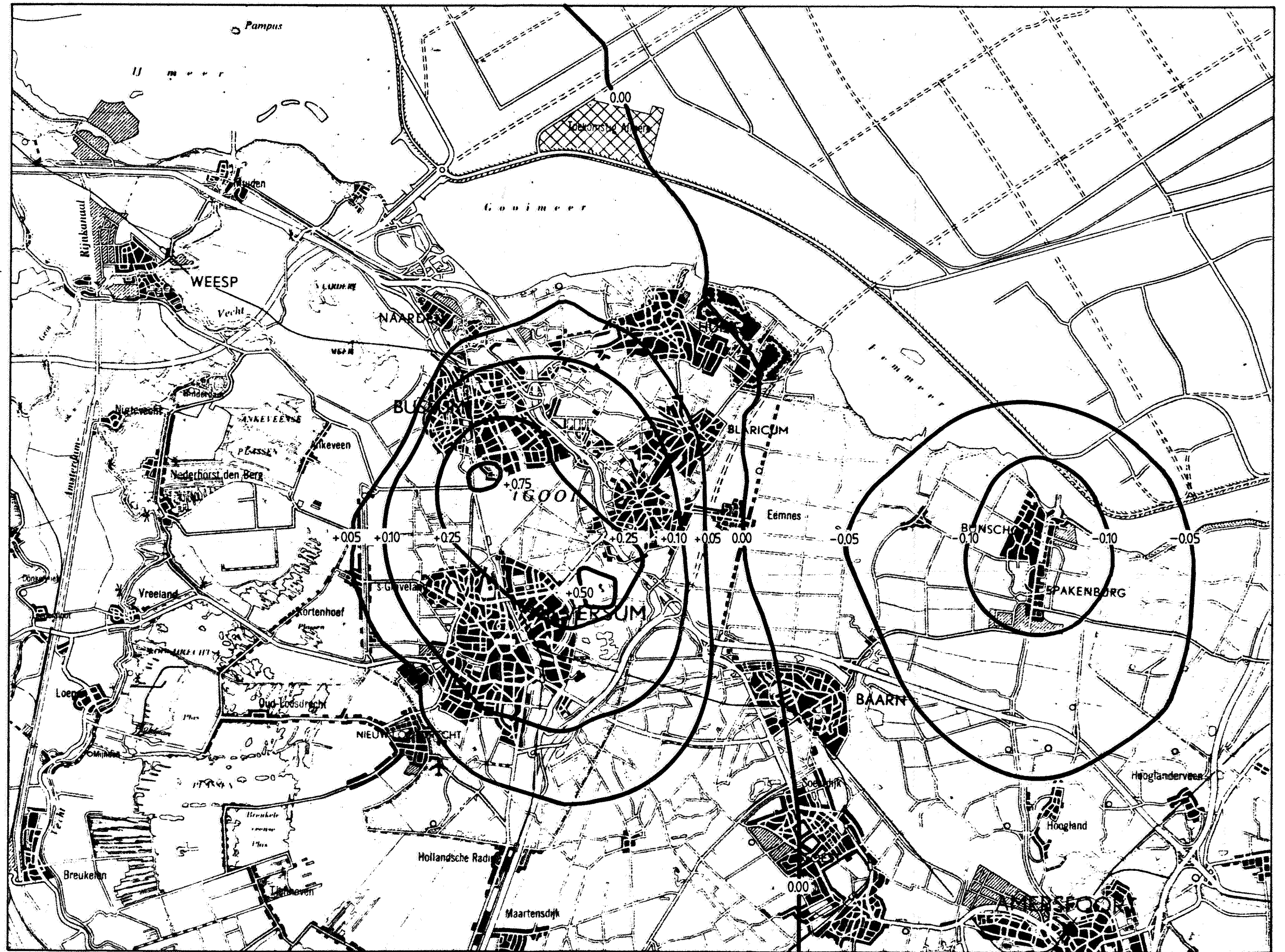
**NV WATERLEIDINGBEDRIJF  
MIDDEN - NEDERLAND**

Datum Jan '90

Bijlage 1a

Schaal 1:100.000

Tek.nr. Div. 219<sup>1</sup>



STIJGHOOGTEVERANDERING PAKKET 2 (in m)

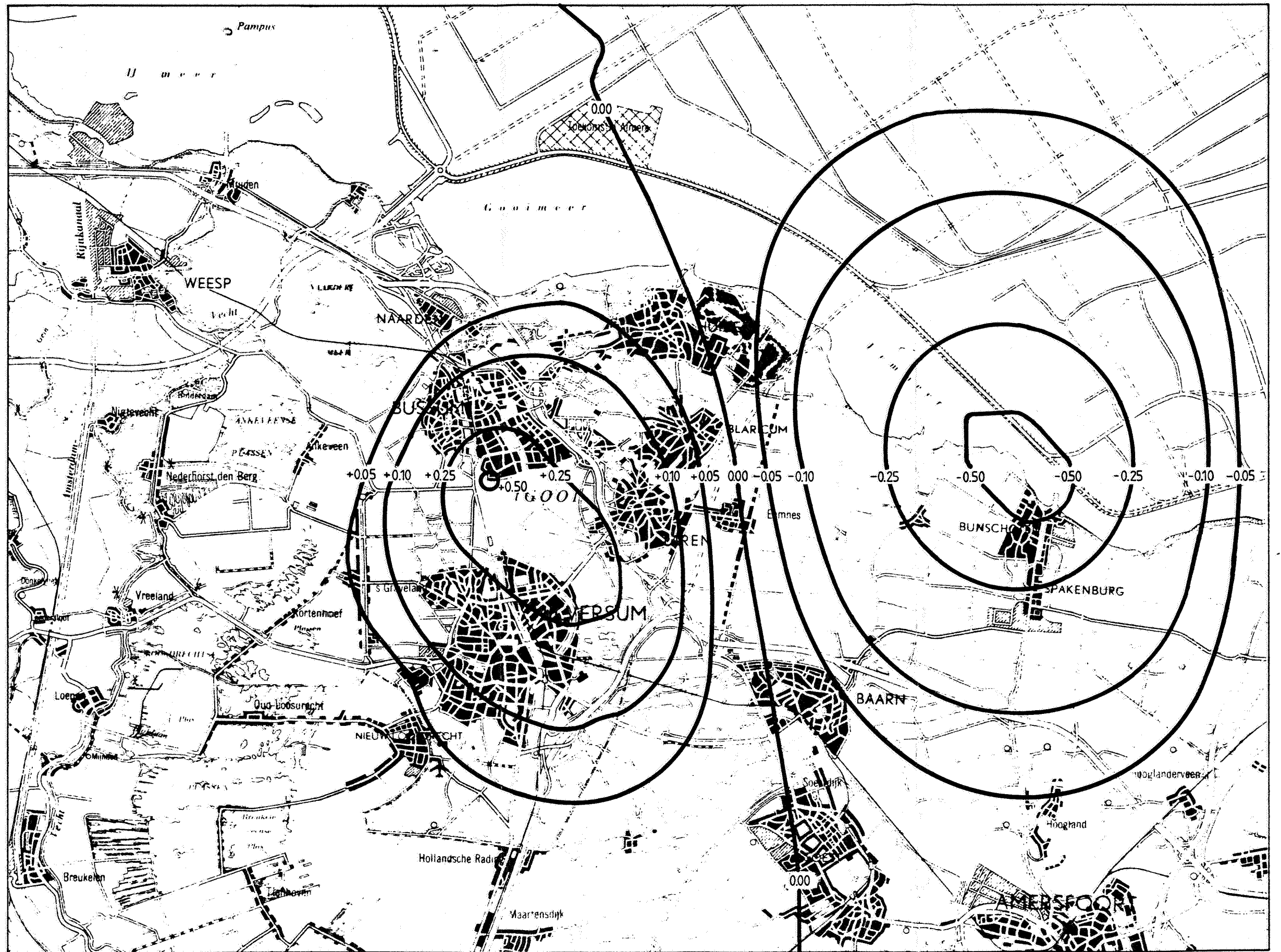
**NV WATERLEIDINGBEDRIJF  
MIDDEN - NEDERLAND**

Datum Jan '90

Bijlage 1<sup>b</sup>

Schaal 1:100.000

Tek.nr. Div. 219<sup>2</sup>



STIJGHOOGTEVERANDERING PAKKET 3 (in m)

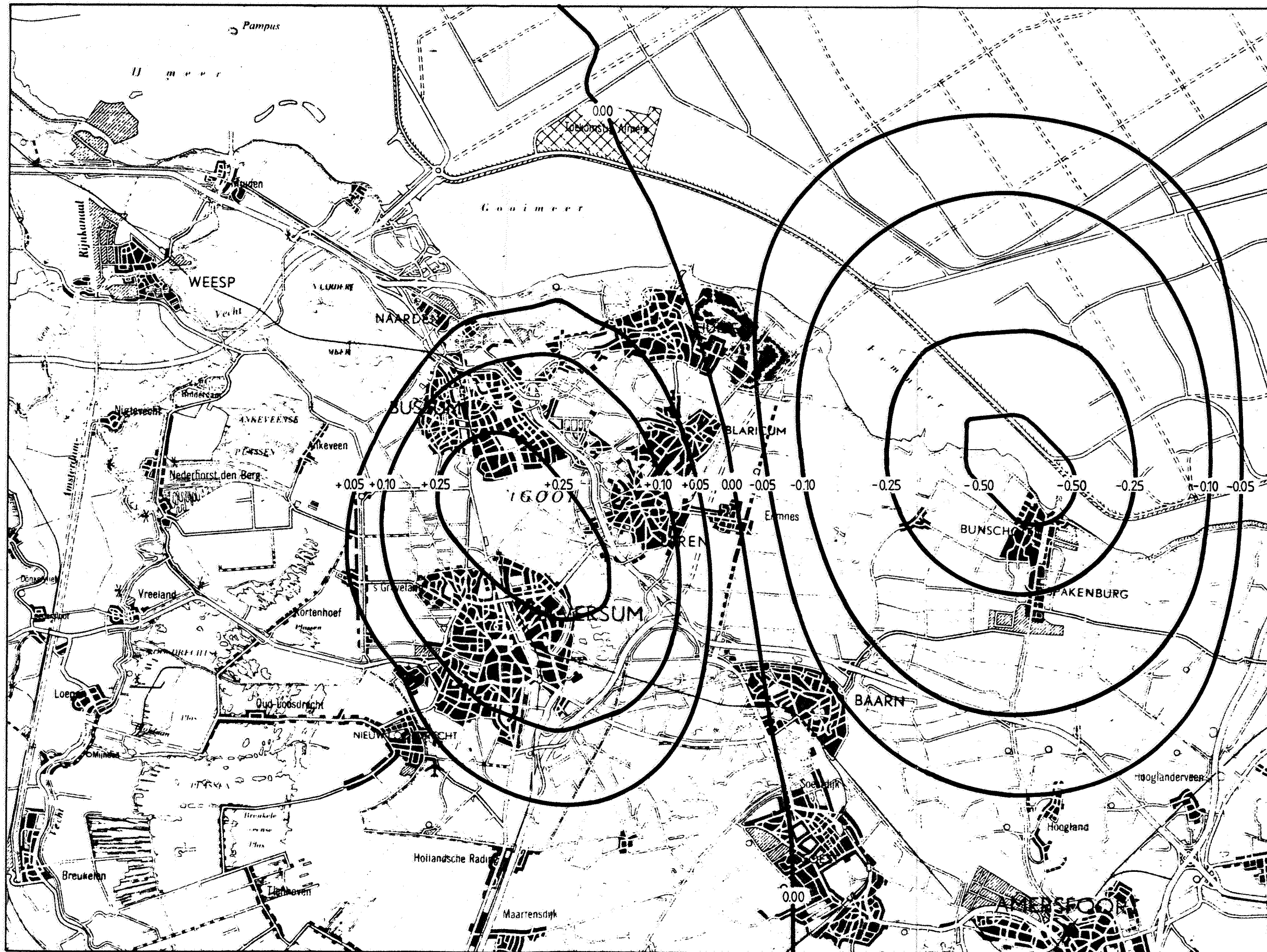
**N.V. WATERLEIDINGBEDRIJF  
MIDDEN – NEDERLAND**

Datum Jan '90

Bijlage 1<sup>c</sup>

Schaal 1:100.000

Tek.nr. Div. 219<sup>3</sup>



STIJGHOOGTEVERANDERING PAKKET 4 (in m)

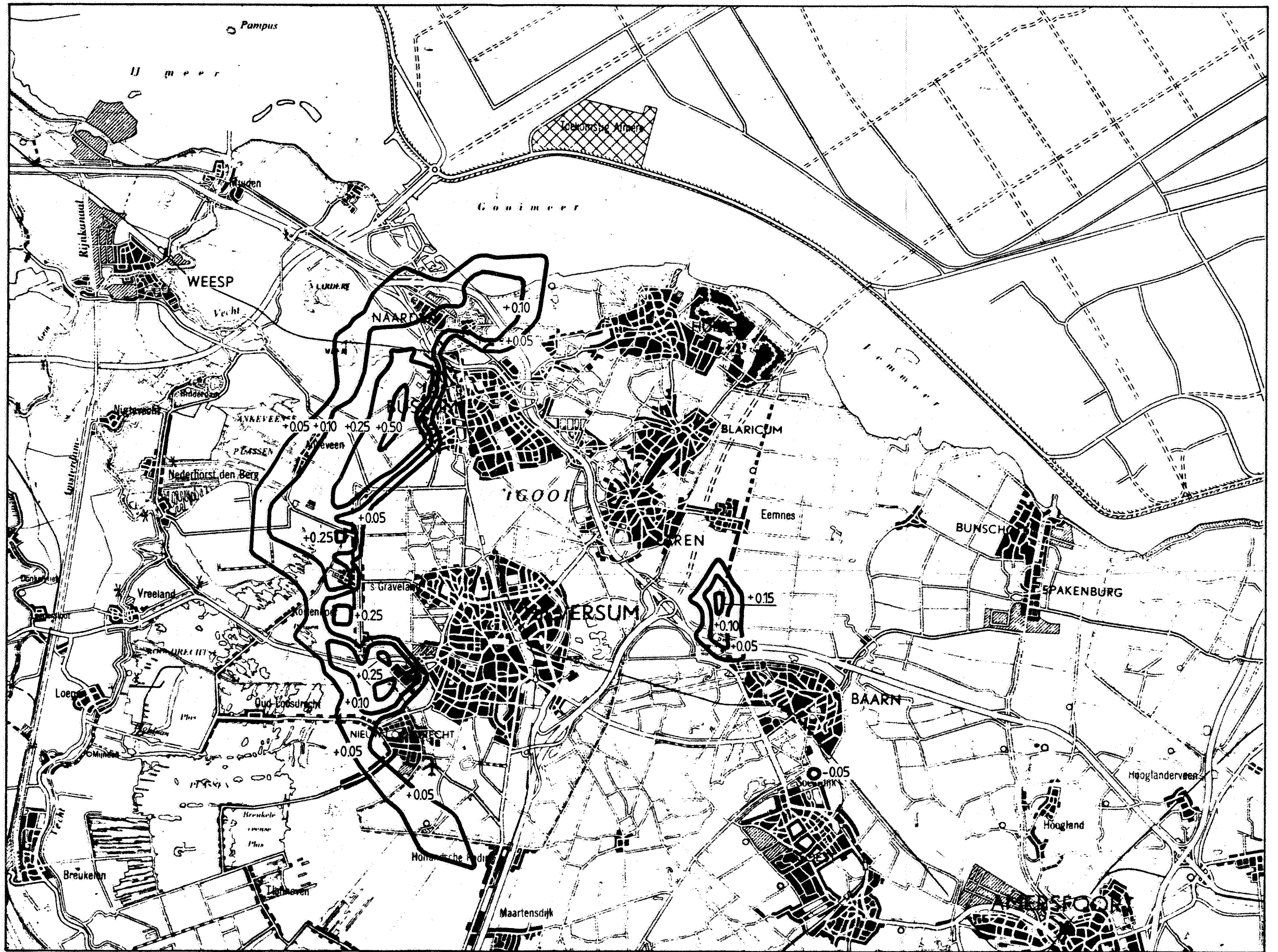
**NV WATERLEIDINGBEDRIJF  
MIDDEN - NEDERLAND**

Datum Jan. '90

Bijlage 1d

Schaal 1:100.000

Tek.nr. Div. 2194



VERANDERING KWEL / INFILTRATIE ( in mm/d )

OPM. + = AFNAME INFILTRATIE  
OF TOENAME KWEL

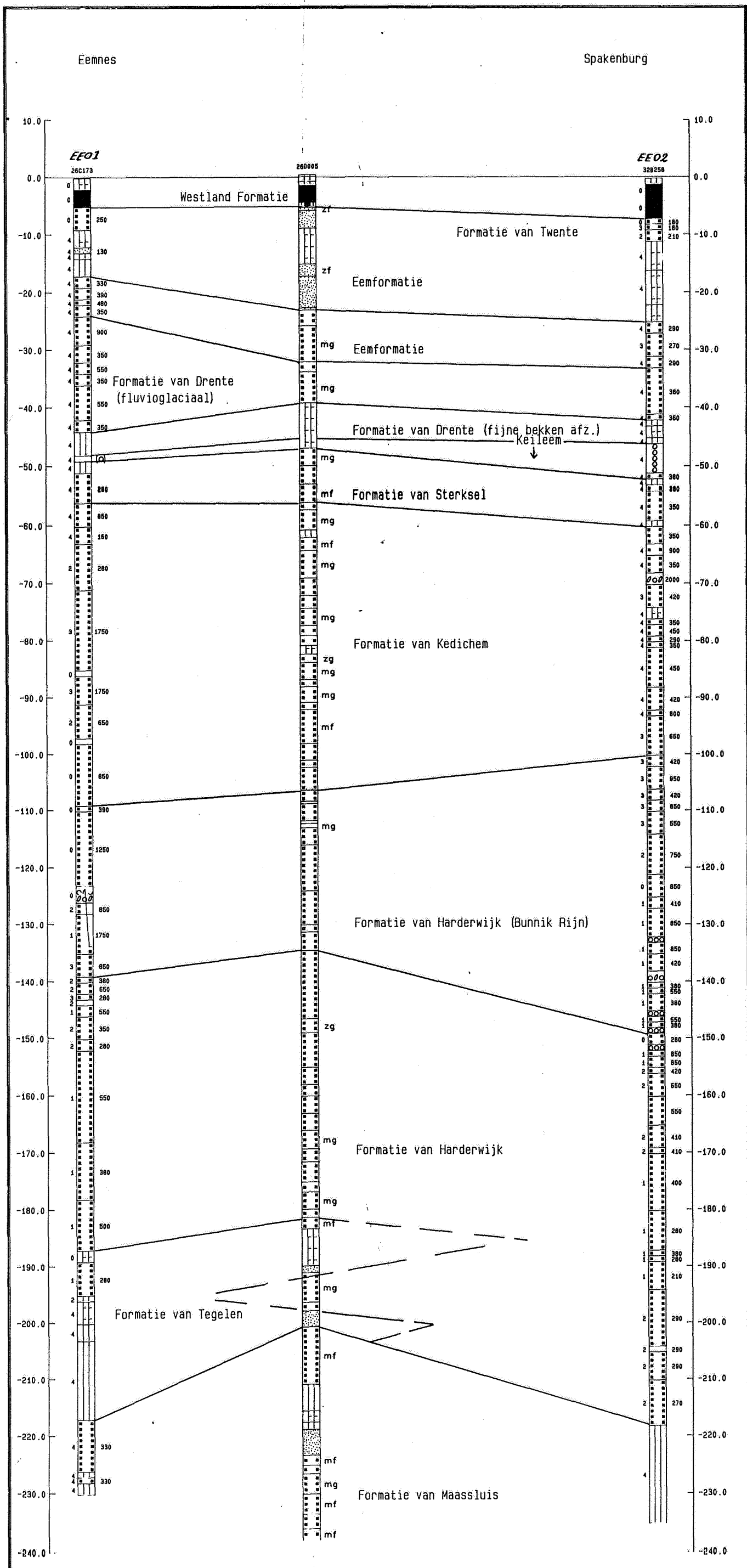
**NV WATERLEIDINGBEDRIJF  
MIDDEN - NEDERLAND**

Datum Jan '90

Bijlage 2

Schaal 1:100.000

Tek.nr. Div. 219



Geologisch profiel Eennes - Spakenburg  
Bp10833 en Bp10853

RIJKS GEOLOGISCHE DIENST - HAARLEM  
DISTRICT MIDDEN OOST - LOCHEM

Lithostr. boorbeschr. Eennes & Spakenburg

KAART 26/32

SCHAAL: HOR. 1: 25.000

AUTEUR: R.G.D.

SAMENST.: J.P. Meijers

GET.

Berekening doorbraakcurve chloridegehalte gewonnen water.

Voor de berekening van het verloop van de chloride-concentratie in het gewonnen water op het geprojecteerde pompstation te Bunschoten-Spakenburg is uitgegaan van met het analytische rekenmodel AQ-AS berekende stroombanen en verblijftijden. Bij deze berekeningen is van de ongunstige situatie uitgegaan dat de brakwaterzône ( fig. 4 ) onder invloed van de natuurlijke grondwaterstroming zich verplaatst. Er zijn voor de winplaats totaal 400 stroombanen berekend ( 40 in het horizontale vlak en per " horizontale stroombaan " 10 in het verticale vlak ). Eén stroombaan correspondeert zodoende met 1/400 deel van de gewonnen hoeveelheid water op de winplaats.

Vervolgens is nagegaan hoeveel stroombanen op een bepaald tijdstip het zoet-brak grensvlak bereiken. Uit de berekeningen blijkt dat 75 jaar na de start van de winning ter grootte van 5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar het eerste water wordt opgepompt afkomstig vanuit het grensvlak. Tot de eerste 75 jaar zal de concentratie chloride in het opgepompte water derhalve overeenkomen met het natuurlijke gehalte van 8 mg/l.

Na 75 jaar blijkt uit de berekening dat er via 6 stroombanen, aan de onderzijde van het winningspakket, water vanuit de brakwaterzône wordt opgepompt. Uitgaande van de eerder genoemde natuurlijke concentratie van 8 mg/l en een concentratie ter plaatse van het grensvlak van 150 mg/l kan de volgende concentratie chloride in het opgepompte water worden berekend:

$$6/400 * 150 \text{ mg/l} + 394/400 * 8 \text{ mg/l} = 10 \text{ mg/l}$$

100 jaar na de start van de winning zal niet alleen een groter deel van de gewonnen hoeveelheid afkomstig zijn vanuit het gebied met brak grondwater, ook zal een deel zijn aangetrokken vanuit een gebied met een chloridegehalte van meer dan 150 mg/l.

Uitgaande van een verloop van de chloride-concentratie binnen het gebied met brak grondwater tot 1000 mg/l op een afstand van 500 meter vanaf het grensvlak, blijkt uit de berekeningen dat er na 100 jaar via 8 stroombanen water is aangetrokken met een concentratie van 1000 mg/l en via 3 stroombanen met een concentratie van 150 mg/l. De volgende concentratie chloride in het opgepompte water kan dan worden berekend:

$$8/400 * 1000 \text{ mg/l} + 3/400 * 150 \text{ mg/l} + 389/400 * 8 \text{ mg/l} = 29 \text{ mg/l}$$

De resultaten van bovengenoemde berekeningen zijn weergegeven in fig. 7 op blz. 20 van het rapport.