

32/446(117) 2^e ex

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

**Effecten van een voorgenomen uitbreiding van een ontgroning te
Liessel op de waterhuishouding in de aangrenzende gebieden**

**K.E. Wit
H.Th.L. Massop
J.G. te Beest**

Rapport 117

STARING CENTRUM, Wageningen, 1990



18 JULI 1991

154 538 135

REFERAAT

Wit, K.E., H.Th.L. Massop en J.G. te Beest, 1990. *Effecten van een voorgenomen uitbreiding van een ontgroning te Liessel op de waterhuishouding in de aangrenzende gebieden*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 117, 31 blz; 34 fig., 5 tab.

Hydrologisch onderzoek is uitgevoerd naar de effecten van een voorgenomen uitbreiding van een ontgroning voor Kalkzandsteenfabriek Hoogdonk BV. Met het grondwatermodel FEMSAT zijn simulatieberekeningen uitgevoerd om veranderingen in de grondwaterstand en stijghoogte aan te geven.

Trefwoorden: Hoogdonk, simulatieberekeningen, grondwaterstand, stijghoogte

ISBN 0924-3070

©1990

STARING CENTRUM Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied

Postbus 125, 6700 AC Wageningen

Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75320 VISI-NL

Het Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Staring Centrum.

Project 5797

109IS/05.91

INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1 INLEIDING	11
2 METHODE VAN ONDERZOEK IN HET ONDERZOEKSGBIED	13
2.1 Begrenzing van het gebied	13
2.2 Methode van onderzoek	13
3 HYDROLOGISCHE SITUATIE IN HET VELD	15
3.1 Grondwaterstandsverloop	15
3.2 Conclusies	15
4 TOEKENNING VAN GEGEVENS AAN KNOOPPUNTEN EN DEELGEBIEDEN	17
4.1 De tijdsafhankelijke gegevens	17
4.2 De tijdsafhankelijke gegevens	19
4.2.1 Peilen open water	19
4.2.2 Voeding van en onttrekking aan het freatisch vlak	20
4.2.3 Drainage- en/of infiltratieweerstanden	21
4.2.4 Debieten in de randknooppunten	22
5 VERIFICATIE MET SIMULATIEBEREKENINGEN	23
6 BEREKENING VAN DE EFFECTEN	25
7 CONCLUSIES	27
LITERATUUR	29
TABELLEN	
1 Doorlaatvermogen kD , laagdikten D en hydraulische weerstand c per deelgebied	18
2 Bergingscoëfficiënten per deelgebied voor het eerste watervoerend pakket	19
3 Neerslag en open waterverdamping van enkele stations in het gebied en van De Bilt van januari 1981 t/m september 1983	21
4 Randfluxen voor het eerste en tweede watervoerend pakket per knooppunt	22
5 Termen waterbalans voor de periode 1 april 1982 tot 1 april 1983	24

FIGUREN

- 1 Begrenzing modelgebied
- 2 Locatiekaart steenfabriek
- 3 Grondwaterstandsverloop in de raai langs de Regenweg
- 4 Verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte in een profiel-doorsnede vanaf de Peelrandbreuk naar het Kanaal van Deurne
- 5 Verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte in een profiel-doorsnede ten oosten van en evenwijdig aan de Peelrandbreuk
- 6 Lokatiekaart waarnemingspunten
- 7 Profieldoorsnede D-D'
- 8 Indeling in knooppunten met daaraan toegekende oppervlakten
- 9 Indeling in deelgebieden
- 10 Permanent watervoerende waterlopen

- 11 Peilen oppervlaktewater
- 12 Berekende en gemeten grondwaterstanden
- 13 Berekende en gemeten stijghoogten
- 14 Berekend verloop van het peil in de plas
- 15 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief A, 15 april 1982)
- 16 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief A, 15 april 1982)
- 17 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief A, 15 september 1982)
- 18 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief A, 15 september 1982)
- 19 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief B, 15 april 1982)
- 20 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief B, 15 april 1982)
- 21 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief B, 15 september 1982)
- 22 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief B, 15 september 1982)
- 23 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, 15 april 1982)
- 24 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, 15 april 1982)
- 25 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, 15 september 1982)
- 26 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, 15 september 1982)
- 27 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, 15 april 1982)
- 28 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, 15 april 1982)
- 29 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, 15 september 1982)
- 30 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, 15 september 1982)
- 31 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, peil: 27,75 m +NAP, 15 april 1982)
- 32 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, peil: 27,75 m +NAP, 15 april 1982)
- 33 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, peil: 27,75 m +NAP, 15 september 1982)
- 34 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/\text{d}$, peil: 27,75 m +NAP, 15 september 1982)

WOORD VOORAF

In opdracht van Kalkzandsteenfabriek Hoogdonk BV heeft het Staring Centrum een hydrologisch onderzoek uitgevoerd te Liessel (gemeente Deurne) om de effecten te bepalen die een uitbreiding van een ontgroning hebben op de waterhuishouding in de aangrenzende gebieden. Hierbij zijn met simulatieberekeningen de veranderingen in de grondwaterstanden en stijghoogten berekend.

Het onderzoek werd uitgevoerd in juli-augustus 1990.

In dit rapport zijn de resultaten van het onderzoek vastgelegd.

SAMENVATTING

In verband met een mogelijke uitbreiding van een ontgroning te Liessel in de gemeente Deurne heeft het Staring Centrum een hydrologisch onderzoek verricht naar de effecten hiervan op de waterhuishouding in de aangrenzende gebieden.

Uit beperkt veldonderzoek is een indruk verkregen van de hydrologische situatie in de omgeving van de bestaande ontgroning.

Om de effecten van een ontgroning op drie alternatieve locaties te berekenen zijn simulatieberekeningen uitgevoerd. Hiervoor is een modelgebied beschouwd waarvan de randen 2 tot 3 km vanaf de bestaande ontgroning en de uitbreiding zijn gelegen. De benodigde gegevens zijn ontleend aan een in 1982/83 uitgevoerde integrale studie Zuidelijk Peelgebied (Wit 1986) en aangevuld met nieuwe gegevens uit het veldonderzoek.

Alvorens de effecten van de uitbreiding van de ontgroning te berekenen is een toetsing uitgevoerd, waarbij gemeten grondwaterstanden, stijghoogten en debieten zijn vergeleken met hiervoor berekende waarden.

Voor drie mogelijke locaties voor een uitbreiding van de ontgroning zijn de veranderingen in de grondwaterstanden en de stijghoogten op twee data op topografische kaarten weergegeven. Hierbij zijn voor de uitbreiding in zuidelijke richting berekeningen uitgevoerd voor verschillende kD -waarden.

In overleg met het Waterschap de Aa en de Kalkzandsteenfabriek is een peilbeheer voorgesteld voor de bestaande plas en de uitbreiding in zuidelijke richting. Dit beheer zal resulteren in zowel een afname van de berekende verlagingen als van het beïnvloede gebied. Bij de bestaande plas zal dit leiden tot een geringe verhoging van de grondwaterstand en de stijghoogte. In de meest ongunstige situatie (kD : $750 \text{ m}^2/\text{d}$) is de verlaging van zowel de grondwaterstand als de stijghoogte ter plaatse van de noordwestelijke begrenzing van de Deurnese Peel enkele centimeters. Bij een $kD < 750 \text{ m}^2/\text{d}$ verschuift de 2 cm-verlagingslijn in noordwestelijke richting en komt buiten het natuurgebied te liggen.

Om de eventuele geringe effecten voor de Deurnese Peel te preciseren dient in eerste instantie de kD -waarde ter plaatse van de ontgroning nader te worden vastgesteld. Afhankelijk van de verkregen waarde kan worden onderzocht in hoeverre een peilverhoging in de waterlopen ten zuidoosten van de ontgroning compensatie van de hydrologische effecten kan bieden.

1 INLEIDING

Omdat de Kalkzandsteenfabriek Hoogdonk te Liessel in de gemeente Deurne de huidige zandwinning wil continueren zijn er plannen in een vergevorderd stadium voor een uitbreiding van de bestaande ontgronding. De bestaande ontgronding is gelegen ten oosten van en grenzend aan de Peelrandbreuk (fig. 1). Voor een mogelijke uitbreiding van de ontgronding zijn drie locaties in de planvorming opgenomen (fig. 1):

- in noordelijke richting (alternatief A);
- in oostelijke richting (alternatief B);
- in zuidelijke richting (alternatief C).

Bij een uitbreiding van de huidige ontgronding volgens één van de voorgenomen alternatieven zal de oppervlakte van de bestaande plas toenemen. De hydrologische effecten hiervan zijn:

- meer verdamping doordat de verdamping van open water groter is dan van een (begroeid) landoppervlak;
- de huidige fluctuatie van de grondwaterstand ter plaatse van de voorgenomen ontgronding zal praktisch geheel verdwijnen, indien de plas met een vrijwel constant peil is gerealiseerd;
- de verticale weerstand van de weerstandbiedende lagen zal bij ontgraving verdwijnen en ter plaatse van voordien aanwezige watervoerende pakketten zal de stromingsweerstand verdwijnen.

De genoemde effecten zijn van invloed op de waterhuishouding in de aangrenzende gronden. Om hiervan een indicatie te verkrijgen zijn op verzoek van Kalkzandsteenfabriek Hoogdonk BV simulatieberekeningen uitgevoerd. Hierbij zijn de veranderingen in de waterhuishouding gekarakteriseerd door de veranderingen in de grondwaterstand en/of de stijghoogte aan te geven in relatie tot de afstand tot de ontgrondingen.

De resultaten van de berekeningen kunnen worden gebruikt bij het maken van een definitieve keuze voor de toekomstige uitbreiding van de ontgronding en het toekomstige peilbeheer van de plas.

2 METHODE VAN ONDERZOEK IN HET ONDERZOEKSGBIED

2.1 Begrenzing van het gebied

De begrenzing van het onderzoeksgebied is in fig. 1 aangegeven. De bestaande en voorgenomen ontgronding volgens de alternatieve locaties zijn in het centrum gelegen. Verder is de Deurnese Peel geheel in het onderzoeksgebied opgenomen. De afstand van de ontgrondingen tot de grens van het modelgebied bedraagt globaal 2 tot 3 km. Naar verwachting zijn de hydrologische effecten op deze afstand te verwaarlozen.

2.2 Methode van onderzoek

Bij het onderzoek is het accent gelegd op de uitvoering van simulatieberekeningen om veranderingen in de tijd van de grondwaterstand en/of stijghoogte als gevolg van een toekomstige ontgronding op de drie alternatieve locaties aan te geven. Hierbij is gebruik gemaakt van het grondwatermodel FEMSAT (Querner 1984, 1988).

Een eerste stap hierbij is het opzetten van een netwerk met knooppunten op grond van de geohydrologische opbouw van de ondergrond en de waterhuishoudkundige situatie.

Een tweede stap betreft met name de verzameling van de benodigde gegevens. Deze hebben betrekking op gebiedseigenschappen die een vrij permanent karakter vertonen (tijdsafhankelijke gegevens) en op gegevens betreffende het bodemgebruik, het peilbeheer en de weersomstandigheden (tijdsafhankelijke gegevens).

Samengevat wordt getracht de waterhuishouding te simuleren in de aan de knooppunten toegekende oppervlakten door de hiervoor van belang zijnde gegevens in de berekening op te nemen.

Gezien de omvang van de benodigde gegevens is bij de opzet van het onderzoek ervan uitgegaan dat de berekeningen zullen plaatsvinden op basis van bestaande gegevens. Dit houdt in dat de modelberekeningen zijn uitgevoerd voor de periode 1 oktober 1981 tot 1 april 1983, omdat hiervoor de benodigde gegevens grotendeels beschikbaar zijn.

In verband met de ligging van de Peelrandbreuk in de naaste omgeving van de bestaande en toekomstige ontgrondingen is beperkt hydrologisch veldonderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn grondwaterstandsbuizen geplaatst voor het verkrijgen van nadere informatie over de hydrologische situatie ter plaatse van de ontgronding.

3 HYDROLOGISCHE SITUATIE IN HET VELD

Ten zuiden van de bestaande ontgroning langs de Regenweg is een raai grondwaterstandsbuizen geplaatst (fig. 2). Deze raai had tot doel, enerzijds het lokaliseren van de Peelrandbreuk en anderzijds het verkrijgen van informatie over de hydrologische functie van de storing.

3.1 Grondwaterstandsverloop

In fig. 3 is het verloop van de grondwaterstand in de raai weergegeven. Vanaf buis 1 tot 4 vertoont de grondwaterspiegel een vrij vlak verloop, tussen buis 4 en 7 treedt een sterk verhang op en vanaf buis 7 nadert de gradiënt het normale verhang van het grondwatervlak volgens beschikbare isohypsenkaarten (Wit 1986). Uit fig. 3 kan worden afgeleid dat de breukzone van de Peelrandbreuk kan worden gelokaliseerd tussen buis 4 en 7. Dit komt overeen met reeds beschikbare informatie over het verloop van de Peelrandbreuk (Van Rees Vellinga en Broertjes 1984). De raai langs de Regenweg is in fig. 4 in oostelijke richting uitgebreid tot aan het Kanaal van Deurne. Voor de locatie van de gebruikte waarnemingspunten wordt verwezen naar fig. 6. In fig. 4 is zowel het verloop van de grondwaterstand als de stijghoogte aangegeven. Tevens is het peil van een waterloop (zie fig. 10) en van het Kanaal van Deurne in de figuur opgenomen.

Bij het samenstellen van fig. 4 is gebruik gemaakt van recente waarnemingen, aangevuld met gegevens uit het verrichte hydrologisch onderzoek in 1982 (Wit 1986). Uit nadere analyse van grondwaterstanden en stijghoogten in de gebruikte buizen blijkt dat deze gedurende de onderzoeksperiode 1982/83 slechts weinig fluctueren. Tevens blijkt er een grote overeenkomst in meteorologische omstandigheden te zijn tussen de periode april t/m half juli in 1982 en 1990. Op basis van deze overeenkomsten lijkt deze aanvulling acceptabel. In fig. 4 is eveneens het peil van de huidige plas in een projectie aangegeven.

In fig. 5 is het verloop weergegeven van de grondwaterstand en de stijghoogte ten oosten en globaal evenwijdig aan de Peelrandbreuk. In deze figuur is tevens het peil van de Oude Aa, van de bestaande plas en van een waterloop bij stuw BU en bij N142 in de figuur opgenomen. In fig. 5 is gebruik gemaakt van recente waarnemingen en gegevens uit het hydrologisch onderzoek uit 1982. Voor de ligging van de waarnemingspunten wordt verwezen naar fig. 2 en fig. 6.

3.2 Conclusies

Uit fig. 3 t/m 5 zijn de volgende conclusies af te leiden:

- in de breukzone van de Peelrandbreuk treedt een groot verval in de grondwaterstand op, wat wijst op een relatief hoge weerstand tegen de grondwaterstroming. Veranderingen in het grondwaterregime ten oosten van de Peelrandbreuk zullen derhalve geen noemenswaardige effecten ressorteren in de waterhuishouding in de Centrale Slenk;
- uit fig. 4 blijkt dat vanaf KV 6 naar de Peelrandbreuk een kwelsituatie voorkomt; dit komt eveneens tot uiting in het hydrologisch onderzoek in 1982 (Wit, 1986). Vanuit het Kanaal van Deurne en de aangegeven waterloop vindt infiltratie plaats. In de raai wordt een relatie aangegeven met de oostelijk gelegen natuurgebieden. Een verandering van de stijghoogte in de omgeving van de Peelrandbreuk zal in oostelijke richting doorwerken;
- uit de projectie van het peil van de plas in fig. 4 en tevens uit fig. 5 volgt in de naaste omgeving van de plas een groter verhang in het verloop van de stijghoogte dan vanaf B1 in oostelijke richting in fig. 4. Dit wijst op een lagere kD-waarde in een strook ten oosten en grenzend aan de Peelrandbreuk. Op grond van fig. 7 is voor deze strook een breedte aangehouden van 750 m en is de kD-waarde gesteld op $150 \text{ m}^2/\text{d}$. Deze waarde is verkregen uit beschikbare kD-waarden (Van Rees Vellinga en Broertjes 1984) en verschillen in de stijghoogtegradiënt. In fig. 4 is het verloop van de stijghoogte geëxtrapoleerd in de richting van de Peelrandbreuk. Hiervan is tevens een punt overgenomen in fig. 5. Naar alle waarschijnlijkheid moet dit punt lager liggen;
- uit fig. 4 en 5 blijkt dat de voeding van de plas voor een belangrijk deel kan worden toegeschreven aan een kwelstroming en infiltratie vanuit de Oude Aa;
- de waterloop ten zuiden van de plas bij BU heeft het laagste peil in de raai. Deze waterloop had in de tweede helft van juli 1990 een afvoer van 1 tot 2 l/s. De waterloop verzorgt de ontwatering van het relatief laag gelegen bosperceel ten zuiden van de Regenweg.

Op 18 en 24 juli 1990 bleek afvoer vanuit de plas op te treden. Bij de uitstroomopening van de duiker in de waterloop (fig. 2) is provisorisch het debiet gemeten. In orde van grootte bleek de afvoer 3 tot 5 l/s te bedragen.

4 TOEKENNING VAN GEGEVENS AAN DEELGEBIEDEN EN KNOOPPUNTEN

In par. 2.2 is reeds vermeld dat het onderzoeksgebied is opgedeeld in knooppunten. In totaal zijn 322 knooppunten onderscheiden, waarbij een zogenaamd knooppunt representatief is voor een bepaald oppervlak (fig. 8). Ter plaatse van de Peelrandbreuk en de bestaande en alternatieve ontgrondingslocaties heeft een verdichting van knooppunten plaatsgevonden. Op grond van het voorkomen van breuken (fig. 1), de locaties van de ontgrondingen en indertijd onderscheiden afwateringseenheden (Wit 1986) zijn knooppunten samengevoegd tot deelgebieden (fig. 9). In totaal zijn 24 deelgebieden onderscheiden.

De benodigde gegevens zijn enerzijds per knooppunt verzameld en ingevoerd in het grondwatermodel en anderzijds zijn gegevens verzameld voor deelgebieden en ingevoerd in het model. Hierbij heeft een opsplitsing plaatsgevonden in:

- gegevens met een permanent karakter (tijdsafhankelijk)
- gegevens die in de tijd veranderen (tijdsafhankelijk)

4.1 Tijdsafhankelijke gegevens

De tijdsafhankelijke gegevens hebben betrekking op:

- de geometrie (geohydrologische schematisatie);
- het doorlaatvermogen of de kD-waarde van de watervoerende pakketten;
- de hydraulische weerstand of c-waarde van scheidende lagen;
- de specifieke bergingscoëfficiënt;
- maaiveldshoogte.

Gegevens over de geohydrologische opbouw en het doorlaatvermogen van de voorkomende watervoerende pakketten zijn ontleend aan Van Rees Vellinga en Broertjes (1984). Volgens genoemd onderzoek kunnen twee belangrijke tektonische eenheden worden onderscheiden: de Peelhorst en de Centrale Slenk met als scheiding de Peelrandbreuk. In fig. 7 is een geologisch profiel weergegeven waarin de plas is geprojecteerd (voor locatie zie fig. 1). De ontgraving vindt plaats tot een diepte van 35 m beneden maaiveld; door naderhand terugstorten van grind, leem en houtresten wordt de definitieve diepte na afwerking ongeveer 20 m beneden maaiveld. Op de Peelhorst wordt als hydrologische basis aangenomen de fijnzandige en kleiige afzettingen van de Formatie van Breda. In de Centrale Slenk wordt dezelfde formatie als definitieve hydrologische basis beschouwd. Uit hydrologisch onderzoek is echter gebleken dat aan de kleiige afzettingen van de Formaties van Kedichem en Tegelen een dergelijke hoge c-waarde kan worden toegekend dat deze formaties voor dit onderzoek als hydrologische basis acceptabel zijn (Wit 1986).

Op grond van het voorgaande en fig. 7 is vanaf maaiveld tot de hydrologische basis de volgende schematisatie verkregen:

- een eerste (bovenste) watervoerend pakket in de Nuenen Groep;

- een eerste scheidende laag (leemlagen in de Nuenen Groep);
- een tweede watervoerend pakket, voornamelijk bestaande uit de Formaties van Veghel en Sterksel.

Op grond van het onderzoek van Van Rees Vellinga en Broertjes (1984) zijn aan bovengenoemde lagen waarden toegekend voor de laagdikte D en de kD -waarden voor de watervoerende pakketten. In een zone ter breedte van 750 m ten oosten en grenzend aan de Peelrandbreuk heeft het veldonderzoek aanleiding gegeven om daar een lagere kD -waarde aan te houden. Waarden voor de verticale weerstand van de 1e scheidende laag zijn ontleend aan Wit (1986).

In tabel 1 zijn de hydrologische bodemconstanten en laagdikten per deelgebied weergegeven. Deze gegevens worden per deelgebied ingevoerd in het grondwatermodel.

Tabel 1 Doorlaatvermogen kD (m^2/d), laagdikten D (m) en hydraulische weerstand c (d) per deelgebied

Deelgebied	1 ^e watervoerend pakket		1 ^e scheidende laag		2 ^e watervoerend pakket	
	kD	D	c	D	kD	D
1	50	5	750	9	1 500	22
2	20	3	350	4	500	10
3	20	3	350	4	500	10
4	20	3	500	4	750	10
5	20	3	300	4	600	10
6	150	8	750	20	2 500	43
7	50	5	750	9	1500	22
8	20	3	500	4	750	10
9	100	3	1	4	10 000	28
10	20	3	250	4	750	10
11	20	3	250	4	750	10
12	20	3	1000	4	500	10
13	150	8	750	20	2 500	43
14	150	8	500	20	2 500	43
15	50	5	350	9	1 500	22
16	20	3	350	4	750	10
17	5	2	500	4	10	10
18	5	2	500	4	20	29
19	5	2	500	4	10	10
20	20	3	350	4	150	10
21	20	3	500	4	150	10
22	20	3	350	4	150	10
23	20	3	350	4	150	10
24	20	3	350	4	150	10

Voor de deelgebieden 17, 18 en 19 is uit waterbalansonderzoek een weerstand voor de Peelrandbreuk verkregen die wordt gemodelleerd door een lagere kD -waarde toe te kennen aan een strook ter breedte van enkele honderden meters (Wit 1986).

Gegevens over de bergingscoëfficiënt van de eerste watervoerende laag zijn ontleend aan eerder uitgevoerde berekeningen met SIMGRO in het kader van het Peel-onderzoek (Querner en Van Bakel 1989). De bergingscoëfficiënt hangt samen met de grondwaterstandsdiepte en de bodemfysische eenheid (Werkgroep Optimalisering Regionaal Waterbeheer 1989).

In tabel 2 zijn voor de deelgebieden de bergingscoëfficiënten, zoals die voor het eerste watervoerend pakket zijn aangehouden, aangegeven. Voor de specifieke bergingscoëfficiënt voor de eerste scheidende laag en het tweede watervoerend pakket is $0,00002 \text{ m}^{-1}$ aangehouden. De bergingscoëfficiënten worden per deelgebied ingevoerd.

Tabel 2 *Bergingscoëfficiënten per deelgebied voor het eerste watervoerend pakket*

Deelgebied	Bergingscoëfficiënt	Deelgebied	Bergingscoëfficiënt
1	0,20	13	0,20
2	0,16	14	0,20
3	0,16	15	0,20
4	0,16	16	0,14
5	0,16	17	0,20
6	0,20	18	0,20
7	0,20	19	0,20
8	0,16	20	0,16
9	1,00	21	0,16
10	0,16	22	0,16
11	0,16	23	0,16
12	0,15	24	0,14

Voor de bepaling van de gemiddelde maaiveldshoogte per oppervlakte van een knooppunt is gebruik gemaakt van de Hoogtekaart van Nederland 1 : 10 000, uitgegeven door de Topografische Dienst. De verkregen waarden zijn per knooppunt ingevoerd in het grondwatermodel.

4.2 De tijdsafhankelijke gegevens

De tijdsafhankelijke gegevens hebben betrekking op:

- peilen open water;
- voeding van en onttrekking aan het freatisch vlak (respectievelijk percolatie en capillaire opstijging);
- drainage- en/of infiltratieweerstanden;
- debieten in de randknooppunten.

4.2.1 Peilen open water

Voor de peilen open water zijn in eerste instantie de permanent watervoerende waterlopen beschouwd (fig. 10). In samenwerking met het Waterschap de Aa zijn

in 1982/83 in een groot aantal stuwpanden gegevens verzameld over waterstanden, zowel door middel van registratie als van regelmatige opnamen (fig. 11). In fig. 11 is het boven- en benedenpeil, respectievelijk aangegeven door B en O, van vier stuwen weergegeven. De ligging van de stuwen is in fig. 10 door een pijl geaccentueerd. Het bovenpeil van 61BR en 75HD heeft betrekking op het Kanaal van Deurne. Van de overige stuwen zijn indertijd gegevens verstrekt over de kruinhoogte van de stuwen. Uit fig. 11 volgt dat in het algemeen begin mei de stuwen op zomerpeil worden ingesteld en eind september op winterpeil. Voor de gebieden van de knooppunten waarin een waterloop van fig. 10 voorkomt, is een waarde voor het winter- en zomerpeil voor het betreffende knooppunt vastgesteld.

Voor de bodemdiepte is een waarde aangehouden, die 0,5 m beneden het winterpeil ligt. Door deze wijze van modellering kan zowel drainage naar als infiltratie vanuit de waterlopen plaatsvinden.

Voor alle toegekende oppervlakten aan de knooppunten wordt vervolgens vrije drainage verondersteld. Hiervoor is voor de knooppunten een gelijke waarde voor het peil en de bodemdiepte bepaald, die 1 m beneden het maaiveld ligt. Bij vrije drainage vindt afvoer naar de waterlopen plaats, wanneer de grondwaterstand boven de bodem van de waterlopen stijgt; er treedt echter geen infiltratie op, wanneer de grondwaterstand daar beneden daalt.

Voor het peil van de plas is 27,60 m +NAP aangehouden; dit is ongeveer het niveau waarop afvoer optreedt, wanneer het peil in de plas daarboven stijgt.

Voor het Kanaal van Deurne is voor het peil, dat praktisch het gehele jaar constant is, een waarde van 31,00 m +NAP aangehouden.

4.2.2 Voeding van en onttrekking aan het freatisch vlak

Voor de voeding van en onttrekking aan het freatisch vlak zijn gegevens gebruikt van eerder uitgevoerde berekeningen met SIMGRO (Querner en Van Bakel 1989) in het kader van een integrale studie in het Zuidelijk Peelgebied. Hierbij zijn waarden beschikbaar van de neerslag, de percolatie en de capillaire opstijging voor een aantal bodemgebruiksvormen en onderscheiden bodemfysische eenheden. Voor dit onderzoek is als bodemgebruiksvorm grasland zonder berekening beschouwd met uitzondering van de plas, waarvoor is gerekend met de neerslag en de open waterverdamming.

Voor de bodemfysische eenheden is nagegaan welke eenheden kunnen worden toegekend aan de deelgebieden. De waarden voor de percolatie en de capillaire opstijging zijn voor opeenvolgende perioden (tijdstappen) van drie dagen vastgesteld vanaf 1 oktober 1981 tot 1 april 1983. De hiervoor gebruikte meteogegevens zijn afkomstig van het KNMI-station De Bilt. In tabel 3 is een overzicht gegeven van relevante meteogegevens van De Bilt en enkele stations in de omgeving van het onderzoeksgebied.

Uit tabel 3 volgt een redelijke overeenkomst tussen de gebruikte meteogegevens van het station De Bilt en die van de stations in de omgeving van het onderzoeksgebied.

Tabel 3 Neerslag (mm) en open waterverdamping (mm) van enkele stations in het gebied en van De Bilt van januari 1981 t/m september 1983

Periode	Neerslag		Open waterverdamping		
	Deurne	De Bilt	Eindhoven	Venlo	De Bilt
jan. t/m mrt. 1981	254,0	261,4	71	70	70
april t/m sept. 1981	333,9	357,9	556	543	550
okt. 1981 t/m mrt. 1982	398,0	471,3	121	109	115
april t/m sept. 1982	258,6	236,8	616	602	609
okt. 1982 t/m mrt. 1983	458,6	459,7	129	112	120
april t/m sept. 1983	398,9	411,0	615	614	615
jan. 1981 t/m sept. 1983	2102,0	2198,1	2108	2050	2079

4.2.3 Drainage- en infiltratieweerstanden

Voor de wintersituatie blijkt uit het hydrologisch onderzoek in het Zuidelijk Peelgebied voor het onderzoeksgebied een drainageweerstand van 100 tot 200 d (Wit 1986). Er is van uitgegaan dat de permanent watervoerende waterlopen en de waterlopen met vrije drainage als homogene klassen voorkomen. Voor de permanent watervoerende waterlopen bedraagt de afstand $L=800$ m. Deze waterlopen zijn volgens een classificatietabel van Ernst (1978) ingedeeld in twee klassen. De Soeloop is ingedeeld in klasse 4 en de overige waterlopen in klasse 3 (Wit, 1986). Als radiale weerstand voor de waterlopen in klasse 3 en 4 is respectievelijk een waarde verkregen van 1,2 en 0,9 d/m. Uitgaande van deze waarden wordt de drainageweerstand van de permanent watervoerende waterlopen >1000 d en de drainageweerstand van de waterlopen met vrije drainage <110 tot 250 d. Als gemiddelde drainageweerstand is 175 d aangehouden.

Voor de oppervlakten van de knooppunten in fig. 8, waarin de permanent watervoerende waterlopen voorkomen, is allereerst de lengte van de waterloop voor dit knooppunt vastgesteld. Uit de oppervlakte van het knooppunt en de lengte van de waterloop is een effectieve afstand L_e berekend. Het produkt van L_e en de radiale weerstand van de betreffende klasse is vervolgens als drainageweerstand en infiltratieweerstand ingevoerd.

Voor de plas is een fictieve drainageweerstand van 5 d aangenomen.

Het Kanaal van Deurne is als kanaalknooppunt beschouwd. Uit het verrichte onderzoek in 1982/83 is gebleken dat dit kanaal een relatief hoge radiale weerstand heeft van 5 d/m. Voor het kanaal zijn per knooppunt gegevens ingevoerd over lengte, breedte, helling van het talud, de laag die wordt aangesneden en de radiale en de bodemweerstand.

4.2.4 Debieten in de randknooppunten

Voor de randknooppunten zijn voor het eerste (bovenste) en het tweede watervoerende pakket de horizontale toe- en afstroming bepaald. Deze waarden zijn verkregen uit isohypsenkaarten en kD-waarden voor beide watervoerende pakketten. Uit waterbalansonderzoek is gebleken dat de grondwaterstroming in het tweede pakket een vrij permanent karakter vertoont. Voor het eerste pakket zullen naar verwachting grotere verschillen optreden. Aangezien echter de debieten relatief klein zijn en de benodigde gegevens ontbraken, zijn hier alleen debieten voor een zomersituatie berekend. In tabel 4 zijn de debieten weergegeven.

Tabel 4 Randfluxen (m^3/d) voor het eerste en tweede watervoerend pakket per knooppunt

Knoop- puntnr	1 ^e wvp	2 ^e wvp	Knoop- puntnr	1 ^e wvp	2 ^e wvp
1	-27	-70	322	-1	-1
3	-30	-380	319	5	120
6	-30	-380	315	5	120
11	-30	-380	313	5	120
17	-114	-480	312	5	120
24	-114	-480	305	5	50
33	-114	-630	304	5	50
44	-114	-630	303	10	50
56	-94	-630	302	10	50
70	-94	-440	290	10	190
92	-94	-440	289	10	190
113	-8	-440	288	7	190
138	-8	-550	272	7	190
165	-8	-550	255	7	190
193	-8	-550	254	7	190
221	-8	-300	240	7	10
222	-8	-200	209	1	60
223	-8	-100	180	1	60
224	-8	-50	150	1	60
226	-1	-1	124	1	2
228	-1	-1	101	1	2
227	-2	-2	77	1	2
233	-2	-2	61	1	1
253	-8	-90	48	1	250
271	-8	-90	37	1	250
282	-8	-90	27	1	250
301	-8	-90	19	1	190
311	-8	-90	13	1	190
316	-8	-90	8	1	190
320	-8	-20	4	1	190
321	-8	-10	2	1	190

positief: toestroming

negatief: afstroming

5 VERIFICATIE MET SIMULATIEBEREKENINGEN

Alvorens effecten te berekenen van de voorgenomen uitbreiding van de ontgronding zijn simulatieberekeningen uitgevoerd voor de bestaande situatie. Uit een vergelijking van de gemeten grondwaterstanden en debieten met daarvoor berekende waarden wordt een indruk verkregen, in welke mate het model met de gebruikte gegevens de werkelijke situatie kan benaderen. Hiervoor zijn berekeningen uitgevoerd van 1 oktober 1981 tot 1 april 1983 met de gegevens in hoofdstuk 4. In fig. 12 en 13 zijn berekende grondwaterstanden en stijghoogten weergegeven met de gemeten waarden uit fig. 4. Voor de berekende waarden zijn de knooppunten beschouwd in de naaste omgeving van de raai. Bij een beoordeling van fig. 12 en 13 dient er rekening mee te worden gehouden dat de berekende waarde voor de knooppunten een gemiddelde waarde is voor het betreffende oppervlak en dat de gemeten waarden puntwaarnemingen zijn. In het algemeen blijkt uit fig. 12 en 13 een redelijke overeenstemming aanwezig tussen de berekende en de gemeten waarden.

Bij het Kanaal van Deurne vertoont de berekende grondwaterstand de grootste afwijking. Aangezien in de richting van de Peelrandbreuk een redelijke overeenkomst aanwezig is, wat ook geldt voor de stijghoogte, zijn ingrepen achterwege gelaten.

Voor knooppuntnummer 154 wordt een te hoge waarde berekend voor de grondwaterstand; deze is verklaarbaar door de hoge maaiveldsligging ten opzichte van de omgeving. Daar het effect slechts over een relatief klein gebied van invloed is, is de slootbodembedpte niet aangepast.

Aan de westzijde van de Peelrandbreuk daalt de berekende grondwaterstand weliswaar tot ongeveer de gemeten waarde, maar dit vindt bij een geringer verval plaats. Dit hangt samen met de wijze waarop de weerstand van de breukzone is gemodelleerd. Hiervoor is in het model een grotere breedte beschouwd, enerzijds om de weerstand te modelleren en anderzijds om het aantal knooppunten in het onderzoeksgebied enigszins te beperken. De invloed hiervan op de naderhand te berekenen effecten is van geen betekenis.

In hoofdstuk 4 is bij de indeling van de deelgebieden rekening gehouden met de indeling van de afwateringseenheden uit het indertijd uitgevoerde onderzoek (Wit 1986). De deelgebieden 1, 3 t/m 12, 17 (gedeeltelijk), 18, 19 en 21 t/m 23 uit fig. 9 vallen samen met afwateringseenheid A2 uit het hydrologisch onderzoek 1983/83. Voor zowel deelgebied A2 als voor de genoemde deelgebieden zijn in tabel 5 de relevante termen van de waterbalans weergegeven.

Tussen een aantal balanstermen in tabel 5 is een redelijke overeenstemming aanwezig. De lagere waarde bij de simulatieberekeningen voor de berging en het neerslagoverschot kan voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan het neerslagstation De Bilt. In de beschouwde periode is de gemeten neerslag te De Bilt circa 20 mm lager dan de waarde die tijdens het Peelonderzoek is vastgesteld.

Tabel 5 Termen waterbalans (mm) voor de periode 1 april 1982 tot 1 april 1983

	Hydrologisch onderzoek 1982/83 Deelgebied A2	Simulatie- berekeningen
Neerslag	714,0	696,5
Afvoer (oppervl. water)	144,7	134,6
Afvoer (ondergrond)	121,5	118,1
Berging	35,0	5,0
Neerslagoverschot	301,2	257,7
Verdamping	412,8	438,8

Voor de bestaande plas is een kwel van 1 tot 2 mm/d berekend.

In fig. 14 is het berekend verloop van het peil in de plas weergegeven. Tengevolge van het relatief grote verdampingsoverschot (tabel 3) daalt het peil in de plas tot ongeveer 27,45 m +NAP. Het jaar 1982 kan bij benadering als een 10%-droog jaar worden gekarakteriseerd.

Gezien de gecompliceerde geohydrologische situatie in het onderzoeksgebied geven de simulatieberekeningen voor de bestaande situatie een alleszins bevredigend resultaat te zien.

6 BEREKENING VAN DE EFFECTEN

Voor het berekenen van de effecten van een toekomstige ontgronding op de drie alternatieve locaties zijn achtereenvolgens voor A, B en C de invoergegevens gelijk gesteld aan die voor de bestaande plas.

De berekende grondwaterstanden en stijghoogten voor de drie situaties zijn vervolgens vergeleken met de basisberekening voor de bestaande plas. Als data voor een vergelijking zijn gekozen 15 april en 15 september 1982, enkele weken voor het instellen van zomer- en winterpeil.

Er is geen rekening gehouden met een verandering in de voeding van en onttrekking aan het freatisch vlak ten gevolge van een verlaagde of verhoogde grondwaterstand. Bij een aanmerkelijke verlaging van de grondwaterstand kan de capillaire opstijging afnemen; in dit geval wordt de verlaging enigszins overschat.

In fig. 15 t/m 26 zijn de resultaten weergegeven. Overwegend worden verlagingen berekend, de mate waarop en waar deze plaatsvinden is aangegeven door verlaginglijnen van 2, 5, 10, 20, 40 en 60 cm. Het aangeven van een verlaginglijn van 2 cm suggereert een te grote nauwkeurigheid betreffende de verkregen rekenresultaten. In dit licht bezien dienen de verlagingen beneden de 10 cm meer als een globale indicatie te worden beschouwd. De beïnvloeding is beperkt tot de Peelhorst.

Alternatief A (fig. 15 t/m 18)

De ontgronding A is gelegen ten noorden van de Oude Aa, de situatie is enigszins vergelijkbaar met de bestaande ontgronding. In een klein gebied ten noordoosten van de nieuwe ontgronding zal de grondwaterstand 10 tot 20 cm dalen. In september zal de invloedssfeer enigszins groter zijn dan in april. Voor de stijghoogte geldt een identieke opmerking, alleen is het beïnvloedingsgebied groter.

Alternatief B (fig. 19 t/m 22)

Een uitbreiding van de ontgronding in oostelijke richting volgens alternatief B leidt tot een aanzienlijke beïnvloeding van zowel de grondwaterstand als de stijghoogte voor april en september. Dit is enerzijds het gevolg van een hogere kD-waarde in deelgebied 5 en anderzijds door een hogere grondwaterstand en stijghoogte in oostelijke richting (fig. 4). Door de toename van de kwel blijft het peil in de plas op 27,60 m +NAP. Dit leidt tot een geringe grondwaterstandsverhoging in een smalle zone grenzend aan de bestaande plas. In fig. 21 is het infiltrerend effect van de permanent watervoerende waterlopen op het verlagingspatroon duidelijk waarneembaar.

Alternatief C (fig. 23 t/m 26)

Het effect van ontgronding C is enigszins vergelijkbaar met de ontgronding volgens alternatief A.

Aangezien de planvorming betreffende de uitbreiding is toegespitst op alternatief C zijn tevens berekeningen uitgevoerd waarbij de kD-waarde voor deelgebied 23 op $750 \text{ m}^2/\text{d}$ is gesteld. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in fig. 27 t/m 30. Uit de figuren blijkt dat in het algemeen de verbreiding van de verlaginglijnen vanaf de ontgronding toeneemt.

Bij de tot dusver uitgevoerde berekeningen is uitgegaan van een peil van de plas van 27,60 m +NAP. Uit fig. 14 blijkt dat het peil in de zomer kan dalen tot 27,45 m +NAP. Een punt van onderzoek was of door een bepaald peilbeheer de effecten van de ontgronding kunnen worden verminderd.

Uit overleg met het Waterschap de Aa blijkt in de zomer wateraanvoer voor peilbeheersing uit de Oude Aa mogelijk. Het stuwpeil van de Oude Aa ten noorden van de plas bedraagt in de zomer 27,85 m +NAP. Voor de plas is in overleg met de kalkzandsteenfabriek uitgegaan van een eventueel streefpeil van 27,75 m +NAP. In de zomer kan dus het peil worden geregeld door wateraanvoer, in de winter vindt een zodanige toestroming door kwel plaats dat het peil hierdoor kan worden gehandhaafd. Door bij de berekeningen een constant peil te handhaven van 27,75 m +NAP in zowel de uitbreiding als de bestaande ontgronding, wordt de invloedssfeer van de verlaginglijnen teruggedrongen. In fig. 31 t/m 34 zijn de resultaten weergegeven. Daarnaast vinden bij de bestaande plas en met name ten noorden daarvan zowel verhogingen van de grondwaterstand als de stijghoogte plaats.

7 CONCLUSIES

Vanwege de ligging van de bestaande ontgronding en de voorgenomen uitbreiding hiervan in de naaste omgeving van de Peelrandbreuk en de gecompliceerde geohydrologische opbouw van de ondergrond ter plaatse is zorgvuldigheid geboden met betrekking tot de uitvoering van werken die kunnen leiden tot een wijziging in de hydrologische situatie.

De hydrologische situatie in een zone ten oosten van en langs de Peelrandbreuk kan ondermeer worden gekenmerkt door het voorkomen van kwel. In samenhang hiermee komen drukverschillen voor tussen de grondwaterstand en de stijghoogte.

Bij een ontgraving zal het drukverschil verdwijnen. Het peilbeheer in de ontstane plas zal dan van invloed zijn op een verandering in de grondwaterstroming en de waterhuishoudkundige situatie in de omgeving. Bij de bestaande plas vindt afvoer plaats, wanneer het peil stijgt boven 27,60 m +NAP. In droge zomers kan het peil dalen tot 27,45 m +NAP, er vindt dan aanvoer plaats door een kwelstroming en door infiltratie vanuit de Oude Aa. De kwel naar de plas bedraagt in orde van grootte 1 tot 2 mm/d, dit houdt dus in dat het peil in de plas lager ligt dan de stijghoogte in de naaste omgeving.

Vanwege de gecompliceerde opbouw van het onderzoeksgebied en de toegepaste vereenvoudiging bij het modelleren, dienen de berekende verlagingen en verhogingen van de grondwaterstand en de stijghoogte als indicatief te worden beschouwd.

Voor de ontgrondingen volgens de drie alternatieven is overwegend een verlaging van de grondwaterstand en de stijghoogte berekend. Voor de ontgronding in oostelijke richting (alternatief B) zijn deze aanzienlijk, zodat uitbreiding in deze richting wordt ontraden.

De effecten van de uitbreiding van de ontgronding in noordelijke en zuidelijke richting zijn ongeveer aan elkaar gelijk. Een belangrijke factor hierbij is de kD -waarde van het watervoerende pakket. Uit literatuurgegevens volgt hiervoor een waarde van $750 \text{ m}^2/\text{d}$. Beperkt uitgevoerd hydrologisch onderzoek ter plaatse, alsmede de simulatieberekeningen geven aanleiding tot de veronderstelling dat in een smalle strook de kD -waarde lager moet zijn. Voor de betreffende strook is een kD -waarde aangehouden van $150 \text{ m}^2/\text{d}$.

Voor de uitbreiding van de ontgronding in zuidelijke richting, die in eerste instantie in de planvorming is opgenomen, zijn de effecten berekend bij een kD -waarde van 150 en $750 \text{ m}^2/\text{d}$ om de gevoeligheid ten aanzien van deze bodemconstante tot uiting te laten komen.

Ten westen van de Peelrandbreuk in de Centrale Slenk zijn geen effecten berekend.

Door het toepassen van een peilbeheer, een constant peil van 27,75 m +NAP voor de bestaande plas en de uitbreiding in zuidelijke richting, is berekend in welke mate bepaalde effecten worden verminderd. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de meest ongunstige situatie (kD : $750 \text{ m}^2/\text{d}$) en leiden tot een stijging van de grondwaterstand en de stijghoogte ten oosten en ten noorden van de bestaande plas. Daarnaast worden de verlagingen ten oosten en ten zuiden van de uitbreiding teruggedrongen. In deze situatie raakt de 2 cm-verlagingslijn voor zowel de grondwaterstand als de stijghoogte de noordwestelijke begrenzing van de Deurnese Peel. Bij een kD -waarde $< 750 \text{ m}^2/\text{d}$ verschuift bovengenoemde verlagingslijn in noordwestelijke richting en komt deze buiten het natuurgebied te liggen.

De hydrologische effecten van alternatief C met peilbeheer voor de Deurnese Peel zijn (zeer) gering. Een meer exacte onderbouwing hiervan kan worden verkregen door de kD -waarde ter plaatse van de ontgroning nader vast te stellen. Afhankelijk van de hiervoor verkregen waarde en de daarmee samenhangende verlagingen kan worden onderzocht of mogelijke peilverhogingen in de waterlopen ten zuidoosten van de ontgroning de hydrologische effecten voor het natuurgebied elimineren.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een bij benadering 10%-droog jaar. Bij een gemiddeld jaar zullen derhalve de effecten geringer zijn.

LITERATUUR

ERNST, L.F., 1978. Drainage of undulating sandy soils with high groundwatertables. *Journal of Hydrology*, 39, 1-30.

QUERNER, E.P. and P.J.T. VAN BAKEL, 1989. *Description of the regional groundwater flow model SIMGRO*. Wageningen, ICW. Report 7.

WERKGROEP OPTIMALISERING REGIONAAL WATERBEHEER, 1989. *Optimalisering regionaal waterbeheer in gebieden met tegengestelde belangen*. Wageningen, Staring Centrum. Rapport 7.

QUERNER, E.P., 1984. *Program FEMSAT; Part 1 - Calculation method for steady and unsteady groundwater flow*. Wageningen, ICW. Nota 1557.

QUERNER, E.P., 1988. *Program FEMSAT, Part 2 - User's manual (revised)*. Wageningen, ICW. Nota 1558¹.

REES VELLINGA, E. VAN en J.P. BROERTJES, 1984. *Enige resultaten van een geohydrologisch onderzoek in het Zuidelijk Peelgebied*. Wageningen, ICW. Nota 1590.

WIT, K.E., 1986. *Hydrologisch onderzoek in het Zuidelijk Peelgebied*. Wageningen, ICW. Nota 1691.

FIGUREN

- 1 Begrenzing modelgebied
- 2 Locatiekaart steenfabriek
- 3 Grondwaterstandsverloop in de raai langs de Regenweg
- 4 Verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte in een profiel-
doorsnede vanaf de Peelrandbreuk naar het Kanaal van Deurne
- 5 Verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte in een profiel-
doorsnede ten oosten van en evenwijdig aan de Peelrandbreuk
- 6 Lokatiekaart waarnemingspunten
- 7 Profieldoorsnede D-D'
- 8 Indeling in knooppunten met daaraan toegekende oppervlakten
- 9 Indeling in deelgebieden
- 10 Permanent watervoerende waterlopen

- 11 Peilen oppervlaktewater
- 12 Berekende en gemeten grondwaterstanden
- 13 Berekende en gemeten stijghoogten
- 14 Berekend verloop van het peil in de plas
- 15 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief A, 15 april 1982)
- 16 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief A, 15 april 1982)
- 17 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief A, 15 september 1982)
- 18 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief A, 15 september 1982)
- 19 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief B, 15 april 1982)
- 20 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief B, 15 april 1982)
- 21 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief B, 15 september 1982)
- 22 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief B, 15 september 1982)
- 23 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, 15 april 1982)
- 24 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, 15 april 1982)
- 25 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, 15 september
1982)
- 26 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, 15 september 1982)
- 27 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
15 april 1982)
- 28 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
15 april 1982)
- 29 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
15 september 1982)
- 30 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
15 september 1982)
- 31 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
peil: 27,75 m +NAP, 15 april 1982)
- 32 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
peil: 27,75 m +NAP, 15 april 1982)
- 33 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
peil: 27,75 m +NAP, 15 september 1982)
- 34 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, $kD:750 \text{ m}^2/d$,
peil: 27,75 m +NAP, 15 september 1982)



LEGENDA

- A uitbreiding: alternatief A
- ▼ breuk
- - - raai D - D'
- ▭ begrenzing modelgebied

Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 1 Begrenzing modelgebied.

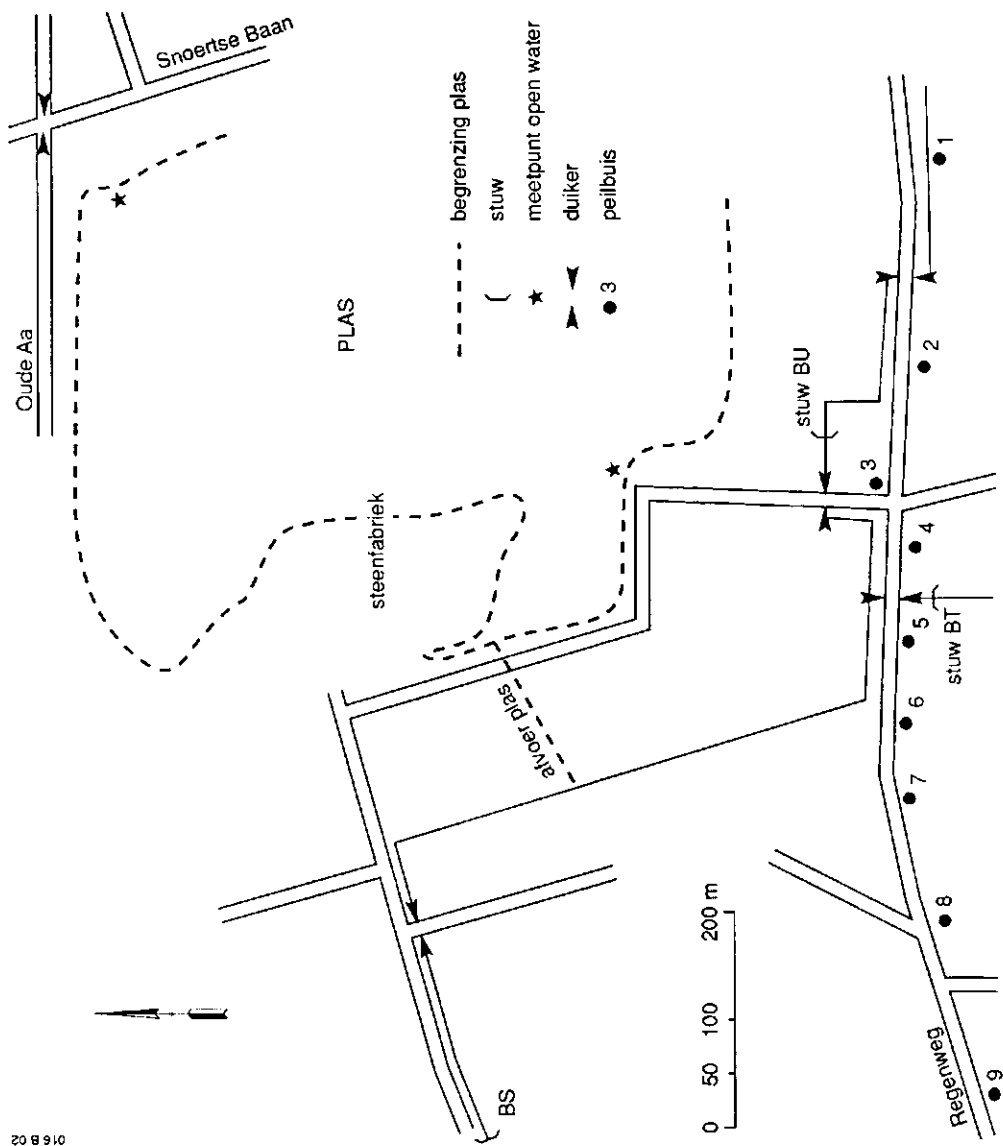


Fig. 2 Locatiekaart steenfabriek.

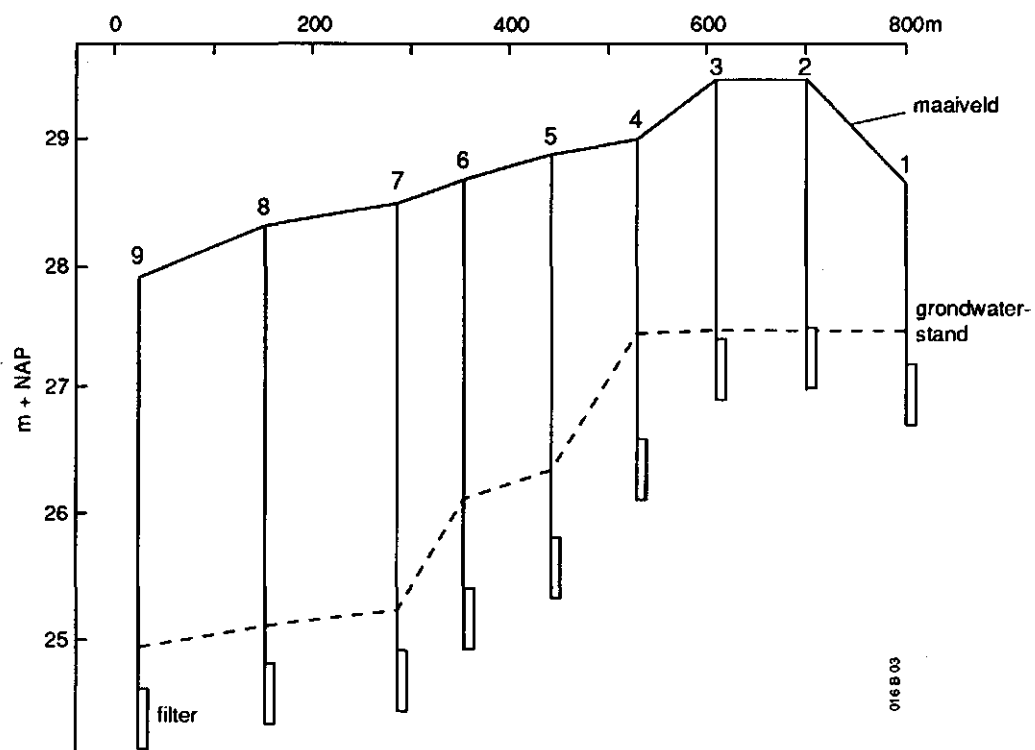
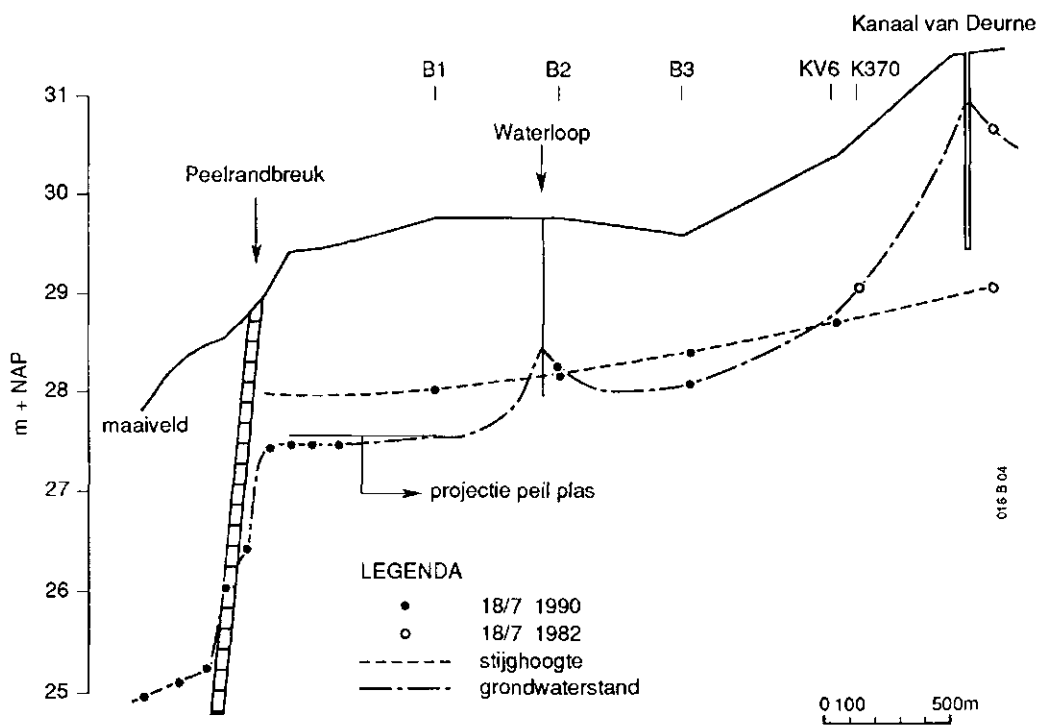


Fig. 3 Grondwaterstandsverloop in de raai langs de Regenweg.



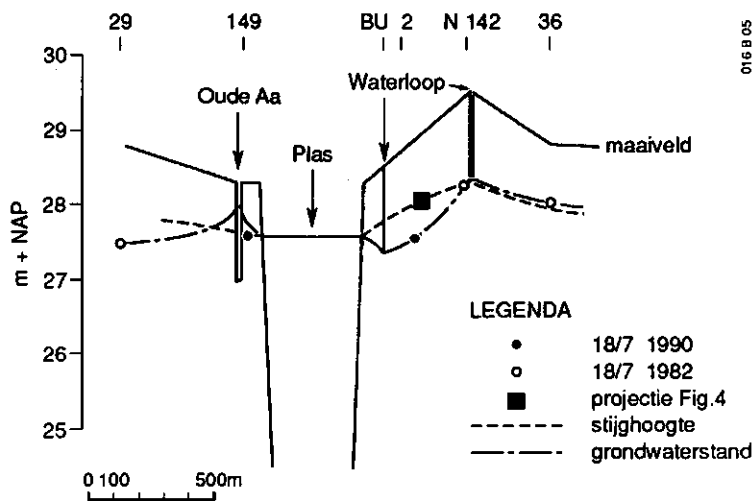
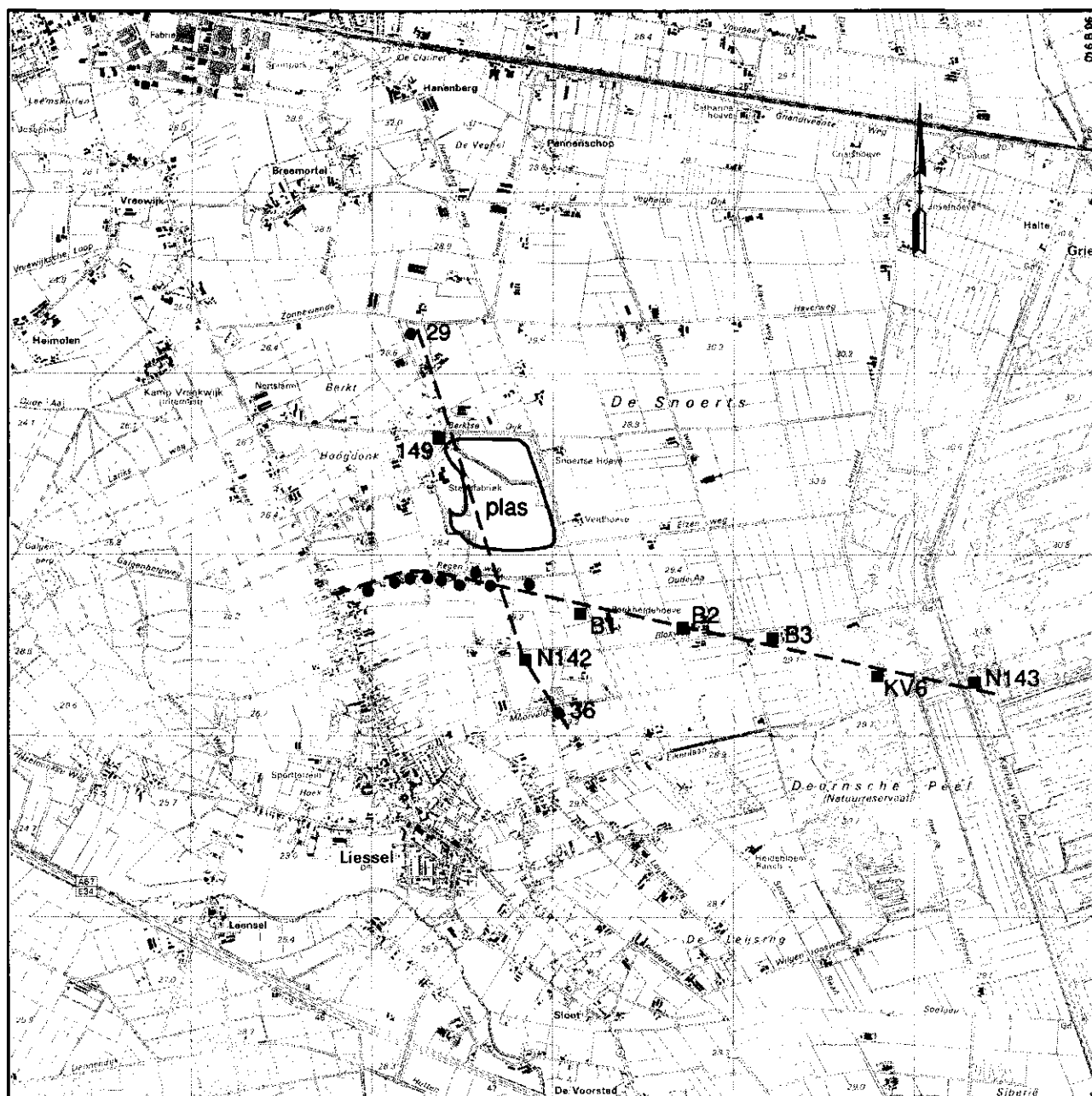


Fig. 5 Verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte in een profieldoorsnede ten oosten van en evenwijdig aan de Peelrandbreuk.

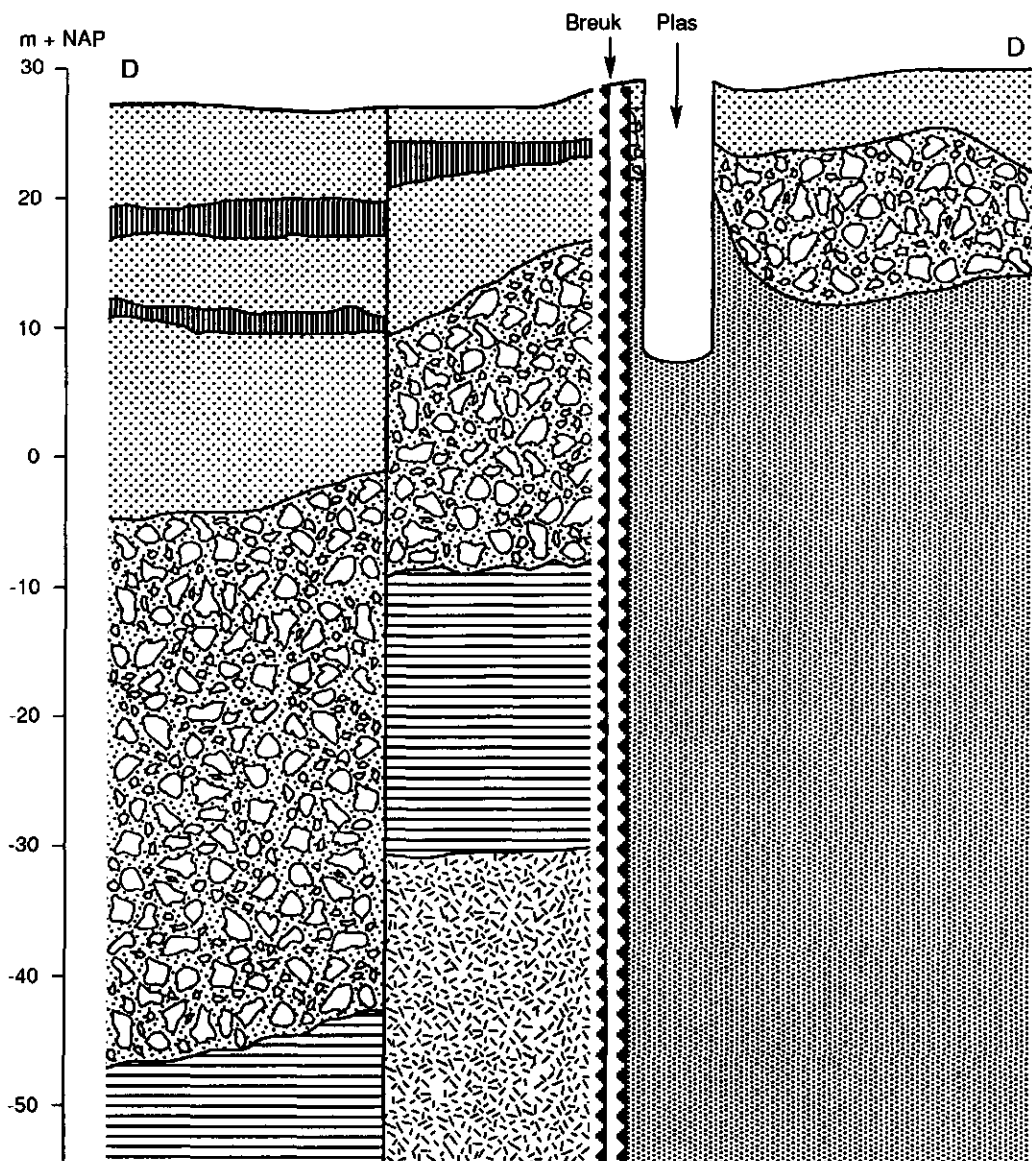


Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

LEGENDA

- grondwaterstandsbuis
- peilbuis en grondwaterstandsbuis
- — raai

Fig. 6 Lokatiekaart waarnemingspunten.



LEGENDA

Peelrandbreuk

Formatie

Nuenengroep

Formatie van Veghel en Sterksel

Formatie van Tegelen

Formatie van Kedichem

Formatie van Breda

Klei en leem in de Nuenengroep

01687

Fig. 7 Profieldoorsnede D-D'.

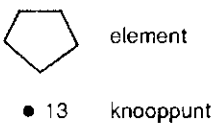
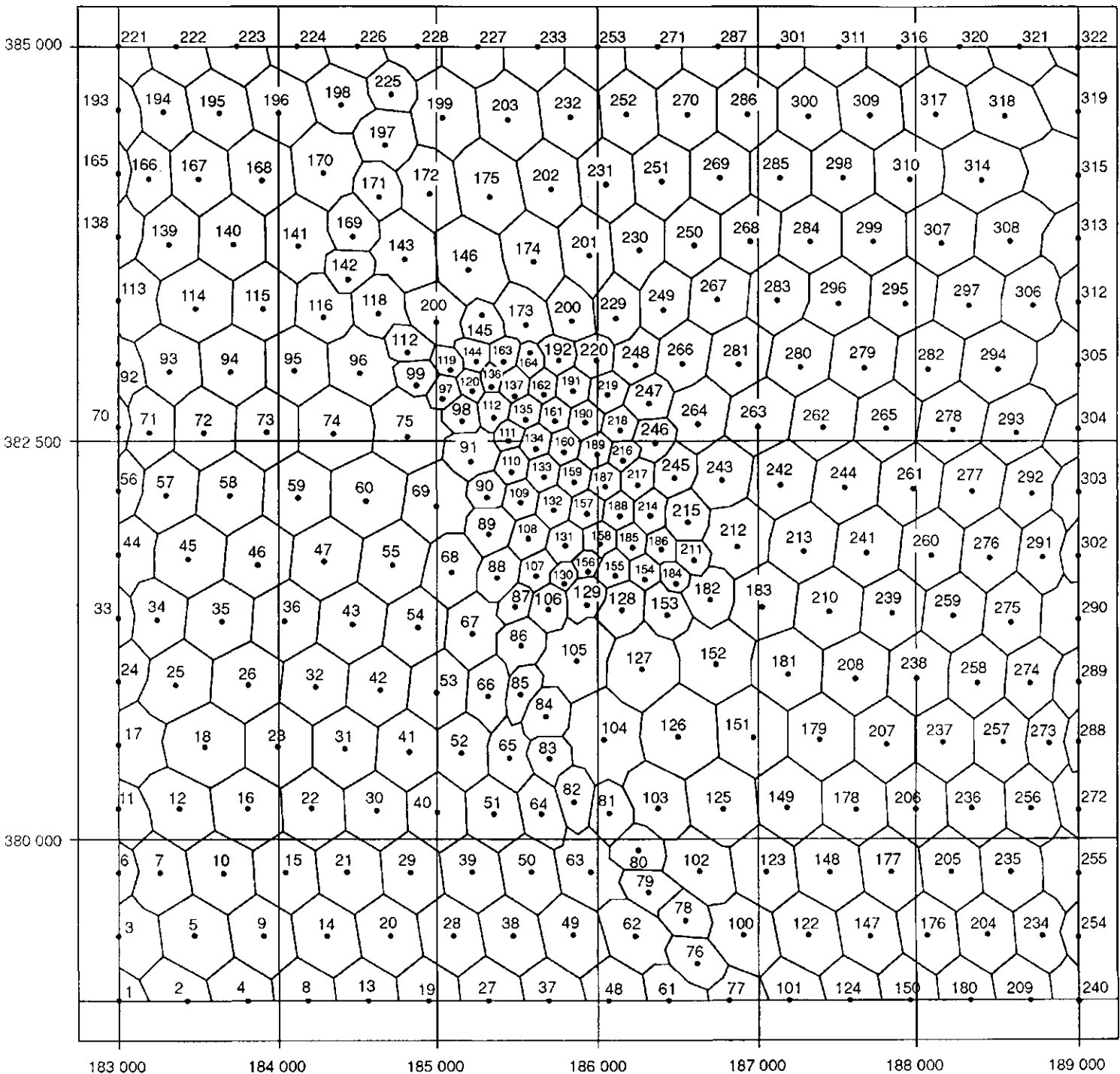


Fig. 8 Indeling in knooppunten met daaraan toegekende oppervlakten.

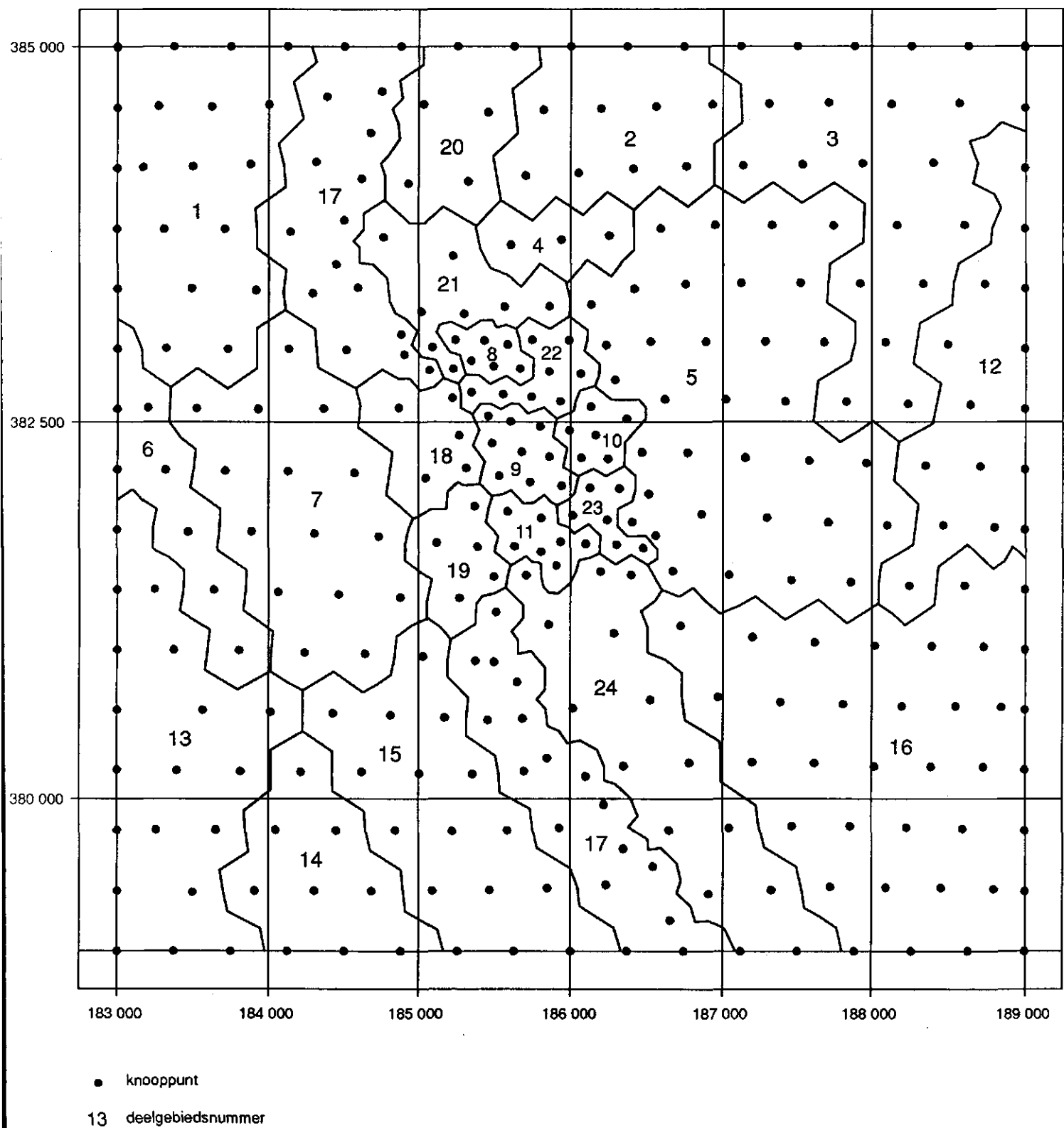
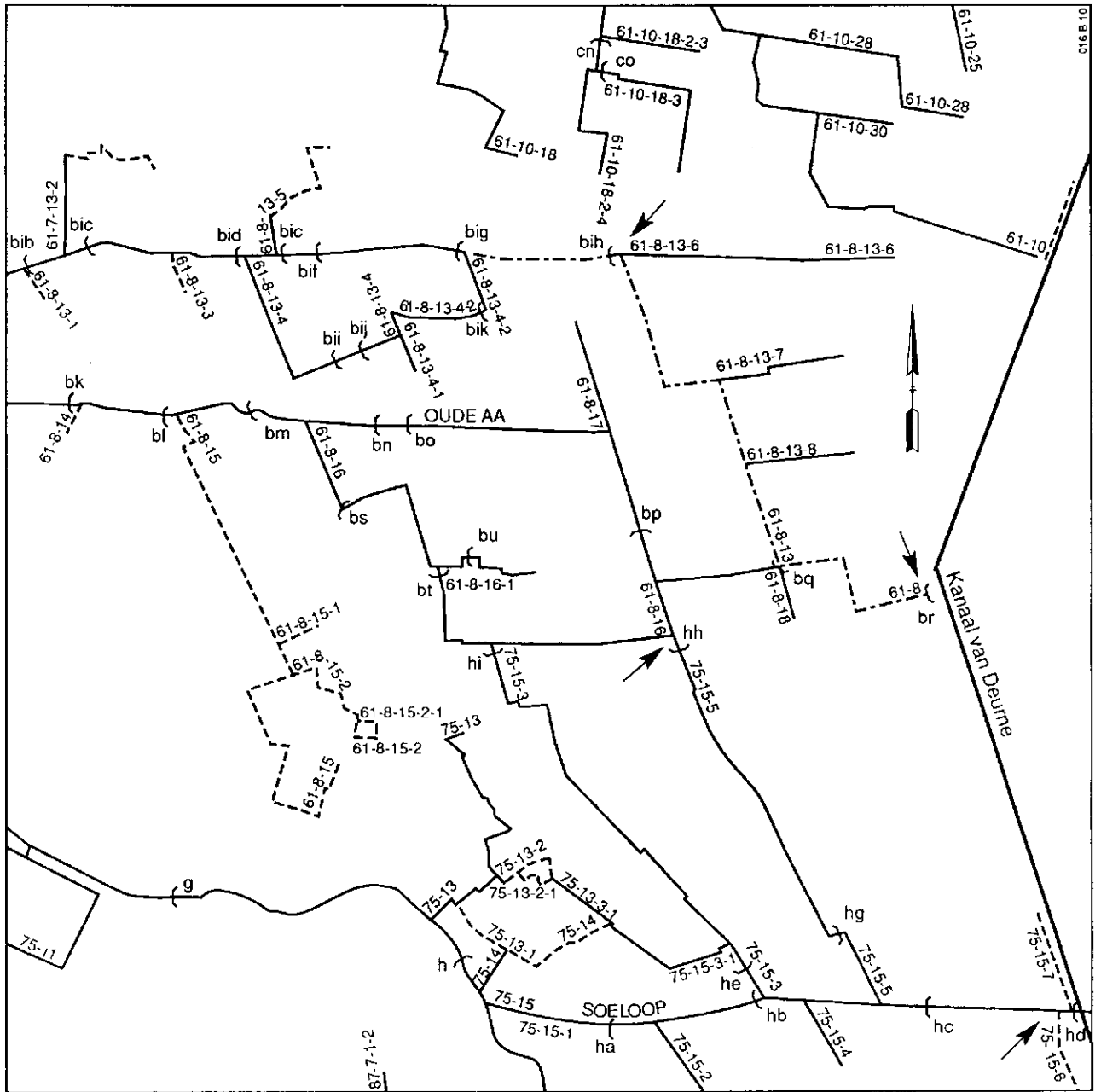


Fig. 9 Indeling in deelgebieden.



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 10 Permanent watervoerende waterlopen.

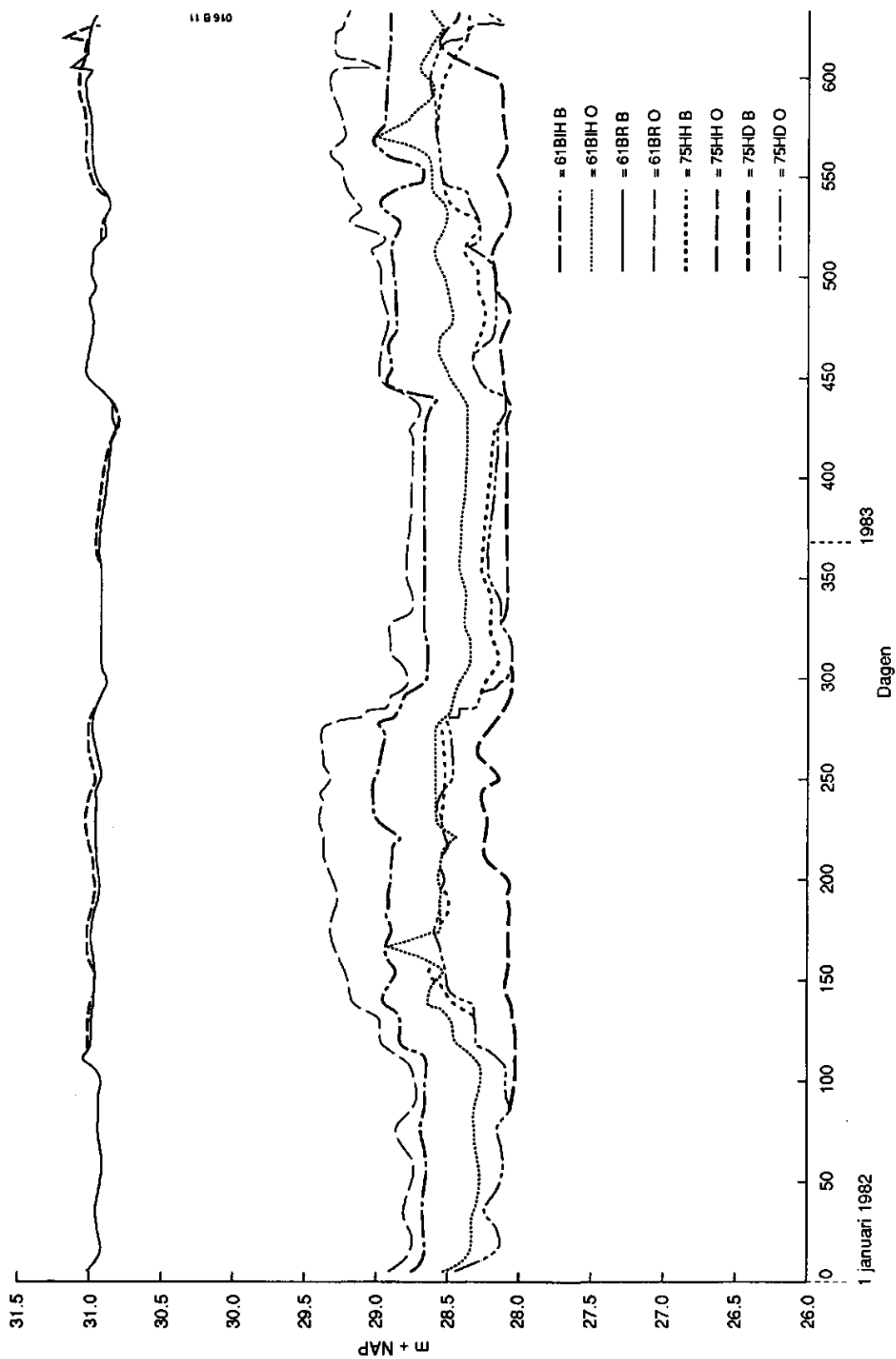


Fig. 11 Peilen oppervlaktewater.

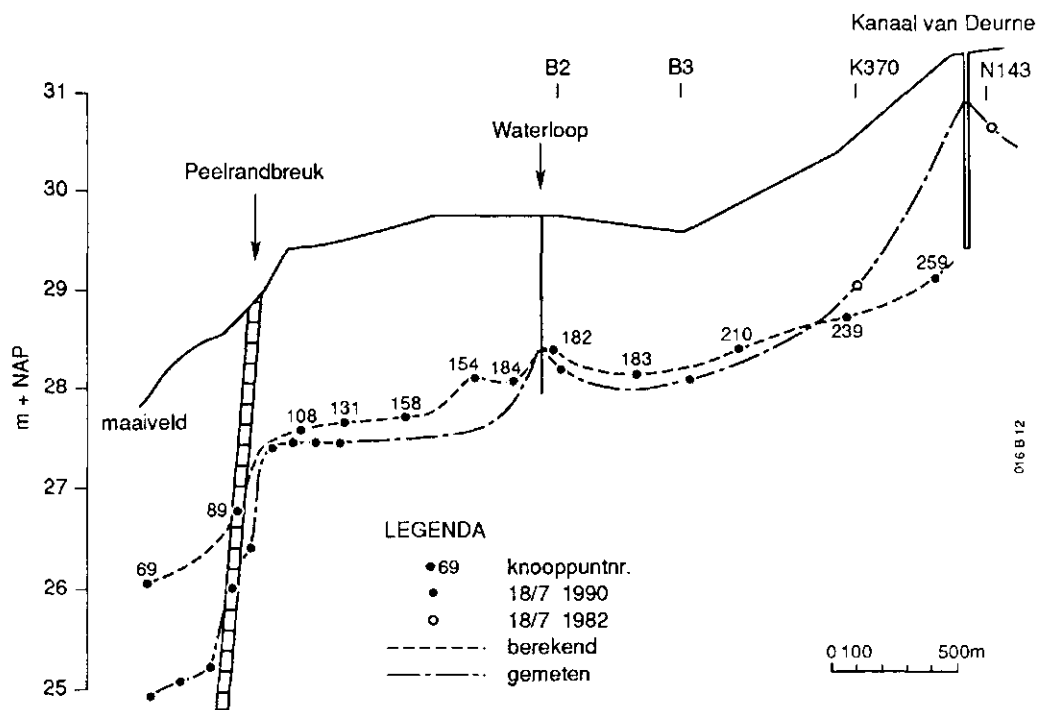


Fig. 12 Berekende en gemeten grondwaterstanden.

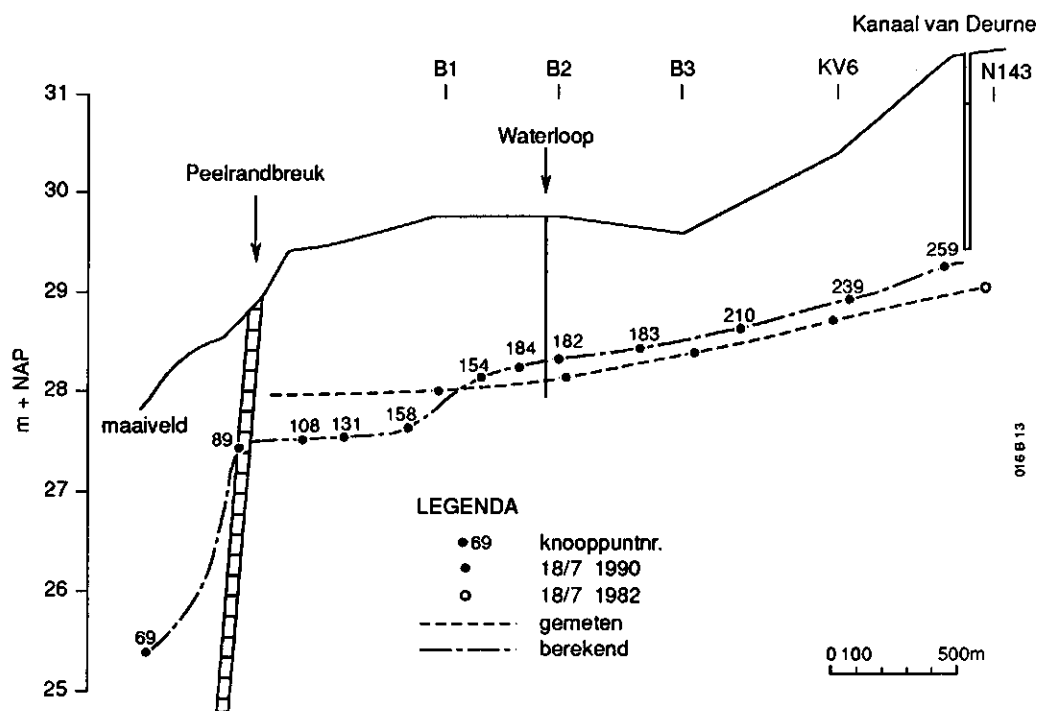


Fig. 13 Berekende en gemeten stijghoogten.

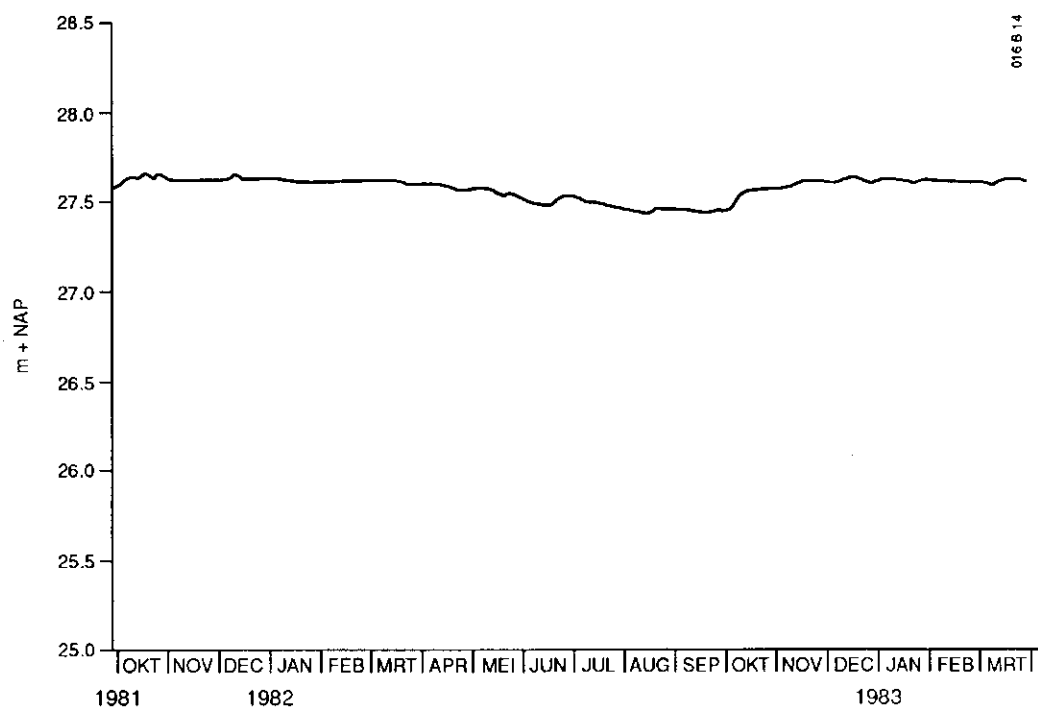
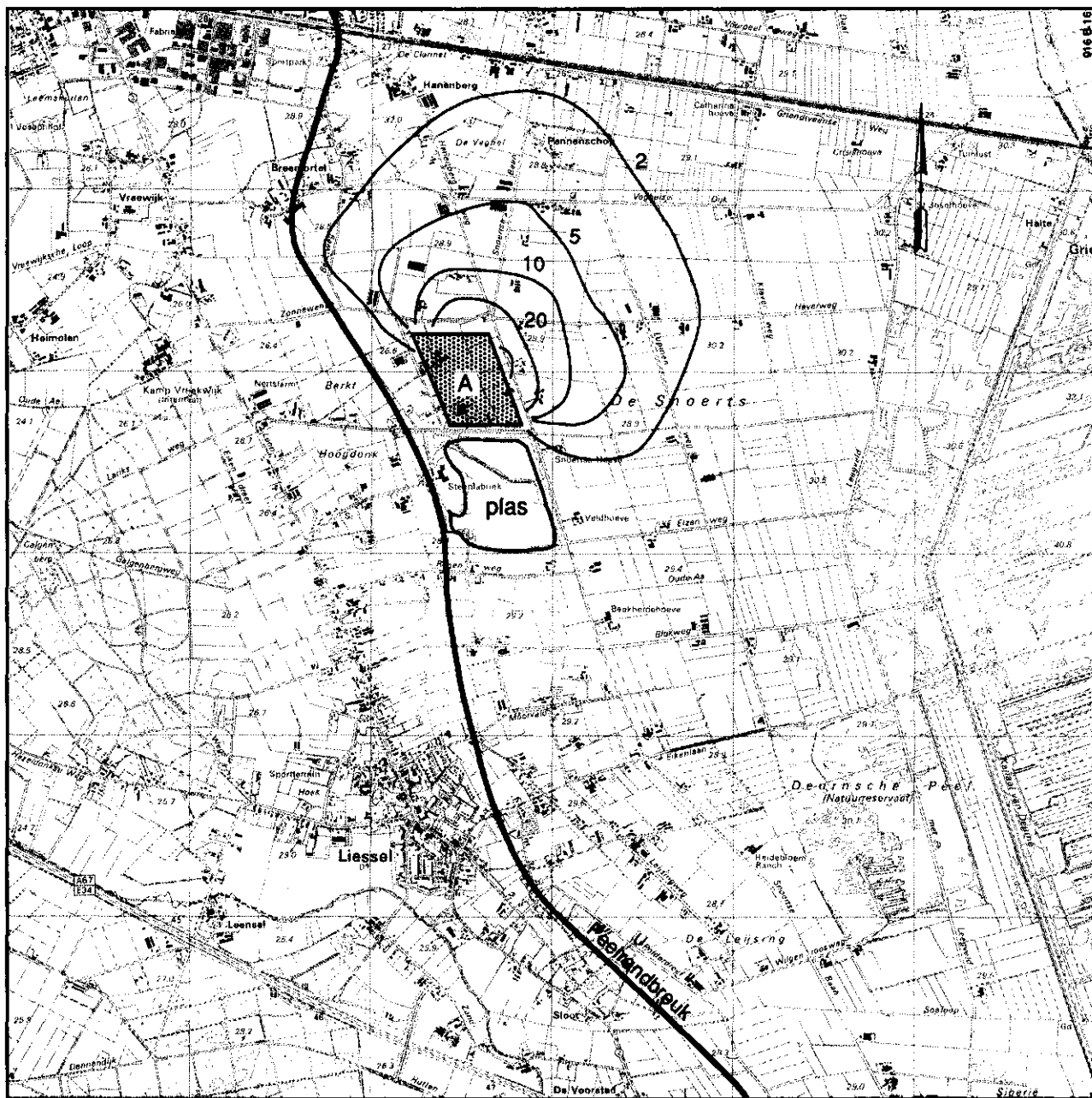


Fig. 14 Berekend verloop van het peil in de plas.



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 15 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief A, 15 april 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 16 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief A, 15 april 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 17 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief A, 15 september 1982).

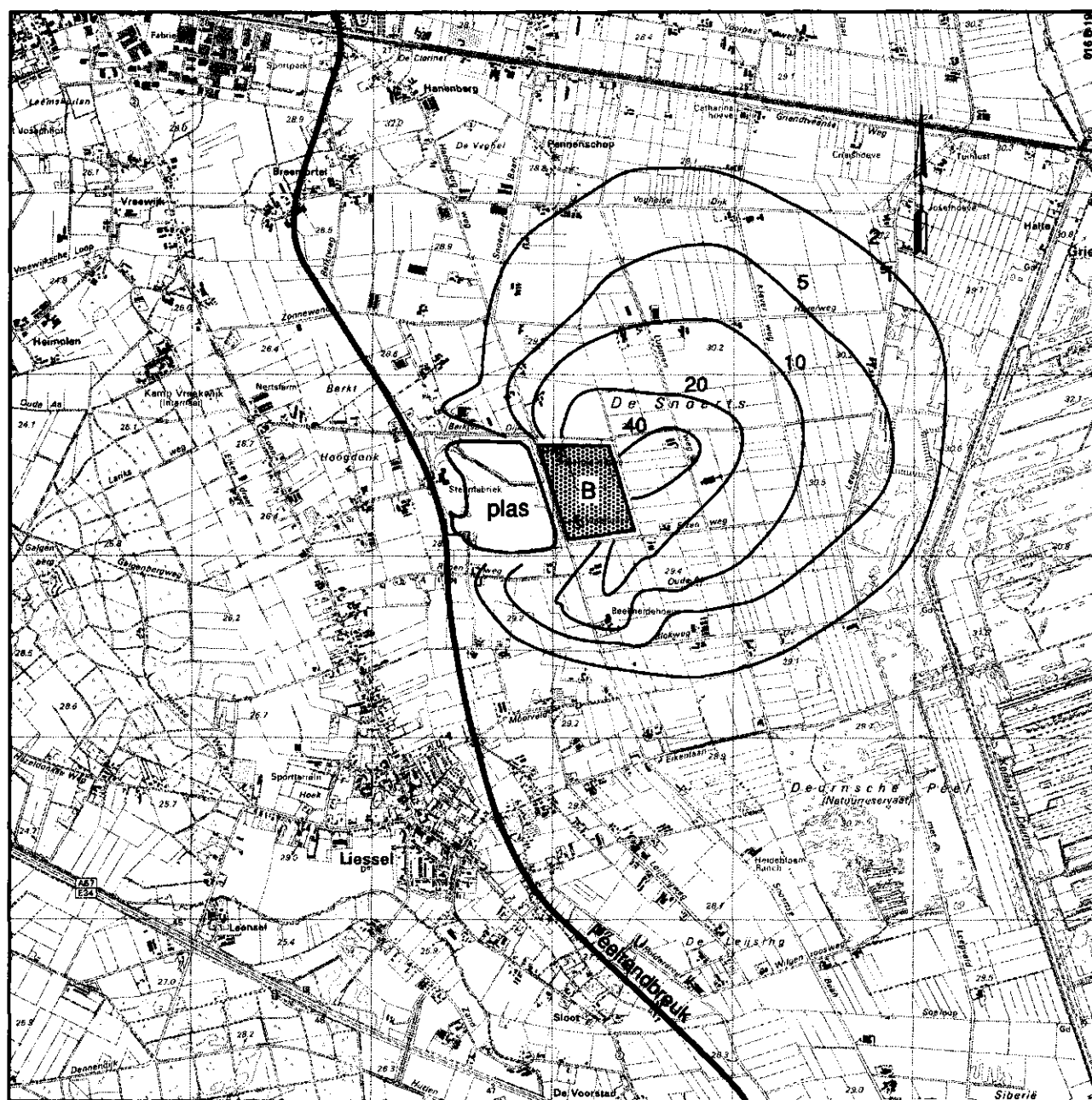
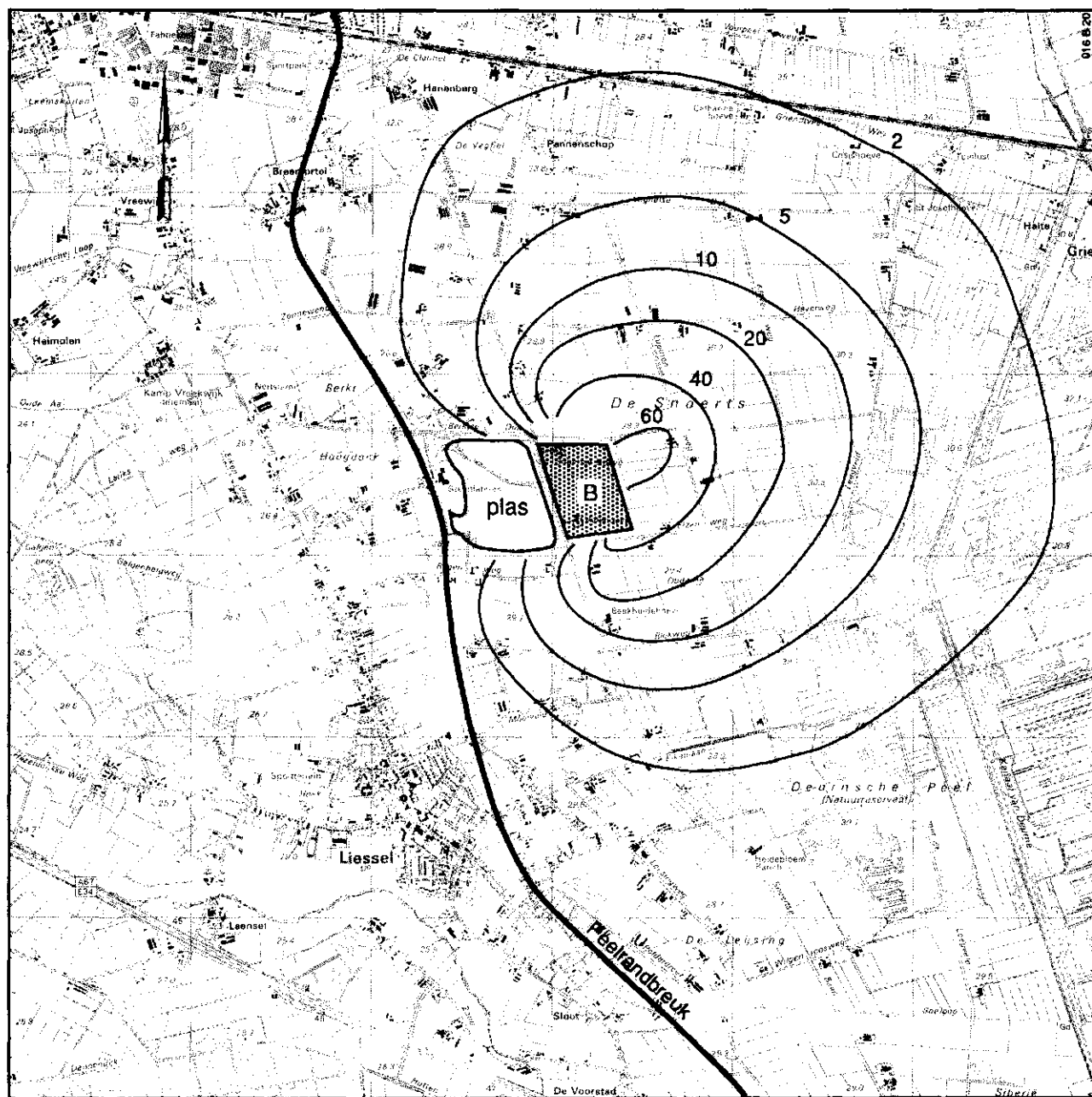


Fig. 19 Berekenende grondwaterstandsverlaging (alternatief B, 15 april 1982).

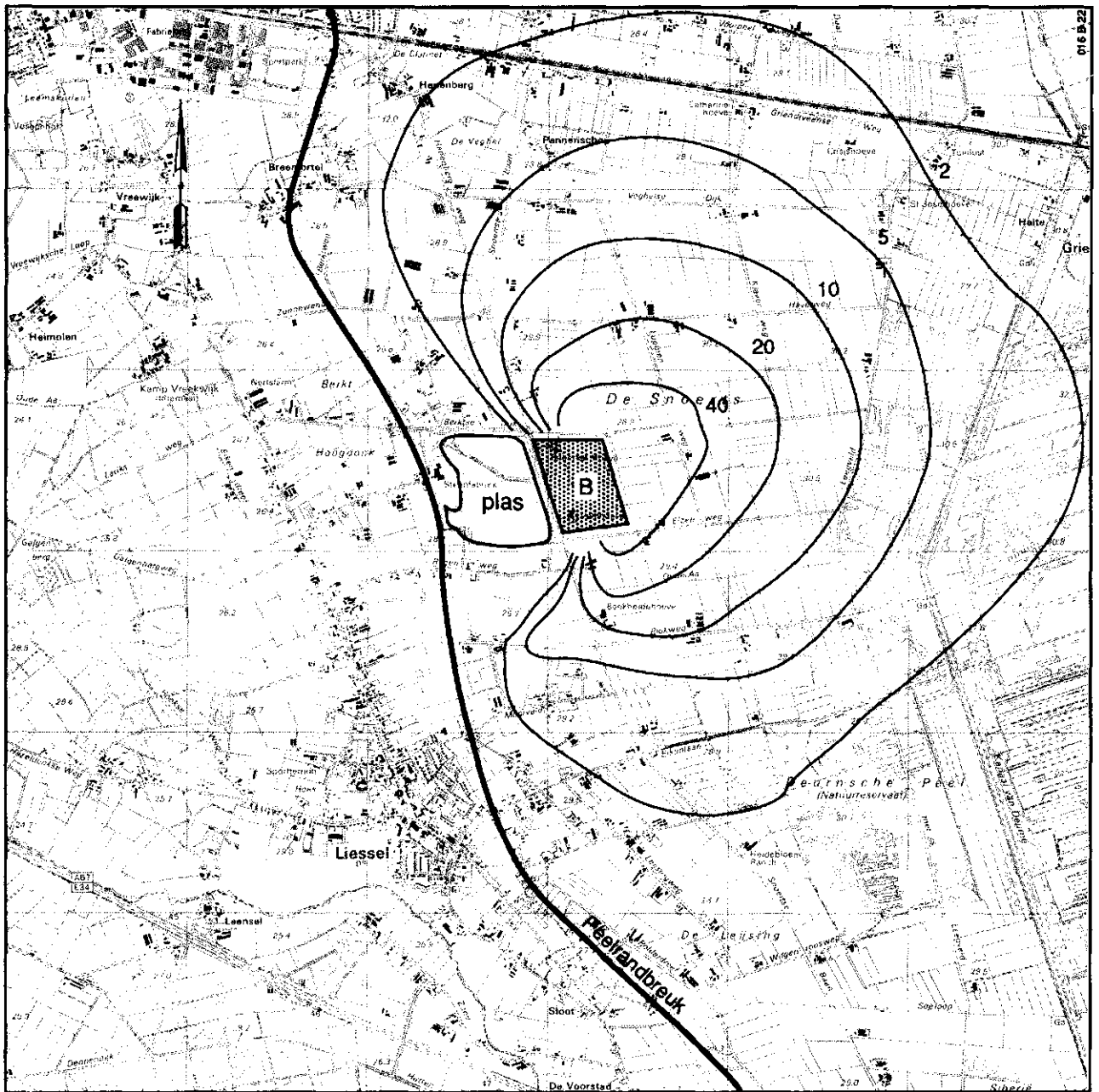


Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 20 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief B, 15 april 1982).



Fig. 21 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief B, 15 september 1982).



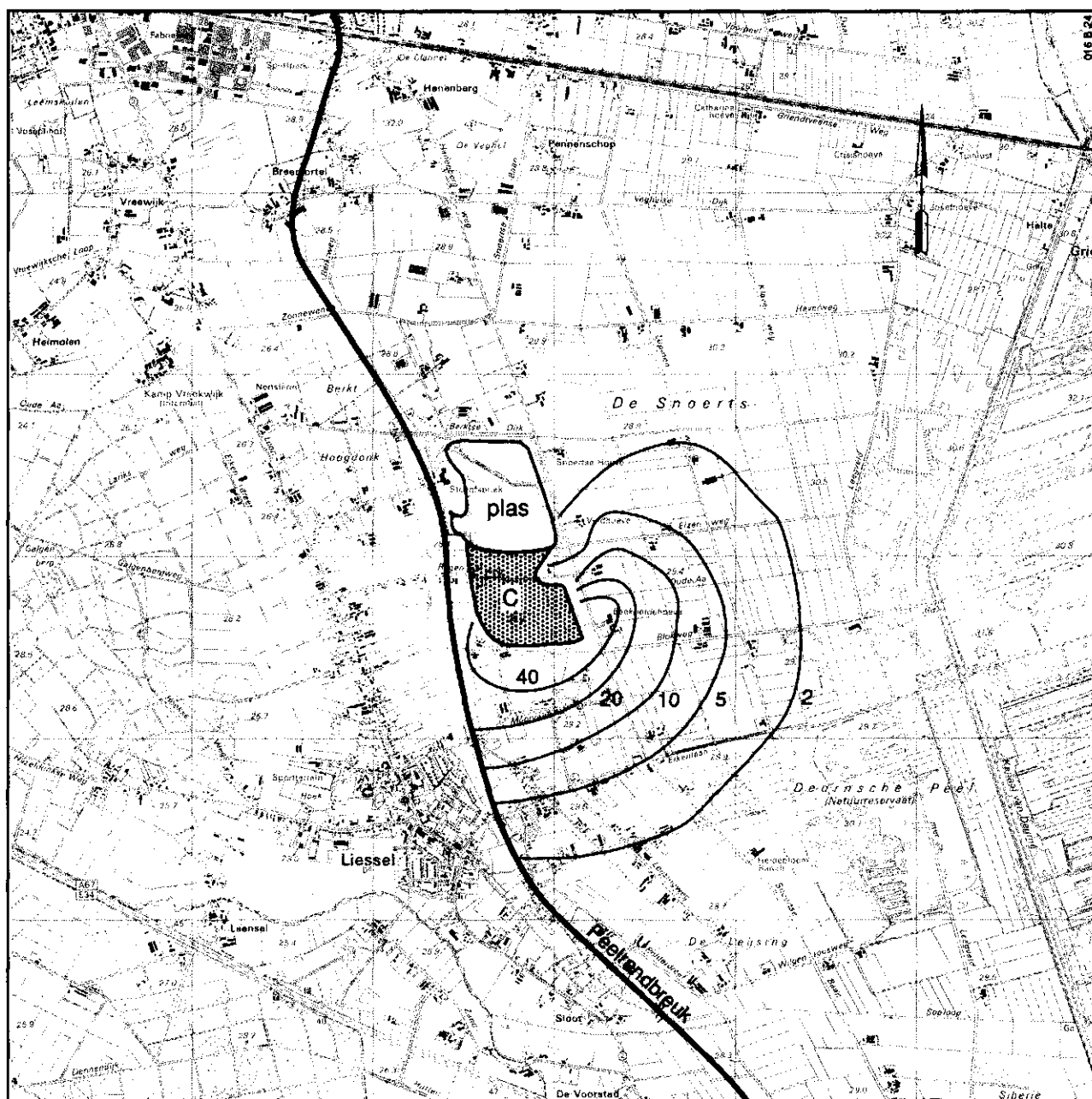
Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 22 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief B, 15 september 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 23 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, 15 april 1982).



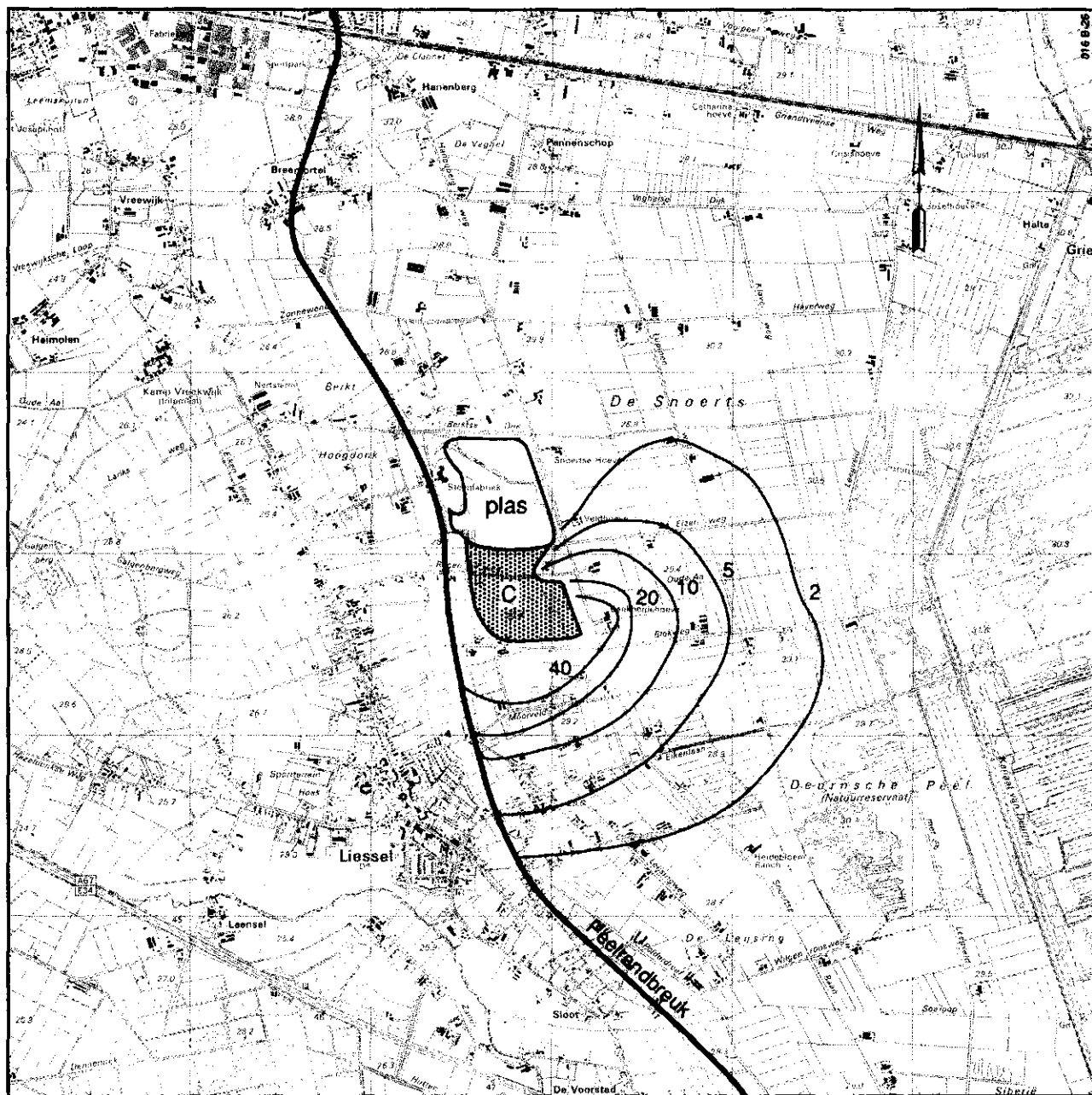
Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 24 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, 15 april 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 25 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, 15 september 1982).



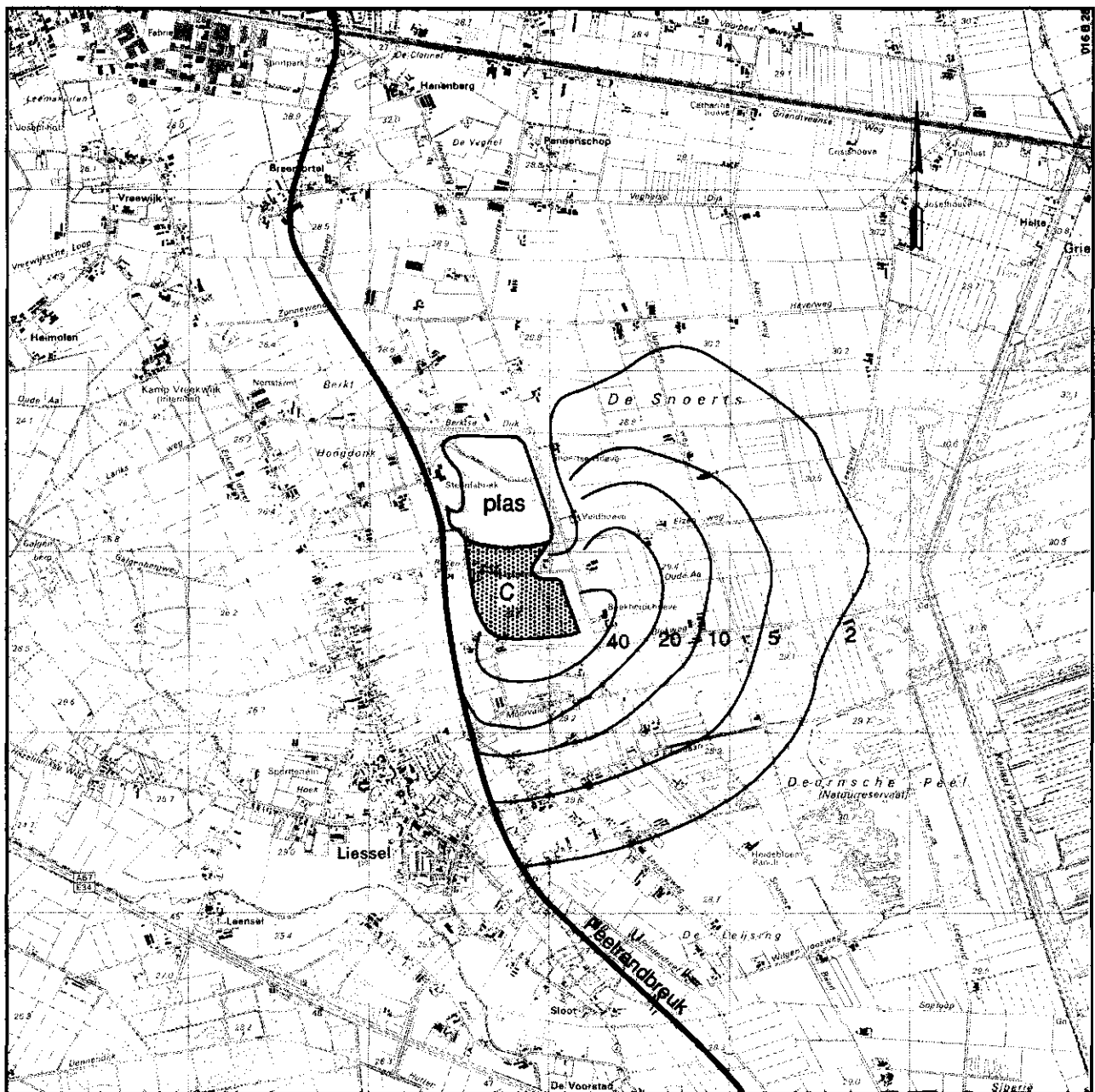
Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 26 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, 15 september 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 27 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD: 750 \text{ m}^2/\text{d}$, 15 april 1982).



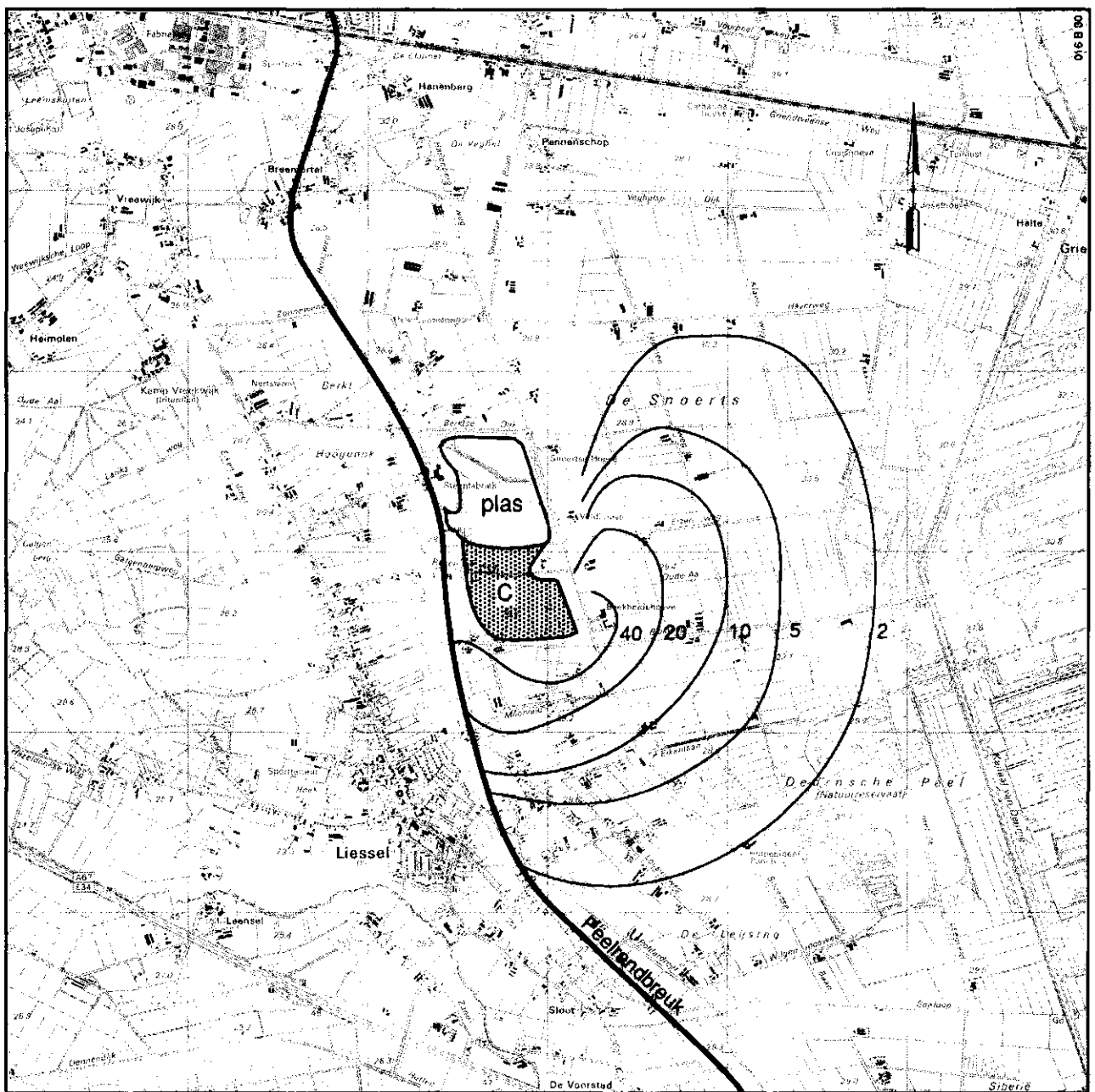
Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 28 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, KD: 750 m²/d, 15 april 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 29 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, kD : $750 \text{ m}^2/\text{d}$, 15 september 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 30 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, kD: 750 m²/d, 15 september 1982).



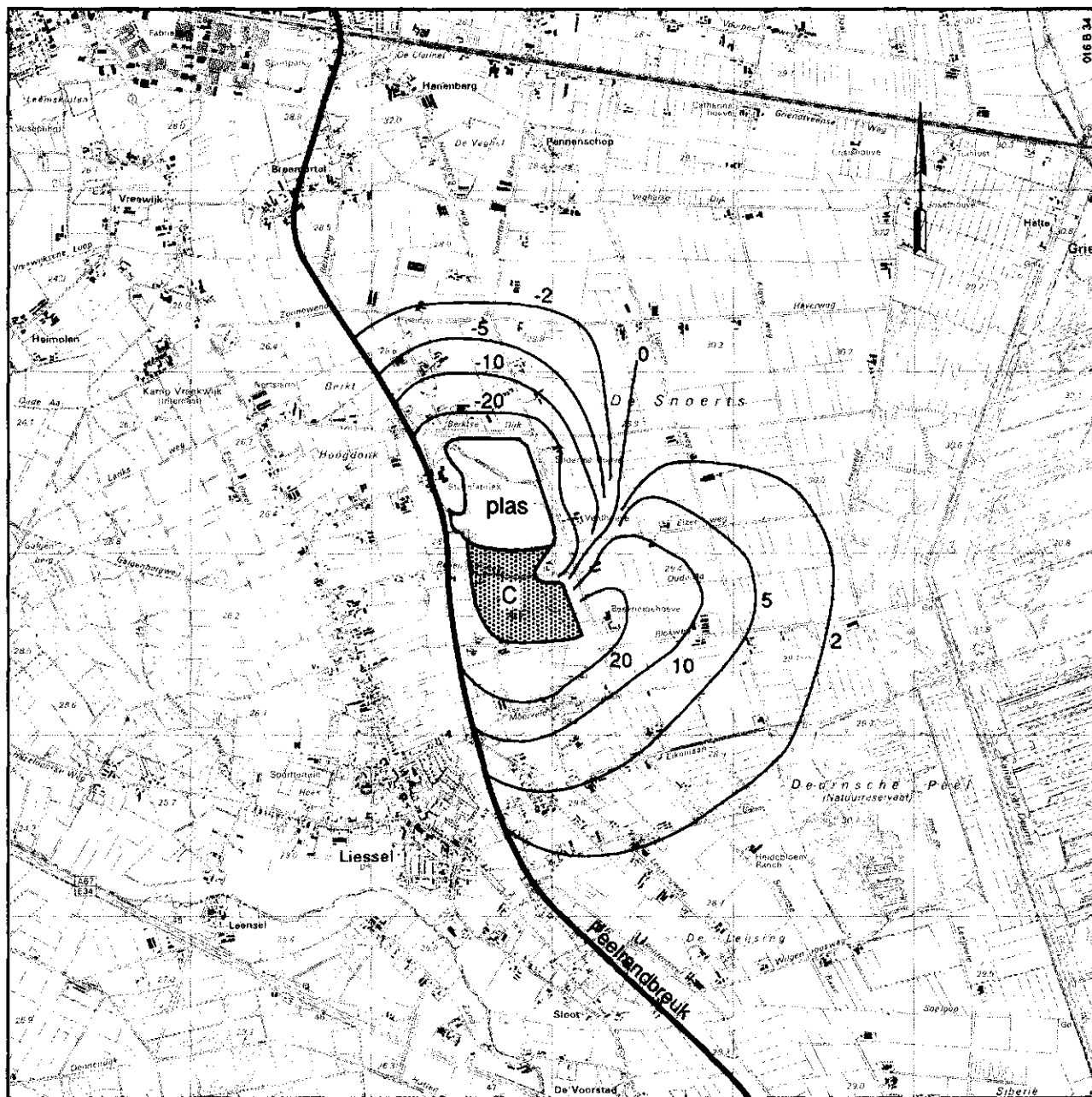
Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 31 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, $kD: 750 \text{ m}^2/\text{d}$, peil: 27.75, 15 april 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 33 Berekende grondwaterstandsverlaging (alternatief C, kD: $750 \text{ m}^2/\text{d}$, peil: 27.75, 15 september 1982).



Top. kaart: Blad 52 C
Schaal 1 : 17 500

Fig. 34 Berekende stijghoogteverlaging (alternatief C, kD: 750 m²/d, peil: 27.75, 15 september 1982).