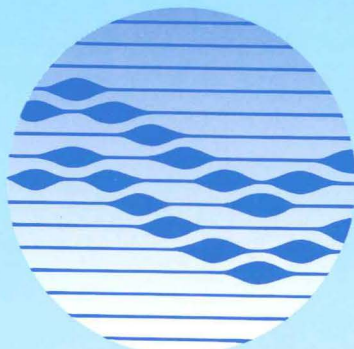


T60 94/44



TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

HYDROGEOLOGISCH ONDERZOEK
NAAR DE GEVOLGEN VOOR
NATUURHERSTEL IN DE
"LEIEMEERSEN", TE OOSTKAMP,
VAN DE AANWEZIGHEID
VAN EEN OUD HUISVUILSTORT

OPDRACHTGEVER

MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP
Departement Leefmilieu & Infrastructuur
Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
AFDELING NATUUR



AMINAL

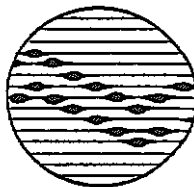




UNIVERSITEIT GENT

Laboratorium
voor
Toegepaste Geologie
en
Hydrogeologie

HYDROGEOLOGISCH ONDERZOEK
NAAR DE GEVOLGEN VOOR
NATUURHERSTEL IN DE
"LEIEMEERSEN", TE OOSTKAMP,
VAN DE AANWEZIGHEID VAN
EEN OUD HUISVUILSTORT



Geologisch Instituut
Krijgsiaan 281, S8
B-9000 Gent

tel. 09/264 46 47
fax 09/264 49 88

Opdrachtgever

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
Departement Leefmilieu & Infrastructuur
Administratie Milieu-, Natuur-,
Land- en Waterbeheer
Afdeling Natuur

Leidende ambtenaar: ir. J.-L. HERRIER

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK
Studie en verslag : Lic. K. MARTENS
Prof. Dr. K.
WALRAEVENS
Lic. M. VAN CAMP

Onderzoeksnummer : TGO 94/44

Datum : juli 1995

INHOUD

LIJST MET FIGUREN LIJST MET TABELLEN LIJST MET BIJLAGEN

1.	INLEIDING	1
2.	GERAADPLEEGDE DOCUMENTEN	2
3.	SITUERING	2
4.	LUCHTFOTO-INTERPRETATIE	4
4.1.	Beschikbare luchtfoto's	4
4.2.	Interpretatie	4
4.2.1.	Toestand op 23 augustus 1952	4
4.2.2.	Toestand op 20 september 1966	4
4.2.3.	Toestand op 17 september 1979	4
4.2.4.	Toestand op 25 oktober 1985	5
4.2.5.	Toestand op 31 augustus 1991	5
4.3.	Besluit	5
5.	TERREINWERKZAAMHEDEN	11
6.	BOORGATMETINGEN	13
7.	KENMERKEN VAN DE BODEM EN DE ONDERGROND	14
7.1.	Bodem	14
7.2.	Ondergrond	14
8.	GRONDWATERSTROMING EN STIJGHOOGTEMETINGEN	20
9.	GRONDWATERKWALITEIT	31
9.1.	Monstername en analyse	31
9.2.	Bespreking van de resultaten	31
9.2.1.	Grondwatertype	31
9.2.1.1.	Hoofdtype	31
9.2.1.2.	Hardheidscode	32
9.2.1.3.	Type	32
9.2.1.4.	Kationenuitwisselingscode	33
9.2.2.	Grondwaterkwaliteit in de ondiepe peilputten (bovenste deel laag B)	35
9.2.2.1.	Vaststellingen	36
9.2.2.2.	Bespreking	36
9.2.3.	Grondwaterkwaliteit in de ondiepe peilputten (onderste deel laag B)	37
9.2.3.1.	Vaststellingen	38
9.2.3.2.	Bespreking	38
9.2.4.	Grondwaterkwaliteit in de diepe peilputten (laag A)	39
9.2.4.1.	Vaststellingen	40
9.2.4.2.	Bespreking	40
9.2.5.	Grondwaterkwaliteit in het Lid van Egem	41
9.2.5.1.	Vaststellingen	42
9.2.5.2.	Bespreking	42
9.3.	Besluit	42

10. MATHEMATISCH MODEL	43
10.1. Inleiding	43
10.2. Aangewend mathematisch model	43
10.3. Ligging, begrenzing en opbouw van het modelnetwerk	43
10.4. Ingevoerde gegevens	43
10.5. Calibratie van het model	44
10.6. Resultaten van het stromingsmodel MODFLOW	45
10.7. Resultaten van het transportmodel MT3D	46
11. VERGUNDE GRONDWATERWINNINGEN	75
12. BESLUIT	78
BIBLIOGRAFIE	81

FIGUREN

- Figuur 3.1. Ligging van het studiegebied met de verschillende peilbuizen**
- Figuur 3.2. Reliëf en hydrografie van het gebied**
- Figuur 4.1. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 23 augustus 1952**
- Figuur 4.2. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 20 september 1966**
- Figuur 4.3. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 17 september 1979**
- Figuur 4.4. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 25 oktober 1985**
- Figuur 4.5. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 31 augustus 1991**
- Figuur 7.1. Vereenvoudigde bodemkaart van het gebied (toestand in 1960)**
- Figuur 7.2. Lithostratigrafische opbouw in SB1**
- Figuur 7.3. Lithostratigrafische opbouw in SB2**
- Figuur 7.4. Hydrogeologische structuur van het ondiepe reservoir**
- Figuur 8.1. Ligging van de meetpunten voor de grondwaterstroming**
- Figuur 8.2. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB1**
- Figuur 8.3. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB2**
- Figuur 8.4. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB3**
- Figuur 8.5. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB4 en SB6**
- Figuur 8.6. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB5**
- Figuur 8.7. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen in het Lid van Egem**
- Figuur 8.8. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen rond het stort**
- Figuur 9.1. Onderverdeling in watertypen**
- Figuur 10.1. Ligging en begrenzing van het modelgebied**
- Figuur 10.2. Ingevoerde randvoorwaarden**
- Figuur 10.3. Berekende stijghoogten van de watertafel**
- Figuur 10.4. Berekende stijghoogten nabij de top van het Lid van Vlierzele**
- Figuur 10.5. Berekende stijghoogten nabij de basis van het Lid van Vlierzele**
- Figuur 10.6. Berekende stijghoogteverschil tussen de top en de basis van het Lid van Vlierzele**
- Figuur 10.7. Berekende verlaging van de watertafel t.g.v. de afgraving van de ophoging**
- Figuur 10.8. Berekende verlaging nabij de top van het Lid van Vlierzele t.g.v. de afgraving van de ophoging**
- Figuur 10.9. Berekende concentraties na 5 jaar in laag 1**
- Figuur 10.10. Berekende concentraties na 5 jaar in laag 2**
- Figuur 10.11. Berekende concentraties na 5 jaar in laag 3**
- Figuur 10.12. Berekende concentraties na 10 jaar in laag 1**
- Figuur 10.13. Berekende concentraties na 10 jaar in laag 2**
- Figuur 10.14. Berekende concentraties na 10 jaar in laag 3**
- Figuur 10.15. Berekende concentraties na 10 jaar in laag 4**
- Figuur 10.16. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 1**
- Figuur 10.17. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 2**
- Figuur 10.18. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 3**
- Figuur 10.19. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 4**
- Figuur 10.20. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 5**
- Figuur 10.21. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 1**
- Figuur 10.22. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 2**
- Figuur 10.23. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 3**
- Figuur 10.24. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 4**

- Figuur 10.25.** Berekende concentraties na 30 jaar in laag 5
Figuur 10.26. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 6
Figuur 10.27. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 7
Figuur 11.1. Ligging van de grondwaterwinningsputten (archief AMINAL)

TABELLEN

- Tabel 4.1.** Gegevens in verband met de geraadpleegde luchtfoto's
Tabel 5.1. Lambertcoördinaten van de peilbuizen
Tabel 5.2. Filterdiepten en meetpunten van de gebruikte peilbuizen
Tabel 8.1. Grondwaterpeilen (periode 20 maart 1995 tot 20 juni 1995)
Tabel 9.1. Bepaling van het eerste symbool in de classificatiennaam van een watertype, steunend op het chloridegehalte.
Tabel 9.2. Bepaling van het tweede symbool in de classificatiennaam van een watertype, steunend op de totale hardheid
Tabel 9.3. Bepaling van de kationenuitwisselingscode
Tabel 9.4. Grondwatertypen
Tabel 9.5. Analyseresultaten van het grondwater in de ondiepe peilputten (bovenste deel laag B)
Tabel 9.6. Analyseresultaten van het grondwater in de ondiepe peilputten (onderste deel laag B)
Tabel 9.7. Analyseresultaten van het grondwater in de diepe peilputten (laag A)
Tabel 9.8. Analyseresultaten van het grondwater in het Lid van Egem
Tabel 11.1. Kenmerken van de grondwaterwinningsputten (archief AMINAL)

BIJLAGEN

- Bijlage 1.** Boorstaten
Bijlage 2. Boorgatmetingen

1. INLEIDING

Met haar schrijven van 12 december 1994 gaf het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting (AMINAL) het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie (LTGH) van de Universiteit Gent opdracht een hydrogeologische studie uit te werken in "de Leiemeersen" te Oostkamp.

Het doel van de onderhavige studie is een inzicht te verkrijgen in de grondwaterstroming in de directe omgeving van het huisvuilstort gesitueerd binnen "de Leiemeersen" en de invloed van dit huisvuilstort op de grondwaterkwaliteit van het natuurreserveaat.

Onderhavig verslag bevat de volgende punten:

- geraadpleegde documenten
- situering
- luchtfoto-interpretatie
- terreinwerkzaamheden
- boorgatmetingen
- kenmerken van de bodem en de ondergrond
- grondwaterstroming
- grondwaterkwaliteit
- mathematische modellering
- besluit

2. GERAADPLEEGDE DOCUMENTEN

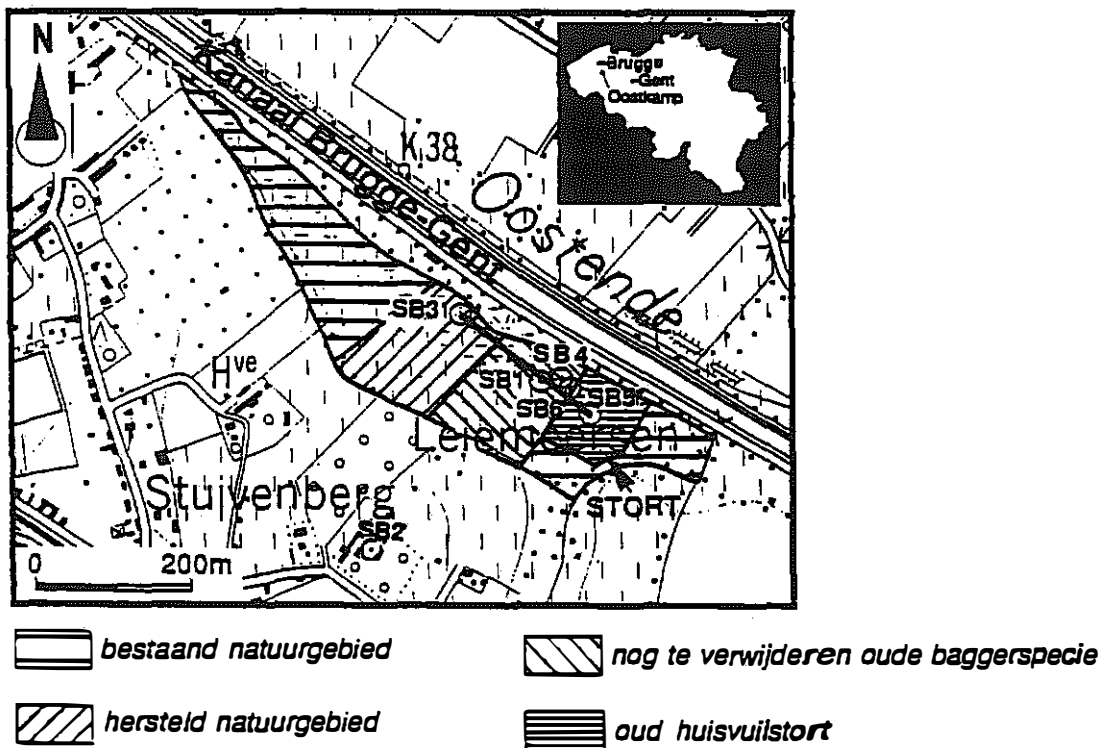
De geraadpleegde documenten zijn afkomstig van:

- AMINAL gegevens in verband met vergunde grondwaterwinningen;
- het Nationaal Geografisch Instituut: Topografische kaarten (kaartblad 13/5 op schaal 1/20000) en luchtfoto's;
- de bodemkaart van België, kaartblad 38W-LOPPEM
- archieven van de Belgische Geologische Dienst: boorbeschrijvingen

3. SITUERING, RELIËF EN HYDROGRAFIE

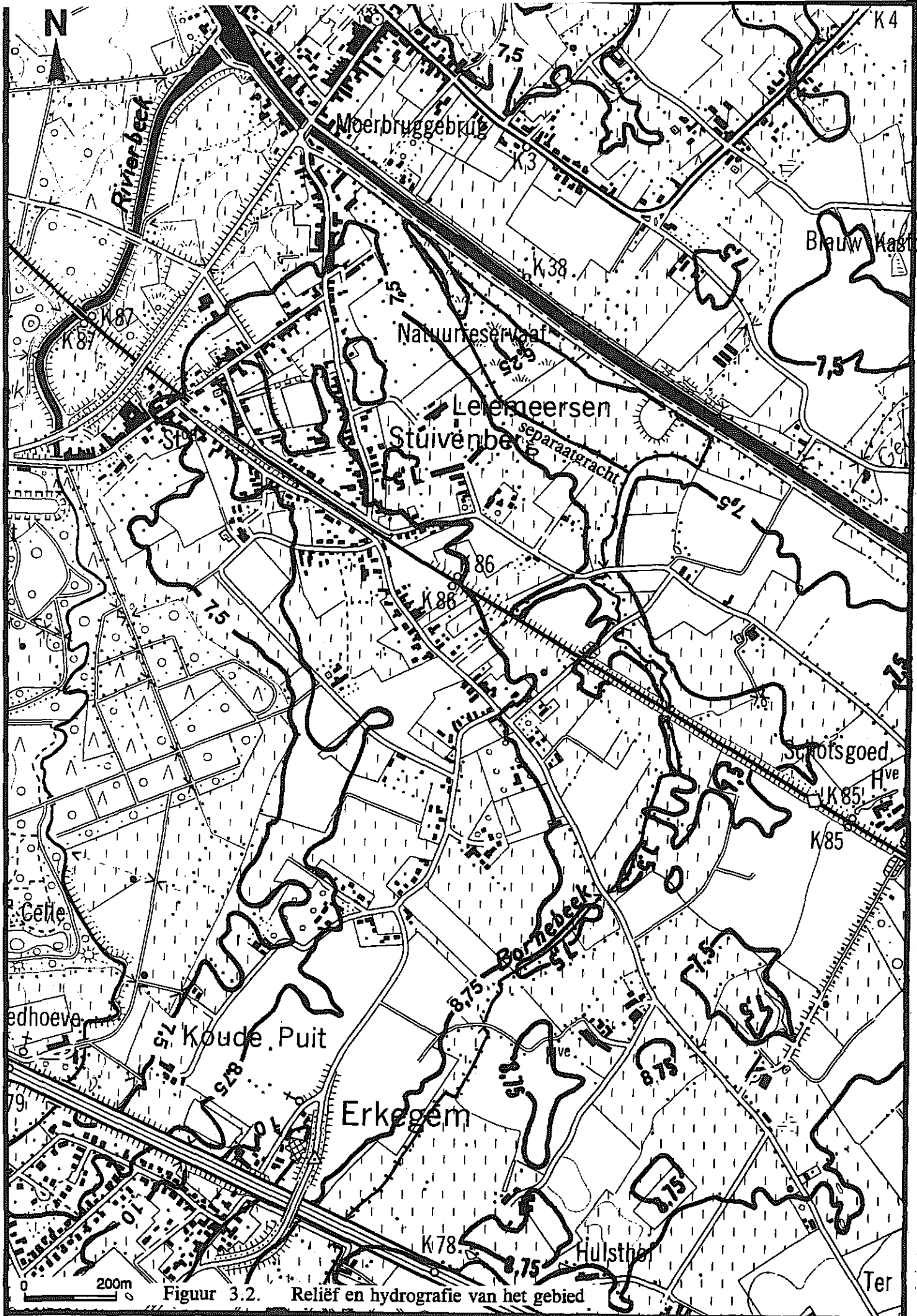
De Leiemeersen strekken zich uit langs de zuidelijke oever van het kanaal Brugge-Gent, volgens een NW-SE gerichte, vrij smalle, langgerekte strook (Fig. 3.1.). Het oud huisvuilstort bevindt zich in het meest zuidoostelijke gedeelte.

Op de regionale schaal stijgt de topografie in zuidelijke richting vanaf het kanaal Gent-Brugge. Ten zuiden van de autosnelweg E40 worden de toppen van 20* m T.A.W. bereikt. Uitgaande van de Leiemeersen (< 6 m) stijgt de hoogte op korte afstand naar het zuidwesten in de richting van "Stuivenberg" (> 9 m). Vanaf "Stuivenberg" neemt de hoogte zowel af in noordwestelijke richting naar de Rivierbeek toe, als in zuidoostelijke richting naar de Bornebeek toe. Beide waterlopen verlopen parallel en zuid-noord gericht, zodat ook de ertussen gelegen smalle kam dezelfde richting volgt. Ter hoogte van de autosnelweg E40 bereikt deze kam + 10 m.



Figuur 3.1. Ligging van het studiegebied met de verschillende peilbuizen

* Alle peilen zijn aangegeven in m t.o.v. het nulpunt van de Tweede Algemene Waterpassing (T.A.W.) van het N.G.I., dat overeenkomt met laag laag water (laag springtij).



Figuur 3.2. Reliëf en hydrografie van het gebied

4. LUCHTFOTO-INTERPRETATIE

4.1. Beschikbare luchtfoto's

De evolutie van het stortterrein en het natuurreservaat werd gereconstrueerd aan de hand van luchtfoto's. In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de geraadpleegde luchtfoto's. Alle foto's zijn zwart-wit.

Tabel 4.1. Gegevens in verband met de geraadpleegde luchtfoto's

Herkomst	Vluchtdatum	Approximatieve schaal	Fotonummers
NGI	23/08/1952	1/20.000	13/136 en 13/137
NGI	20/09/1966	1/22.000	13-1406 en 13-1407
NGI	17/09/1979	1/21.000	1404 en 1405
NGI	25/10/1985	1/21.000	1408 en 1409
NGI	31/08/1991	1/20.000	1423 en 1424

4.2. Interpretatie

4.2.1. Toestand op 23 augustus 1952

Er zijn geen sporen van stortactiviteiten waar te nemen. Het natuurlijk landschap is ongestoord (Fig. 4.1). De perceelbegrenzingsen zijn duidelijk waar te nemen.

4.2.2. Toestand op 20 september 1966

In vergelijking met de vorige opname is er geen verandering op te merken. De perceelbegrenzing is duidelijk afgelijnd. Overall komt schrale begroeiing voor. Alles is gehooïd. Er is geen ophoging te bespeuren. Er is geen enkele stortactiviteit merkbaar. Ter hoogte van het huidige stort is een landweggetje waar te nemen.

4.2.3. Toestand op 17 september 1979

In het gebied zijn twee stortterreinen (terreinen 1 en 2) duidelijk af te bakenen (Fig. 4.3). Door een onnatuurlijke topografie (opgehoogd) kunnen deze zones onderscheiden worden. Aan beide zijden van stort 1 is een grachtje zichtbaar. Het grachtje ten westen van stort 1 staat in verbinding met de separaatgracht en mondt uit in de Bornebeek. Ten westen van stort 1 komt baggerspecie voor. De verschillende tonaliteiten op de

luchtfoto's zijn te wijten aan de vochtigheid van de baggerspecie. De reliëfsovergang naar het reservaat is duidelijk merkbaar. De aanwezigheid van een dijk tussen het natuurgebied en de baggerspecie is af te leiden uit de luchtfoto's.

4.2.4. Toestand op 25 oktober 1985

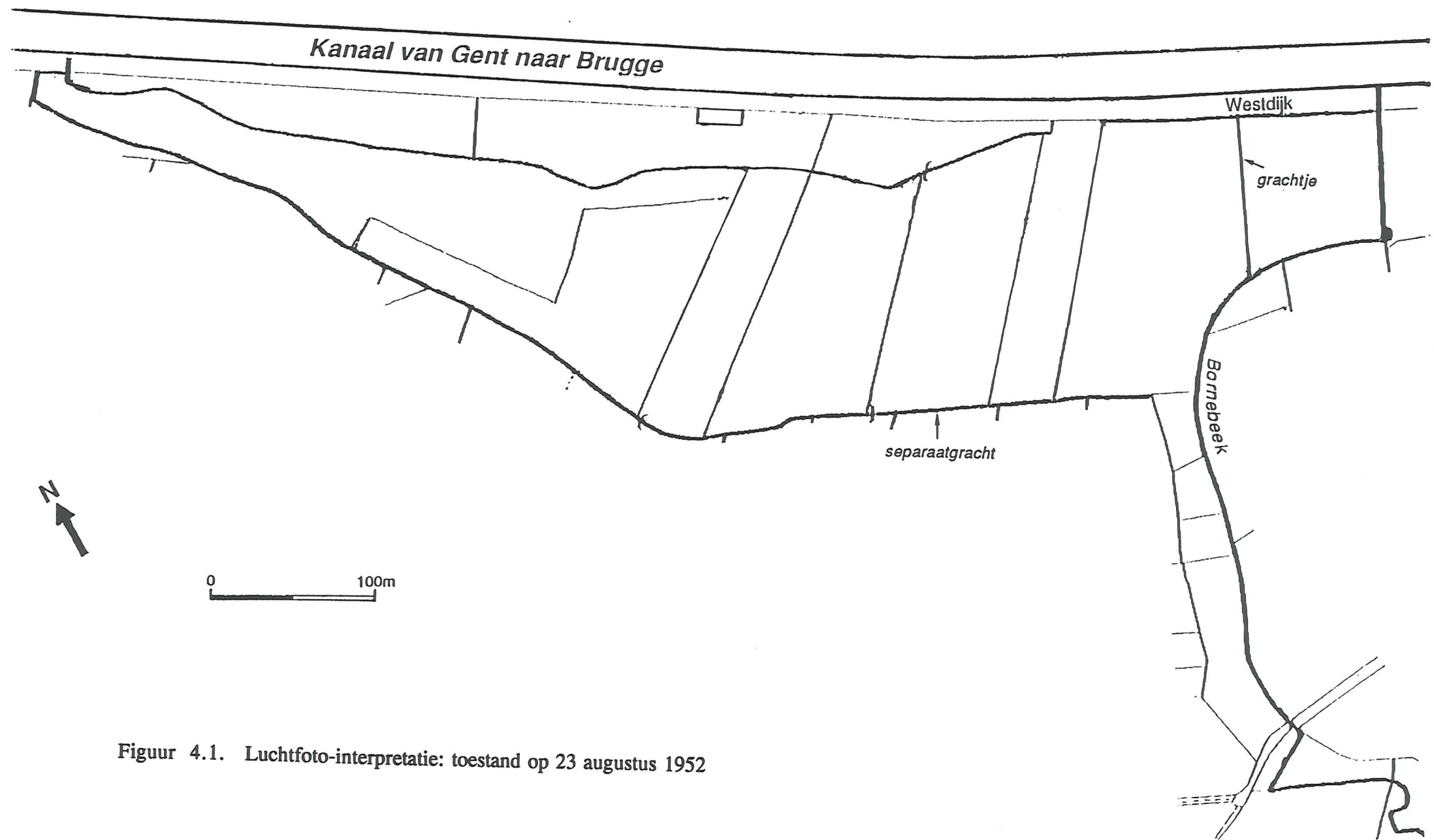
Het grote stort (stort 1) is naar het zuiden uitgebreid en komt tot aan de Bornebeek. Stort 1 en stort 2 worden bedekt door struiken. Op de percelen waar baggerspecie werd gestort, groeit gras.

4.2.5. Toestand op 31 augustus 1991

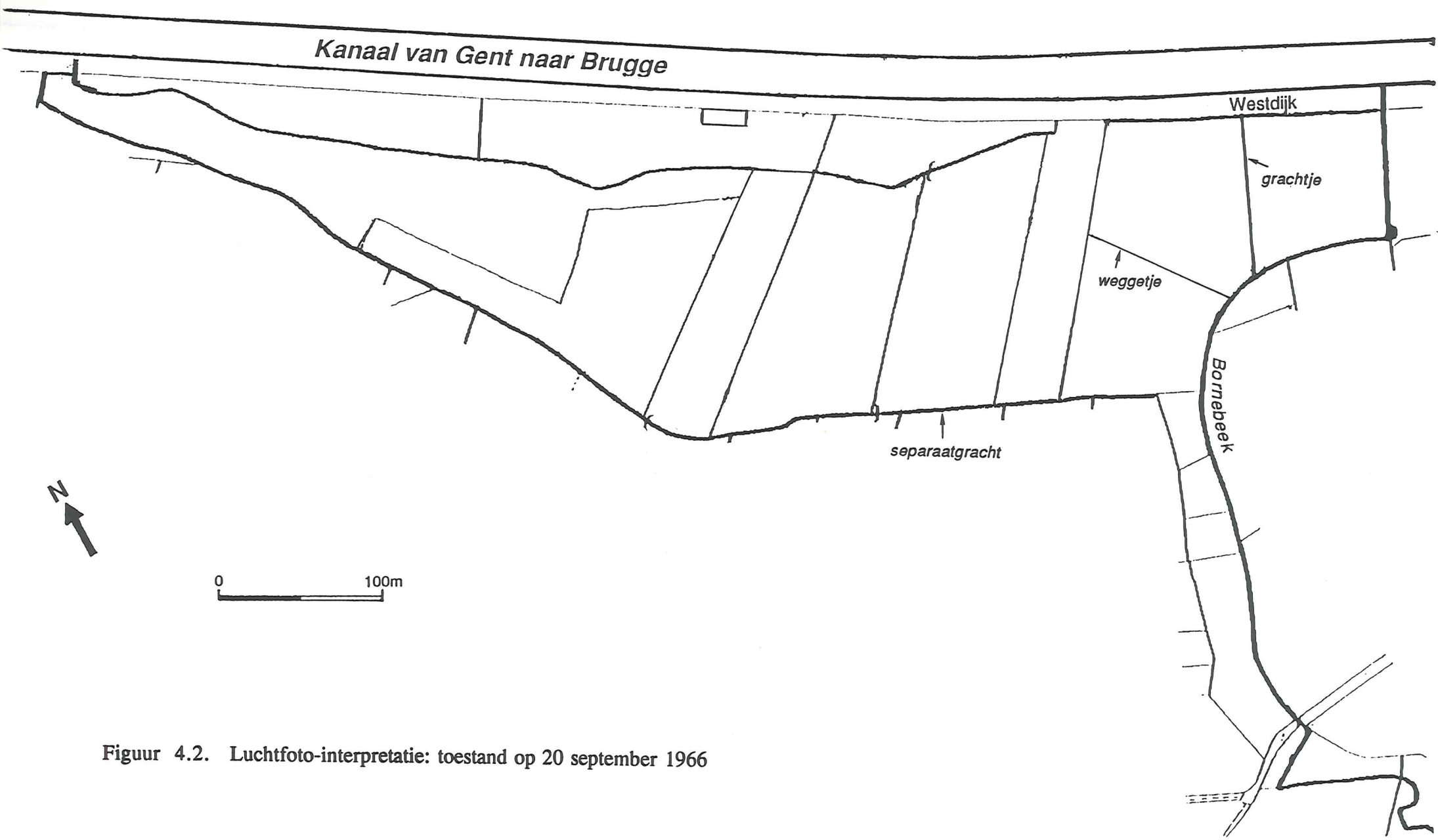
Het zuidelijk deel van het grote stort is beter afgetekend in de topografie door zijn hogere ligging. De verschillende tonaliteiten in het gebied waar baggerspecie afgezet werd, zijn te wijten aan de vochtigheid van de baggerspecie.

4.3. Besluit

Tot 1966 zijn geen sporen van stortactiviteiten waar te nemen. In 1979 kunnen verhoogde terreinen onderscheiden worden. De plaats waar de baggerspecie werd gestort is duidelijk af te lijnen door een verschillende tonaliteit t.o.v. de omliggende weilanden. Het begin van de stortactiviteiten (huisvuil en baggerspecie) dateert van na 1966 en vóór 1979. Tussen 1979 en 1985 is de grootte van het huisvuilstort toegenomen. In 1985 zijn de stortactiviteiten beëindigd, getuige de begroeiing op alle percelen.

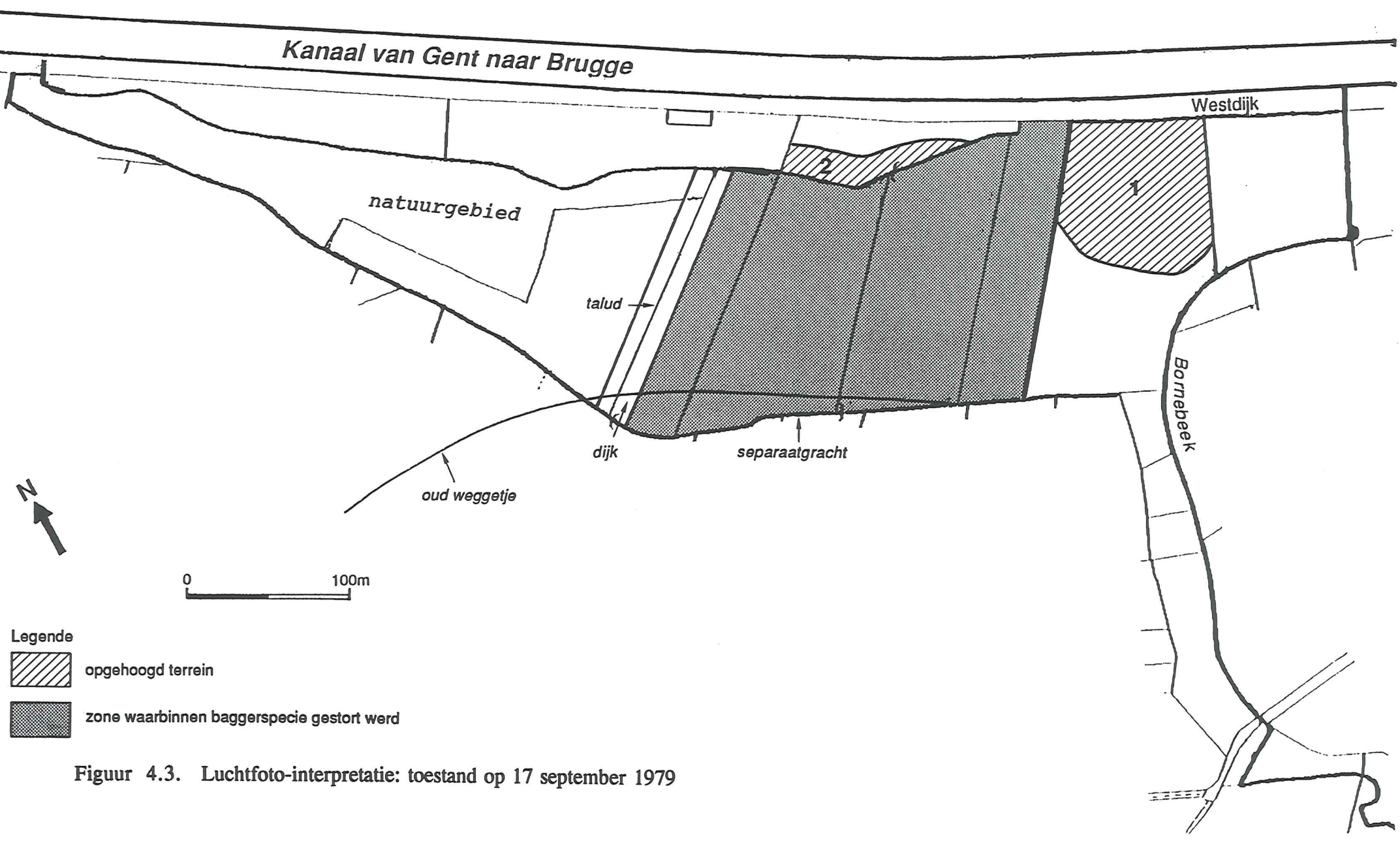


Figuur 4.1. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 23 augustus 1952



Figuur 4.2. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 20 september 1966

Kanaal van Gent naar Brugge



natuurgebied

talud

dijk

separaatgracht

Westdijk

Bornebeek

oud weggetje



Legende

 opgehoogd terrein

 zone waarbinnen baggerspecie gestort werd

Figuur 4.3. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 17 september 1979

R

Kanaal van Gent naar Brugge

natuurgebied

talud

dijk

separaatgracht

gracht

Bornebeek

Westdijk

gracht



Legende



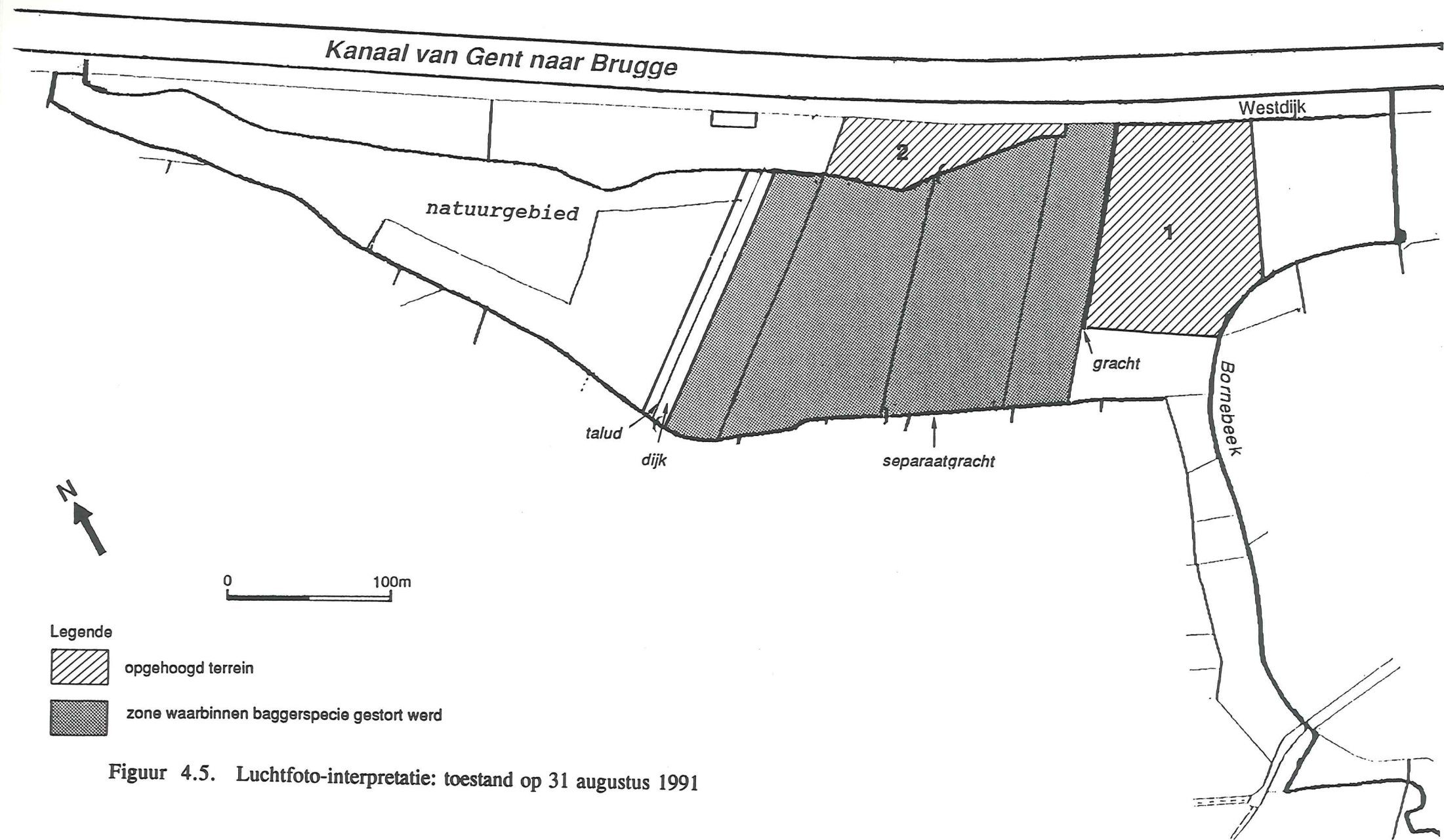
opgehoogd terrein



zone waarbinnen baggerspecie gestort werd

Figuur 4.4. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 25 oktober 1985

R



Figuur 4.5. Luchtfoto-interpretatie: toestand op 31 augustus 1991

5. TERREINWERKZAAMHEDEN

Van 21 februari tot en met 10 maart 1995, en op 26 en 27 april 1995 werden door het L.T.G.H. 17 spoelboringen uitgevoerd op 6 verschillende plaatsen. Er werden meestal per plaats 3 peilbuizen telkens in een afzonderlijk boorgat geplaatst. Ter hoogte van SB1 zijn 4 peilbuizen geplaatst en ter hoogte van SB6 is één peilbuis aangebracht.

De ligging van de verschillende peilbuizen is voorgesteld op figuur 3.1. De coördinaten zijn in tabel 5.1 weergegeven.

Tabel 5.1. Lambertcoördinaten van de peilbuizen

Peilbuis	X-coördinaat (m)	Y-coördinaat (m)
SB1	72 950	205 559
SB2	72 780	205 330
SB3	73 045	205 625
SB4	72 980	205 555
SB5	73 215	205 500
SB6	72 990	205 500

Al de peilbuizen hebben een filterlengte van 1 meter. De plaats van de filterelementen is bepaald door de hydrogeologische opbouw van het grondwaterreservoir (zie hoofdstuk 6). De diameter van de peilbuizen bedraagt meestal 63 mm (40 mm voor de ondiepe filters). De filterelementen werden omstort met gec calibreerd zand (0.7 - 1.25 mm) en afgesloten van de hogere lagen door een dikke kleistop om doorsijpelen van grondwater langsheen het boorgat te vermijden.

Alle peilbuizen evenals het maaiveld en enkele oppervlaktewateren werden aangesloten op het T.A.W.-meetnet. De filterdiepte, het maaiveld en het meetpunt wordt in tabel 5.2. weergegeven.

Tabel 5.2. Filterdiepten en meetpunten van de gebruikte peilbuizen

Boring-nummer	Filter-nummer	Filterdiepte tov MV (m)	MV (m TAW)	Meetpunt (m T.A.W.)
SB1	F1	33,00 tot 34,00	6,896	7,064
	F2	10,50 tot 11,50	6,896	7,079
	F3	5,50 tot 6,50	6,896	7,082
	F4	2,50 tot 3,50	6,896	7,277
SB2	F1	32,00 tot 33,00	8,598	8,339
	F2	11,00 tot 12,00	8,598	8,350
	F3	6,50 tot 7,50	8,598	8,292
SB3	F1	14,00 tot 15,00	6,228	6,383
	F2	5,00 tot 6,00	6,228	6,418
	F3	2,40 tot 3,40	6,228	6,374
SB4	F1	10,70 tot 11,70	6,898	7,045
	F2	6,00 tot 7,00	6,898	7,052
	F3	2,10 tot 3,10	6,898	7,178
SB5	F1	11,50 tot 12,50	8,121	8,308
	F2	7,40 tot 8,40	8,121	8,352
	F3	3,40 tot 4,40	8,121	8,317
SB6	F1	2,00 tot 3,00	5,927	6,148

In de diepe boringen werden manuele resistiviteitsmetingen verricht (LN en SN) om de resistiviteit van het poriënwater te bepalen. Bij SB1 en SB2, die tot 45 m respectievelijk 39 m diepte werd geboord, werden naast de resistiviteit ook de natuurlijke gammastraling, de boorgatdiameter, de spontane potentiaal en de puntweerstand automatisch gemeten. Er werden waterstalen genomen uit al de peilbuizen.

De peilbuizen werden boven het maaiveld afgewerkt, met uitzondering van de peilbuizen van SB2. Deze zijn afgewerkt gelijk met het maaiveld.

De boorstaten zijn weergegeven in bijlage 1. Hierin vindt men naast de lithologie de technische gegevens van boring en peilbuis.

6. BOORGATMETINGEN

Teneinde de lithologie beter te kennen en gegevens aangaande de kwaliteit van het grondwater af te leiden werden geofysische boorgatmetingen uitgevoerd op elke plaats, telkens in het diepste boorgat.

De resistiviteitsmetingen (watertemperatuur ca. 11°C) werden volgens de lange normaal (LN) en de korte normaal (SN) opstelling uitgevoerd en geven informatie over de lithologie en de waterkwaliteit. De sonde werd manueel in het open boorgat neergelaten waarbij om de 25 cm een resistiviteitsmeting werd verricht. De meetresultaten zijn weergegeven in bijlage 2. In hetzelfde boorgat werd na plaatsing van de peilbuizen de natuurlijke gammastraling automatisch gemeten waarmee informatie verkregen wordt aangaande de lithologie.

In de boorputten SB1-F1 en SB2-F1 werden de volgende parameters automatisch gemeten:

- de resistiviteit volgens de lange-normaal opstelling (LN)
- de resistiviteit volgens de korte-normaal opstelling (SN)
- de boorgatdiameter (CAL)
- de natuurlijke gammastraling (GAM)
- de puntweerstand (PW)
- de spontane potentiaal (SP)

De resultaten ervan zijn weergegeven in bijlage 2.

De spontane potentiaal is afhankelijk van de resistiviteit van het formatiewater, de resistiviteit van het spoelwater en het kleigehalte. De natuurlijke gammastraling is vooral afhankelijk van het klei- en glauconietgehalte, terwijl de puntweerstand afhangt van de resistiviteit van het spoelwater, de resistiviteit van de formatie en de resistiviteit van de indringingszone.

De boorgatmetingen werden samen met de boorbeschrijvingen op het terrein, aangewend bij de interpretatie van de geologische en de hydrogeologische opbouw van het reservoir (zie 7.2).

7. KENMERKEN VAN DE BODEM EN DE ONDERGROND

7.1. Bodem

Volgens het blad 38W-Loppem van de bodemkaart van België (AMERIJCKX, 1977, opname verricht in 1959-1960) bestond de bodem ter hoogte van de Leiemeersen oorspronkelijk uit kleigronden en licht-zandleemgronden (Fig. 7.1.). Ter plaatse van het stort en de ophoging met baggerspecie is de toestand thans gewijzigd. Verschillende bodems worden in het studiegebied onderscheiden. Ter hoogte van het huidige stort en de ophoging met baggerspecie traden belangrijke seizoenale schommelingen op van de grondwatertafel. Hierdoor onstonden sterk tot zeer sterk gleyige gronden met reductiehorizonten. In het lager gelegen gebied van het natuurreservaat komt de grondwatertafel ondiep voor en treden geen grote schommelingen op. Gereduceerde gronden op kleilig materiaal zijn hiervan het resultaat.

Langs het kanaal ligt een smalle strook van licht-zandleemgronden die van SE naar NW overgaat van zeer natte naar matig natte licht-zandleemgronden.

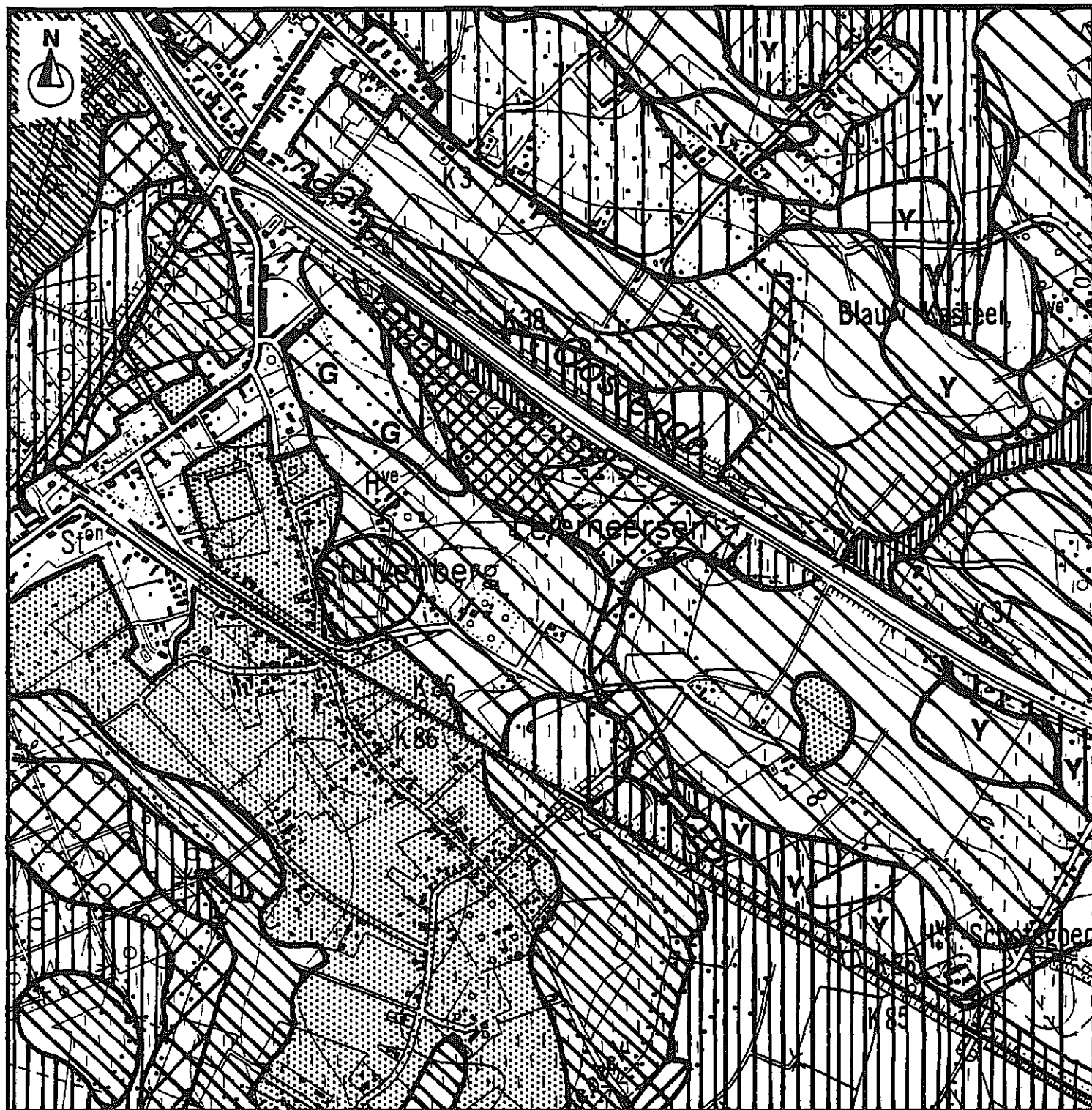
Aan beide zijden van het kanaal is een vernatting van de gronden op te merken naar het kanaal toe. De gronden in de omgeving van het natuurreservaat zijn overwegend lemig-zandgronden. Ten zuidwesten van de Leiemeersen komen ook zandgronden voor.

Gezien de karteringswijze geeft deze kaart slechts informatie over de grond tot op een diepte van ongeveer 1,25 m. De vereenvoudigde bodemkaart van het studiegebied en omgeving is aangegeven in figuur 7.1.

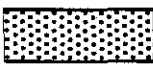








7.2. Ondergrond

De bouw van de ondergrond wordt geïllustreerd aan de hand van een noordwest-zuidoost geologische doorsnede doorheen het natuurreservaat en de stortplaats.

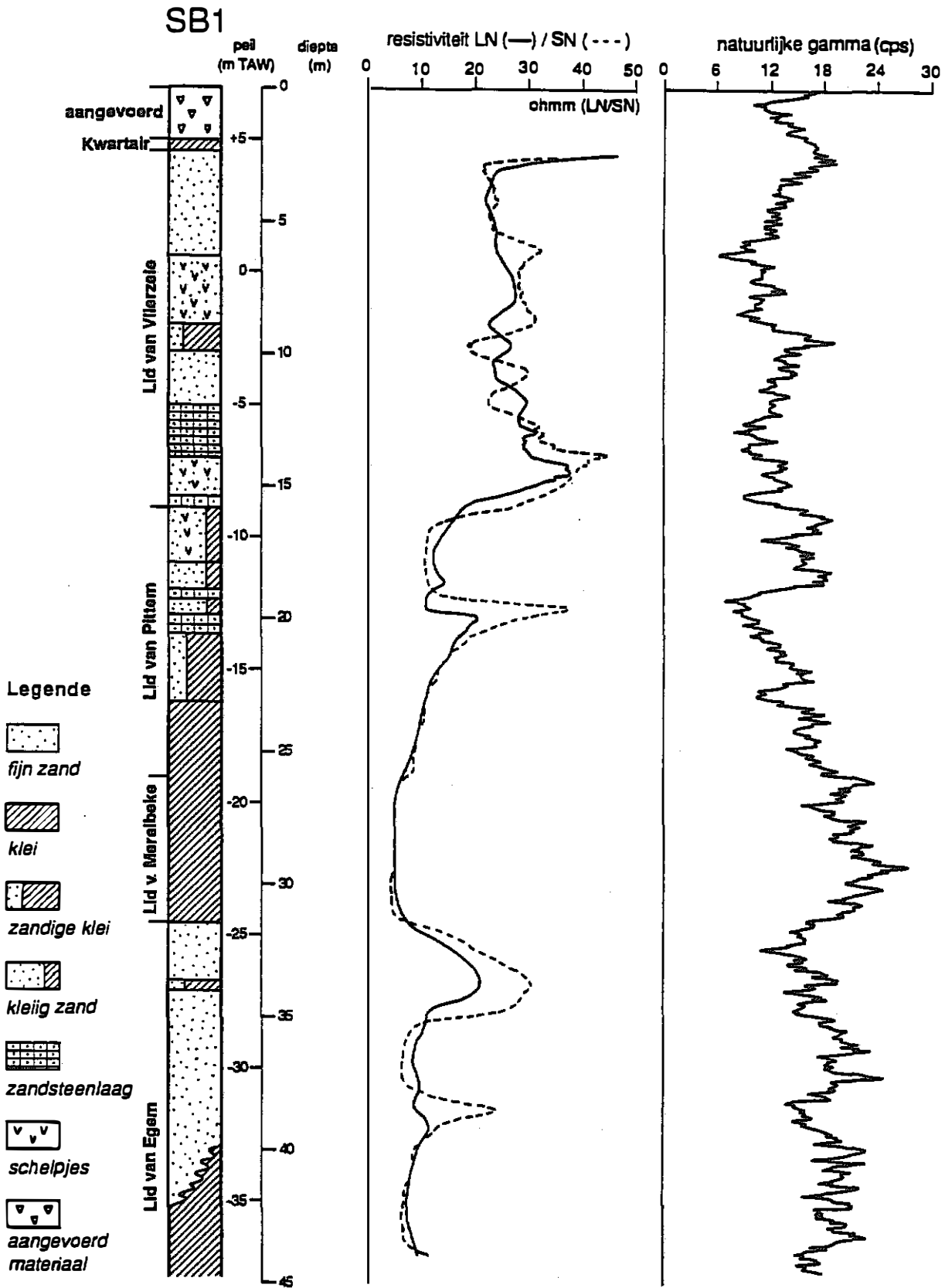
Ter verkenning van de geologische en hydrogeologische context van het gebied werden SB1 en SB2 uitgevoerd als diepe boringen (tot 45 respectievelijk 39 m). De lithologische beschrijving, de meest relevante boorgatmetingen (LN- en SN resistiviteit en natuurlijke gammastraling, in functie van de diepte opgenomen in het boorgat) en de stratigrafische interpretatie zijn weergegeven in de figuren 7.2 en 7.3. Hieruit blijkt dat in SB1 onder de baggerspecie 0,5 m alluviale klei voorkomt. In SB2 is de baggerspecie afwezig, maar bovenop de 2 m dikke alluviale klei is een laag fijn zand afgezet. De alluviale klei bedekt rechtstreeks de tertiaire lagen. Aan de top van het Tertiair komt het Lid van Vlierzele voor, dat overwegend bestaat uit grijsgroen glauconiethoudend zeer fijn tot grof zand waarin samengekit zand terug te vinden is. De dikte bedraagt 13,5 m in SB1 en 11,90 m in SB2. Daaronder komt het Lid van Pittem voor, bestaande uit grijsbruin tot grijs kleilig zand tot zandige klei met zandsteen. Het kleigehalte stijgt met de diepte. De totale dikte bedraagt 10,3 m in SB1 en 9,4 m in SB2. Dan volgt het Lid van Merelbeke, gevormd door zware klei, met een dikte van 5,6 m in SB1 en in SB2. Onderaan komt een laag grijs glauconiethoudend fijn zand voor, waarvan het kleigehalte toeneemt met de diepte. Deze laag is het Lid van Egem. De basis ervan werd niet bereikt.



Legende

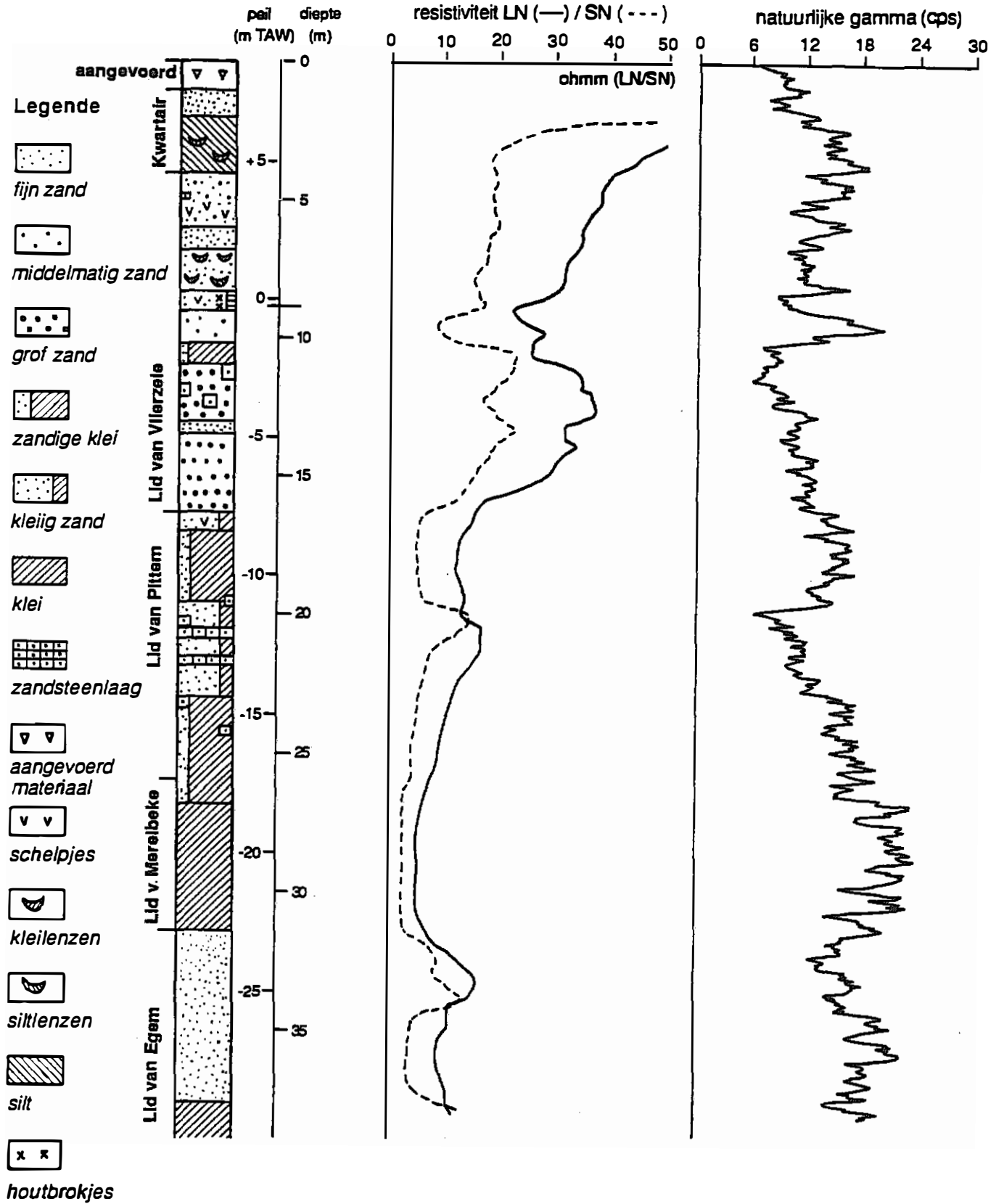
- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | zandgronden |  | natte tot matig natte licht-zandleemgronden |
|  | droge tot matig droge lemig-zandgronden |  | zeer natte licht-zandleemgronden |
|  | natte tot matig natte lemig-zandgronden |  | sterk tot zeer sterk gleyige gronden op kleig materiaal met reductiehorizont |
|  | zeer natte lemig-zandgronden |  | gereduceerde gronden op kleig materiaal |
|  | droge tot matig droge licht-zandleemgronden | G | grijsbruine bovengrond |
| | | Y | met ijzerconcreties |

Figuur 7.1. Vereenvoudigde bodemkaart van het gebied (toestand in 1960)



Figuur 7.2. Lithostratigrafische opbouw in SB1

SB2



Figuur 7.3. Lithostratigrafische opbouw in SB2

Hydrogeologisch vormen het Lid van Vlierzele en het Lid van Egem de watervoerende lagen in deze coupe, terwijl het Lid van Pittem en vooral het Lid van Merelbeke slecht-doorlatende lagen zijn.

Figuur 7.4 is een schematische weergave van het lithologisch profiel opgesteld doorheen het natuurreservaat en het stort. De hydrogeologische structuur tot ongeveer 15 m diepte is gebaseerd op boringen en boorgatmetingen. Langsheen het profiel varieert de topografie van +8,121 tot +5,927. De ophoging van het stort, ter hoogte van SB5, is duidelijk merkbaar in de topografie. Het gaat hier om een 2 m dikke laag huishoudelijk afval met daaronder aangevoerd zand. Deze zandlaag heeft een dikte van ongeveer 0,5 m. Het terrein ter hoogte van SB1 en SB4 is minder hoog opgehoogd. Het aangevoerde materiaal bij SB4 is zandig en deed dienst als een dijk rond de baggerspecie; bij SB1 vormt de baggerspecie zelf het ophogingsmateriaal. De dikte van de baggerspecie bedraagt 2 m en het zandig materiaal is 1,70 m dik. Dit aangevoerd materiaal en huishoudelijk afval krijgt in het profiel de letter C.

Hieronder komt alluviale klei afgewisseld door een veenhoudende zandlaag voor. De dikte van deze slecht doorlatende laag B' bedraagt 2,5 m ter hoogte van SB3 terwijl ze 0,3 m dik is ter hoogte van SB4.

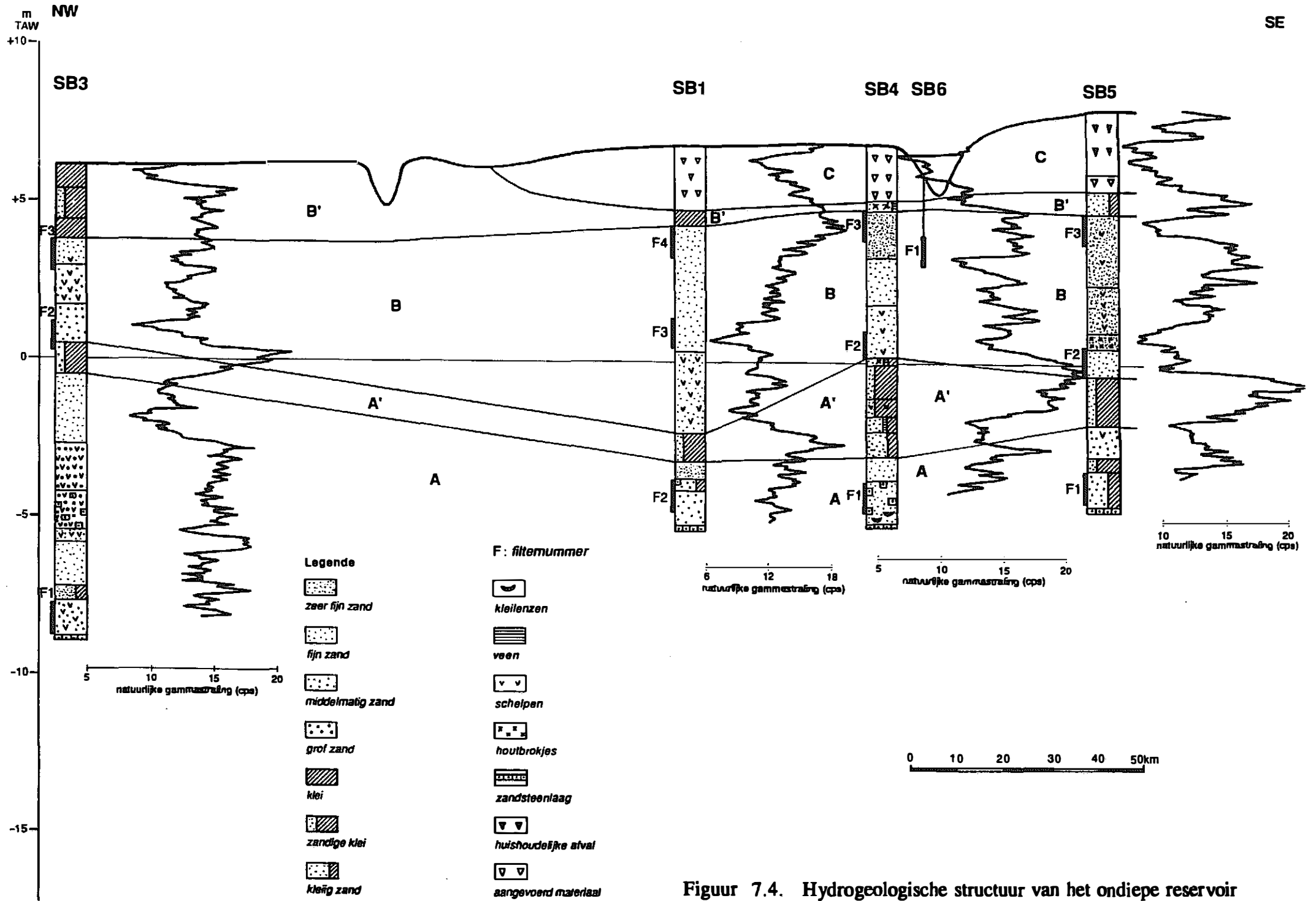
Onder de laag B', komt een eerste natuurlijke doorlatende laag B voor. Ze bestaat uit zeer fijn zand (SB4 en SB5) dat met de diepte overgaat tot fijn zand. Naarmate men zich verder van het stort verwijderd, wordt de korrelgrootte groter. Plaatselijk komt schelpgruis voor. Ter hoogte van het bovenste deel van laag B (SB1) en aan de basis ervan (SB3) is het zand sterk glauconiethoudend terwijl in de overige boringen het glauconietgehalte veel lager is. Laag B heeft een dikte van 7,5 m in SB1 en 3,3 m in SB3.

De doorlatende laag B rust op de slecht-doorlatende laag A' bestaande uit zandige klei waarin veen kan voorkomen (SB4). In SB3 ligt de top van laag A' op 5,8 m diepte en in SB1 op 9,2 m diepte. De dikte van laag B is gemiddeld 5 m.

Onder dit kleilig pakket ligt een fijn tot grof glauconiethoudend zand waarin samengekit zand of zandsteen en schelpgruis kunnen voorkomen (doorlatende laag A). Ter hoogte van SB1, SB3 en SB5 werd zeer fijn zand of kleilig zand aangeboord. De korrelgrootte neemt toe met toenemende afstand tot het stort. De boringen tot in laag A werden telkens gestopt ter hoogte van zandstenen. De laag wordt onderaan gebremsd door het slecht doorlatende Lid van Pittem. De dikte van laag A bedraagt in SB1 16,2 m.

Het grondwaterreservoir in de onderzochte doorsnede bestaat uit twee slecht-doorlatende lagen en drie doorlatende lagen waarvan de bovenste een antropogene oorsprong heeft. Opvallend is dat, voor de beide onderste doorlatende lagen A en B, de korrelgrootte afneemt in de richting van het stort: ter hoogte van SB3 zijn de lagen middelmatig tot grof zandig, terwijl ze ter hoogte van het stort (SB5) fijn zandig of kleihoudend zijn. Ook de onderste slecht-doorlatende laag A' is belangrijker in de omgeving van de stortplaats.

De filters werden in middelmatig tot grof zand geplaatst, met uitzondering van SB4-F3, SB5-F3 en SB6-F1.



Figuur 7.4. Hydrogeologische structuur van het ondiepe reservoir

8. GRONDWATERSTROMING EN STIJGHOOGTEMETINGEN

De meting van de stijghoogte in de peilbuizen laat toe de grondwaterstroming af te leiden. Reeds vanaf het moment van plaatsing van de peilbuizen tot en met 20 juni 1995 werden de peilmetingen uitgevoerd in elke piëzometer. Aldus werden negen peilronden verricht, met een tussenperiode van telkens ca. twee weken. Vanaf 10 mei 1995 werd het peil van het oppervlaktewater mee opgenomen. Alle gemeten waarden werden omgerekend naar stijghoogten. De resultaten van alle metingen zijn aangegeven tabel 8.1. De ligging van de meetpunten is in figuur 8.1 weergegeven.

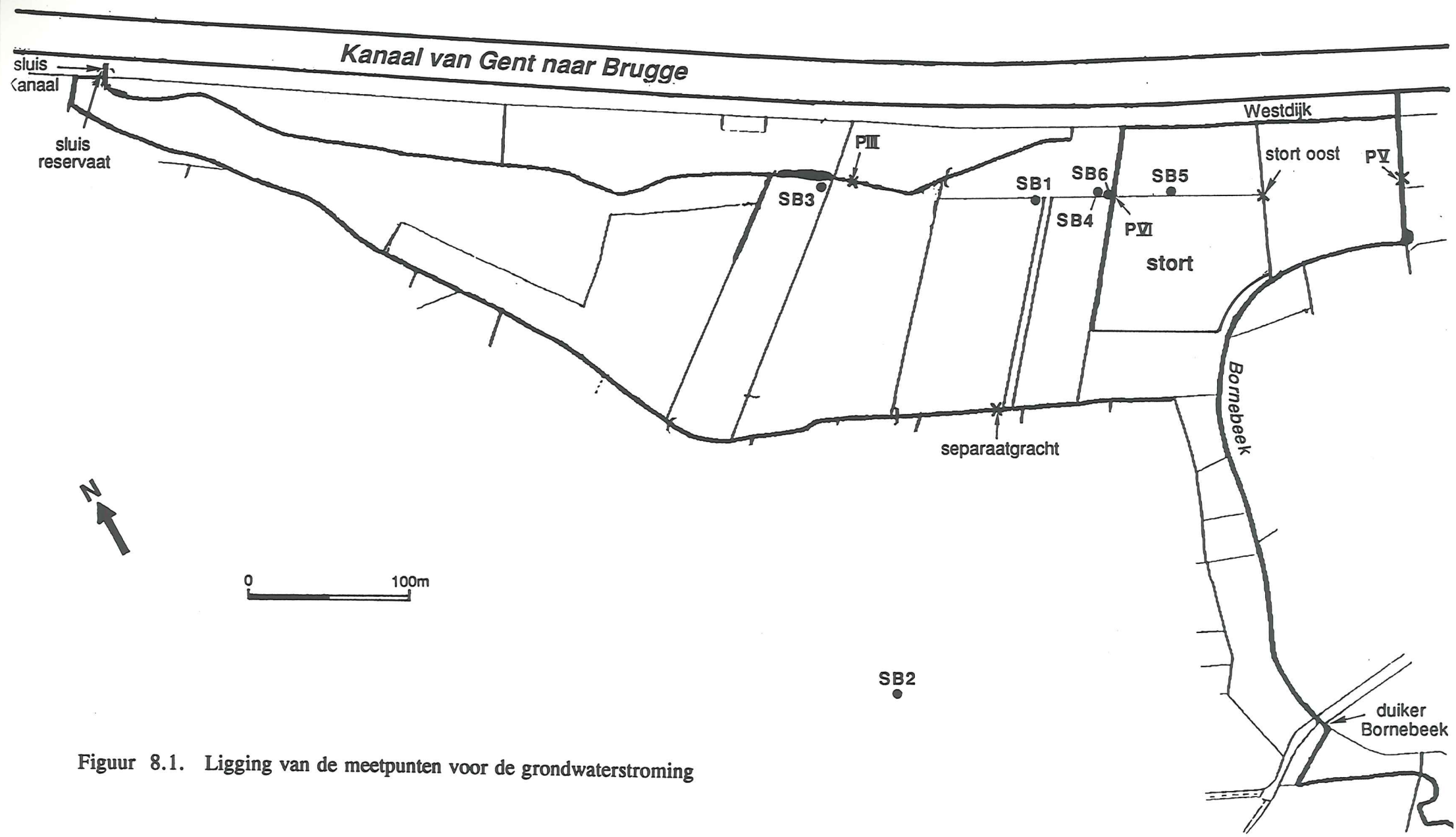
De stijghoogtegegevens zijn verwerkt tot tijd-stijghoogtegrafieken. Deze geven de evolutie van de stijghoogten in functie van de tijd weer (Fig. 8.2 tot 8.9). Per grafiek zijn de verschillende filters van eenzelfde lokatie voorgesteld, zodat ook de stijghoogteverschillen tussen de filters op verschillende diepten gemakkelijk kunnen afgelezen worden. De filters in het Lid van Egem zijn apart op één figuur voorgesteld (Fig. 8.7), aangezien de stijghoogten in deze laag sterk verschillen van de peilen in de ondiepe filters. De abnormaal lage meetwaarde van -9.234 op 29 maart 1995 in SB2-F1 werd gecorrigeerd tot -8.234, aangezien hier mogelijk een afleesfout van 1 m is gemaakt. De metingen van peilbuis SB6 zijn samen met SB4 voorgesteld. Deze filters liggen dicht bij elkaar.

Uit de verwerking en voorstelling van de stijghoogtegegevens kunnen volgende conclusies getrokken worden:

1. De stroming in het Lid van Vlierzele is van zuid naar noord, naar het kanaal gericht. De stijghoogten in SB2 zijn ongeveer 1 m hoger dan in de noordelijk gelegen peilbuizen (SB1, SB3, SB4, SB5 en SB6).

2. De stijghoogten in het Lid van Egem zijn zeer laag: gemiddeld -7.429 in SB1-F1 en -7.931 in SB2-F1. (Fig. 8.7). Hier gebeurt de stroming dus van noord naar zuid. Deze lage stijghoogten zorgen voor een doorsijpeling vanuit het Lid van Vlierzele, doorheen het Lid van Pittem en de Klei van Merelbeke naar het Lid van Egem toe. Als we de dikte van de Klei van Merelbeke en het onderste kleihoudend deel van het Lid van Pittem op gemiddeld 8 m schatten met een hydraulische weerstand van 5000 dagen per meter dikte (geschatte waarde), dan heeft dit pakket een totale hydraulische weerstand van 40000 dagen. Het gemiddeld peil van de filters in het Lid van Vlierzele bedraagt ongeveer +5.75, de gemiddelde stijghoogte in het Lid van Egem -7.68, zodat het stijghoogteverschil tussen het Lid van Vlierzele en het Lid van Egem 13.43 m bedraagt. De infiltratiesnelheid is dan: $13.43 \text{ m} / 40000 \text{ dagen} = 122.63 \text{ mm/jaar}$. Vergeleken met een nuttige neerslag van 270 mm/jaar betekent dit dat bijna de helft van de neerslag die op het gebied valt doorsijpelt naar de diepere lagen.

3. Alle filters in het Lid van Vlierzele, met uitzondering van SB5-F3, vertonen dezelfde stijghoogteëvolutie: er is in maart, april en mei een bijna continue daling van de peilen merkbaar, gevolgd door een stijging in juni. Deze peilveranderingen zijn te wijten aan wisselingen in neerslaghoeveelheid. De daling van hoogste naar laagste stand is het grootst in SB2-F2 (0.641 m). In de overige peilbuizen is de daling duidelijk kleiner: nog 0.395 m in SB5-F1, 0.381 m in SB4-F1, 0.366 m in SB1-F2 en 0.340 m in SB3-F1. De peilschommelingen worden dus kleiner naar het westen. Het feit dat SB3-F1 de kleinste schommelingen vertoont heeft wellicht te maken met de nabijheid van een gracht.



Figuur 8.1. Ligging van de meetpunten voor de grondwaterstroming

Tabel 8.1. Grondwaterpeilen (periode 20 maart 1995 tot 20 juni 1995)

peilbuis	meetpunt tov m T.A.W.	peilen in m T.A.W.								
		20/03/95	29/03/95	04/11/95	25/04/95	05/02/95	05/10/95	17/05/95	06/01/95	20/06/95
SB1 F1	7.064	-7.736	-7.634	-7.571	-7.264	-7.256	-7.308	-7.314	-7.406	-7.379
SB1 F2	7.079	5.974	6.065	5.867	5.925	5.861	5.766	5.751	5.699	5.831
SB1 F3	7.082	5.977	6.068	5.870	5.922	5.862	5.761	5.746	5.702	5.824
SB1 F4	7.277	geen	geen	geen	geen	5.847	5.751	5.737	5.681	5.818
SB2 F1	8.339	-8.281	-9.234	-8.118	-7.530	geen	-7.532	-7.407	-7.636	-7.714
SB2 F2	8.350	6.960	7.082	6.806	6.818	geen	6.610	6.566	6.441	6.646
SB2 F3	8.292	7.015	geen	6.856	6.909	geen	6.644	6.599	6.465	6.664
SB3 F1	6.383	5.948	6.017	5.843	5.893	5.833	5.736	5.731	5.677	5.807
SB3 F2	6.418	5.808	5.880	5.746	5.780	5.748	5.662	5.673	5.620	5.712
SB3 F3	6.374	geen	geen	geen	geen	5.744	5.670	5.674	5.621	5.715
SB4 F1	7.045	5.985	6.087	5.891	5.939	5.870	5.775	5.756	5.706	5.852
SB4 F2	7.052	5.982	6.080	5.902	5.946	5.874	5.785	5.770	5.710	5.844
SB4 F3	7.178	geen	geen	geen	geen	5.923	5.794	5.748	5.697	5.850
SB5 F1	8.308	5.998	6.104	5.915	5.970	5.891	5.782	5.781	5.709	5.874
SB5 F2	8.352	5.972	6.064	5.900	5.963	5.887	5.794	5.787	5.718	5.865
SB5 F3	8.317	geen	geen	geen	geen	6.032	6.011	5.994	5.936	5.919
SB6 F1	6.190	geen	geen	geen	geen	5.925	5.841	5.832	5.767	5.892
PV in Bornebeek	6.005	geen	geen	geen	geen	geen	5.655	5.654	5.672	5.713
PVI naast SB6	6.327	geen	geen	geen	geen	geen	5.900	5.889	5.854	5.881
PIII naast SB3	6.162	geen	geen	geen	geen	geen	5.659	5.650	5.424	5.689
separaatgracht	6.223	geen	geen	geen	geen	geen	geen	5.800	5.840	geen
sluis kanaal	6.890	geen	geen	geen	geen	geen	geen	5.674	5.702	5.692
sluis reservaat	6.891	geen	geen	geen	geen	geen	geen	5.653	5.630	5.695
duiker Bornebeek	7.221	geen	geen	geen	geen	geen	geen	5.893	5.848	5.931
Stort Oost	6.369	geen	geen	geen	geen	geen	geen	5.747	geen	5.737

4. Het stijghoogteverloop in het Lid van Egem (Fig. 8.7) is totaal verschillend van dat van de ondiepe peilbuizen. Hier is in maart en april een sterk stijgende trend te zien, waarna de peilen vanaf begin mei een lichte daling vertonen. Aangezien de lage stijghoogten in deze laag geen natuurlijke oorzaak hebben, maar te wijten zijn aan waterwinnings, kan het waargenomen stijghoogteverloop vooral door wisselingen van de winningsdebiëten zijn bepaald. Bij lage stijghoogten neemt overigens de gradiënt tussen SB1 en SB2 duidelijk toe. Wellicht wordt er ergens ten zuiden van het studiegebied uit deze laag gepompt.

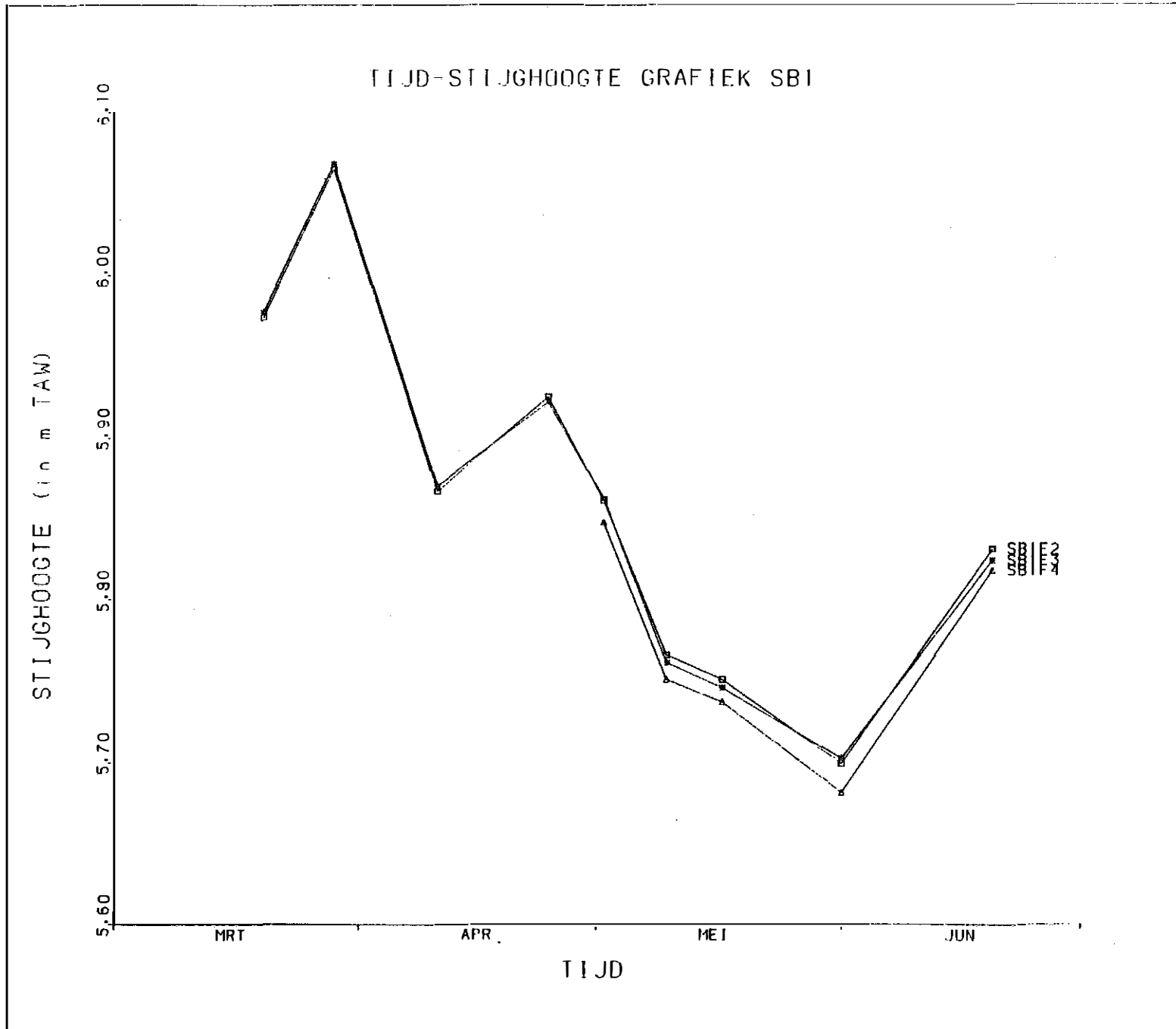
5. De stijghoogteverschillen tussen de filters die onderaan en bovenaan in het Lid van Vlierzele zitten zijn meestal klein. Peilbuis SB5-F3 vormt een uitzondering (zie conclusie 6). In peilbuis SB1 is de stijghoogte in F2 1 tot 2 cm hoger dan in F4. Hier treedt dus een kleine opwaartse stroming op. In SB2 staat de ondiepe filter hoger dan de diepere. Hier treedt dus neerwaartse stroming op. In SB3 komt het grootste stijghoogteverschil voor. De peilen in F1 zijn tot ruim 10 cm hoger dan in F2 en F3. Hier treedt een sterke opwaartse stroming op, veroorzaakt door de nabijheid van een gracht. Het stijghoogteverschil, en dus de opwaartse stroming, is groter bij hogere stijghoogten. De verschillen tussen SB4 F1 en F3 zijn klein. In SB6 is maar één filter aanwezig. Ook in SB5 zijn de verschillen tussen F1 en F2 eerder klein. Bij lage stijghoogten (b.v. in mei) is er een neerwaartse stroming, bij hoge peilen (b.v. in maart en april) is er opwaartse stroming.

6. Het stijghoogteverloop in SB5-F3 (Fig. 8.6), gelegen onder het stort, is totaal afwijkend van de grafieken van de andere filters in het Lid van Vlierzele. Deze peilbuis is echter niet de hele periode opgemeten. Niet alleen bevindt het peil in filter F3 zich 20 tot 30 cm boven dat van F2 en F3, maar de typische stijging in juni wordt hier niet waargenomen. Het verloop kent een continue, zwakke daling van het peil. Misschien heeft deze filter een slecht hydraulisch contact met het reservoir, hoewel er uit deze peilbuis een watermonster genomen werd, waarbij echter geen continue toestroming van grondwater kon bereikt worden. Het waterpeil in deze peilbuis was tot de laatste meting nog steeds hoger dan in de diepere filters. Het waargenomen stijghoogteverschil kan slechts optreden wanneer er een goed ontwikkelde slecht-doorlatende laag zou aanwezig zijn. Als we veronderstellen dat alle nuttige neerslag op het stort volledig percoleert (270 mm per jaar), dan moet er tussen de filter SB5 F2 en F3 een weerstand van ongeveer 230 dagen voorkomen. Bij kleinere percolatiesnelheden moet de weerstand verhoudingsgewijs groter zijn. Aangezien dit fenomeen op de andere plaatsen niet wordt waargenomen, lijkt het weinig waarschijnlijk dat hier het geval is.

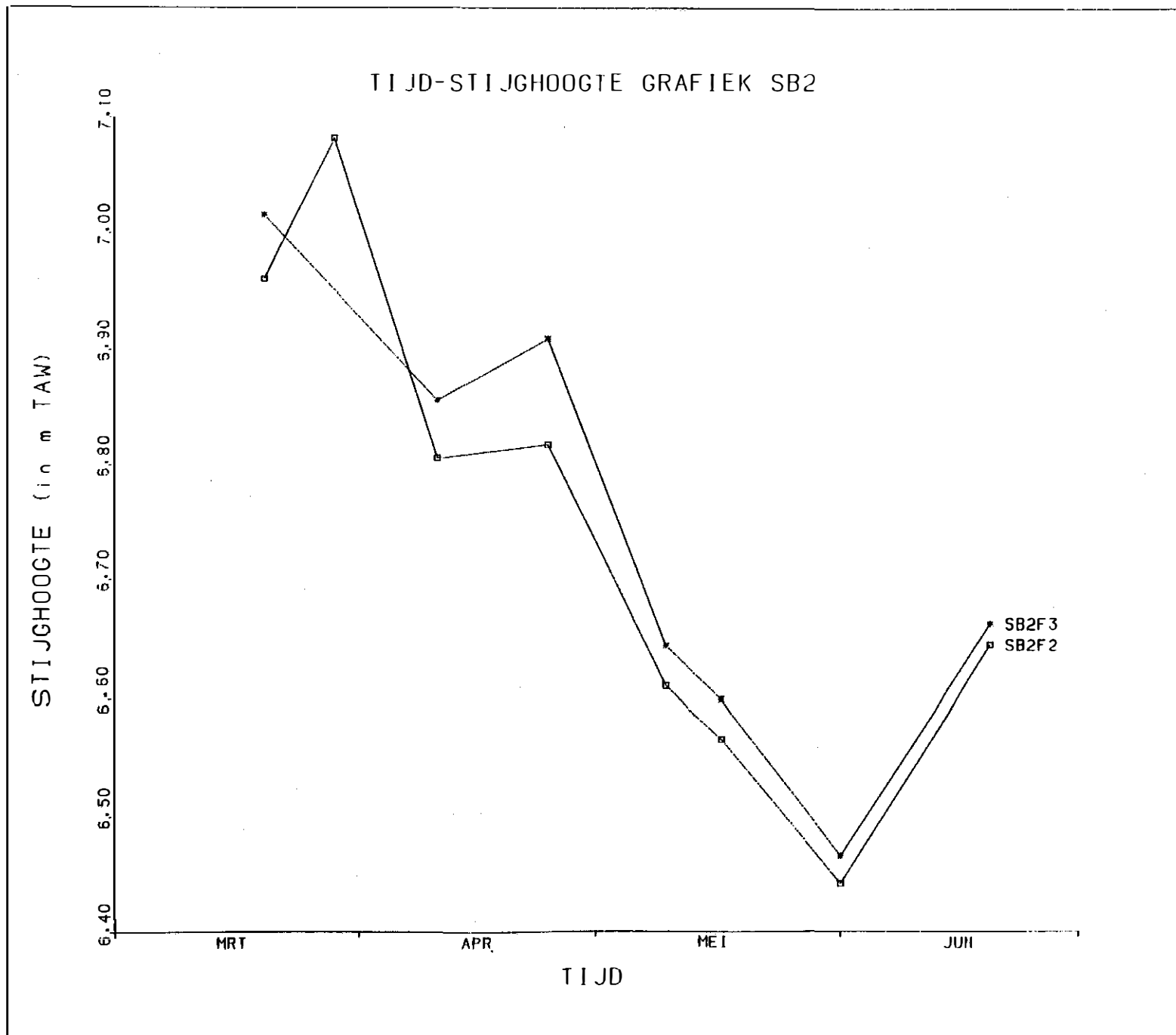
7. Worden de stijghoogten van de peilbuizen rond het stort met elkaar vergeleken (Fig. 8.8) dan blijken de hoogste stijghoogten voor te komen in SB6 naast de gracht ten westen van het stort. De peilen dalen naar het westen, naar SB4 en SB1, en naar het oosten (SB5). De waterpeilen in de gracht blijken, met uitzondering van de laatste peilmeting, in de gracht steeds hoger te staan. Er treedt dus een uitstroming vanuit de gracht naar het onderliggende Lid van Vlierzele op. Vanonder de gracht is er een stroming naar het westen en naar het oosten in het Lid van Vlierzele. Deze stromingscomponent is wel kleiner dan de algemene zuid-noord gerichte stroming in deze laag. Op 1 juni bedroeg de gradiënt tussen SB6 en SB5 0.00104, terwijl de gradiënt tussen SB2 en SB6 0.00223 was. In deze situatie is de stroming vanonder het stort naar het kanaal in het noorden en naar de Bornebeek in het noordoosten gericht. Er moet wel opgemerkt worden dat zowel de

peilbuis SB6 als de gracht pas sinds mei worden opgemeten. Waarschijnlijk werkt de gracht bij hoge waterstanden, zoals die in maart en april voorkwamen, wel drainerend voor het onderliggende Lid van Vlierzele, en treedt er onder de gracht opwaartse stroming op. Uit de metingen is het niet duidelijk of de waterscheidingskam zich dan nog onder de gracht bevindt of zich zal verplaatsen.

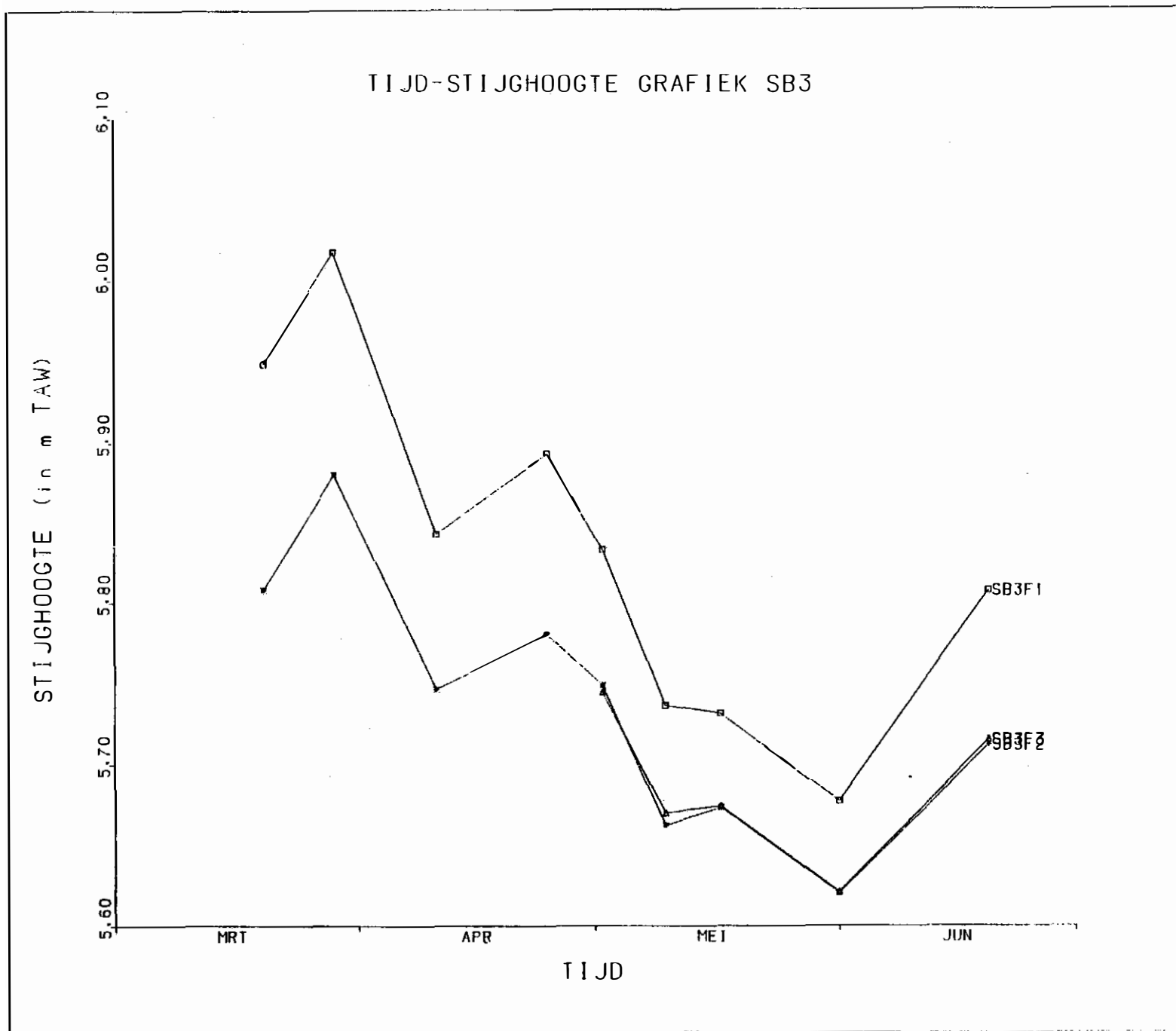
Samenvattend kan men zeggen dat in het Lid van Vlierzele de belangrijkste stroming van zuid naar noord gebeurt. Vanuit deze laag is er een neerwaartse doorsijpeling naar de diepere lagen. Onder de gracht, die ongeveer evenwijdig met het kanaal loopt, treedt een sterke opwaartse stroming op. Het water dat vanuit het zuiden komt toegestroomd, wordt gedeeltelijk door de gracht opgevangen. Hetzelfde geldt waarschijnlijk voor de zuidelijke separaatgracht. In de gemeten periode treedt vanuit de gracht ten westen van het stort een uitstroming naar het Lid van Vlierzele op. Er stelt zich een waterscheidingskam onder deze gracht in. Vanonder het stort stroomt het water naar het kanaal in het noorden en de Bornebeek in het oosten. Het stromingspatroon kan bij hoge waterstanden misschien wijzigen. De waterscheidingskam kan zich dan misschien verplaatsen.



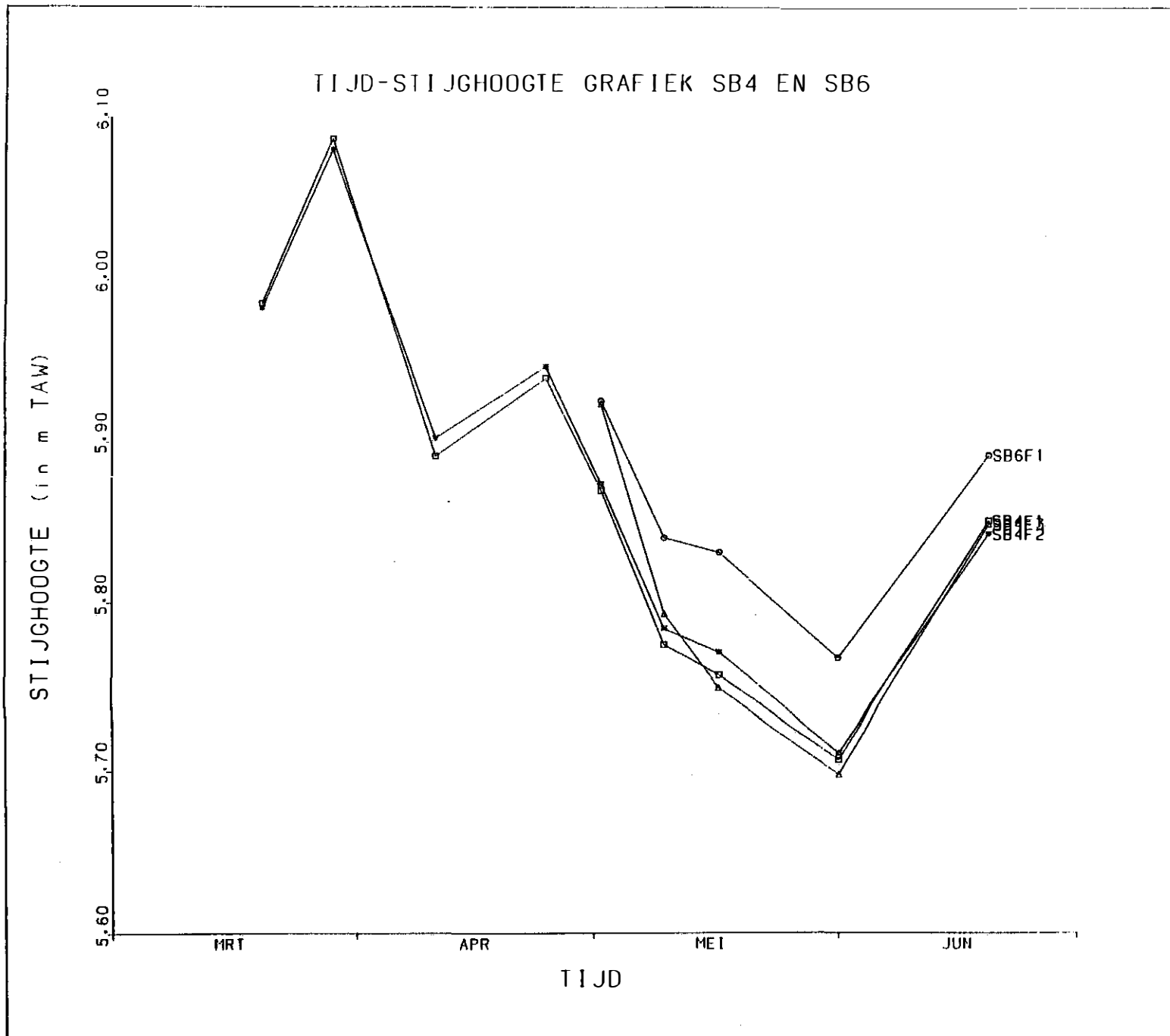
Figuur 8.2. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SBI



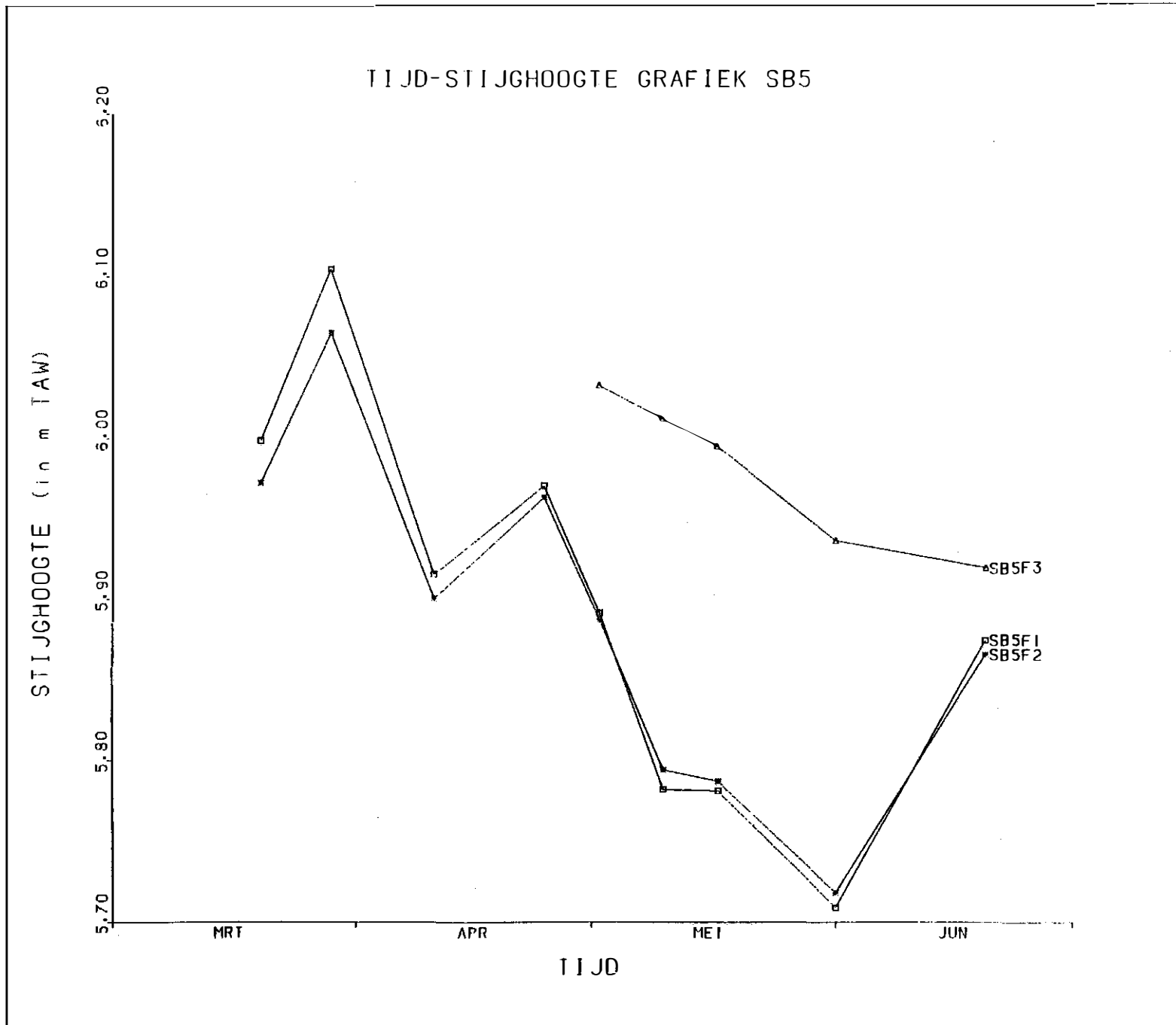
Figuur 8.3. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB2



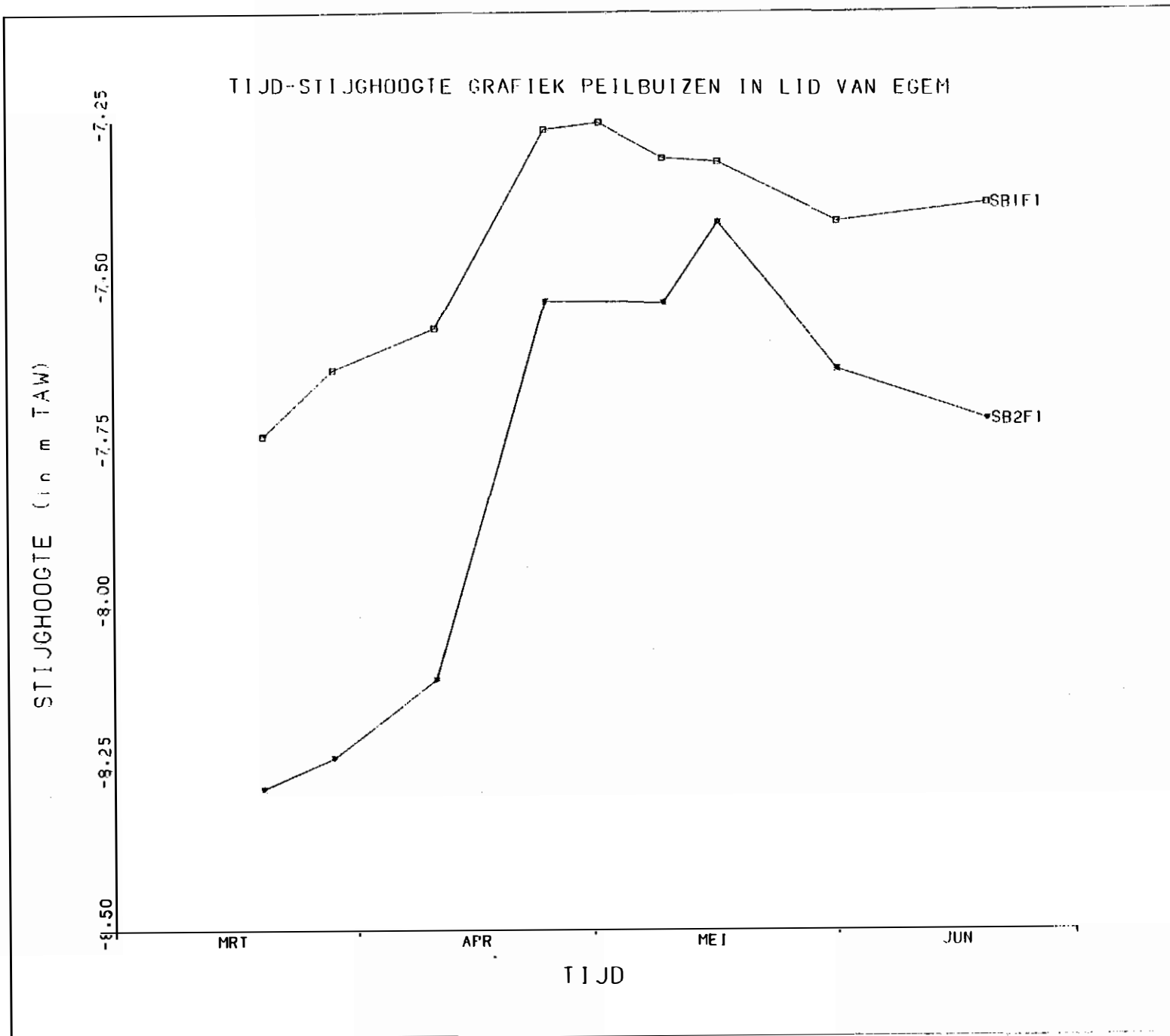
Figuur 8.4. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB3



Figuur 8.5. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB4 en SB6

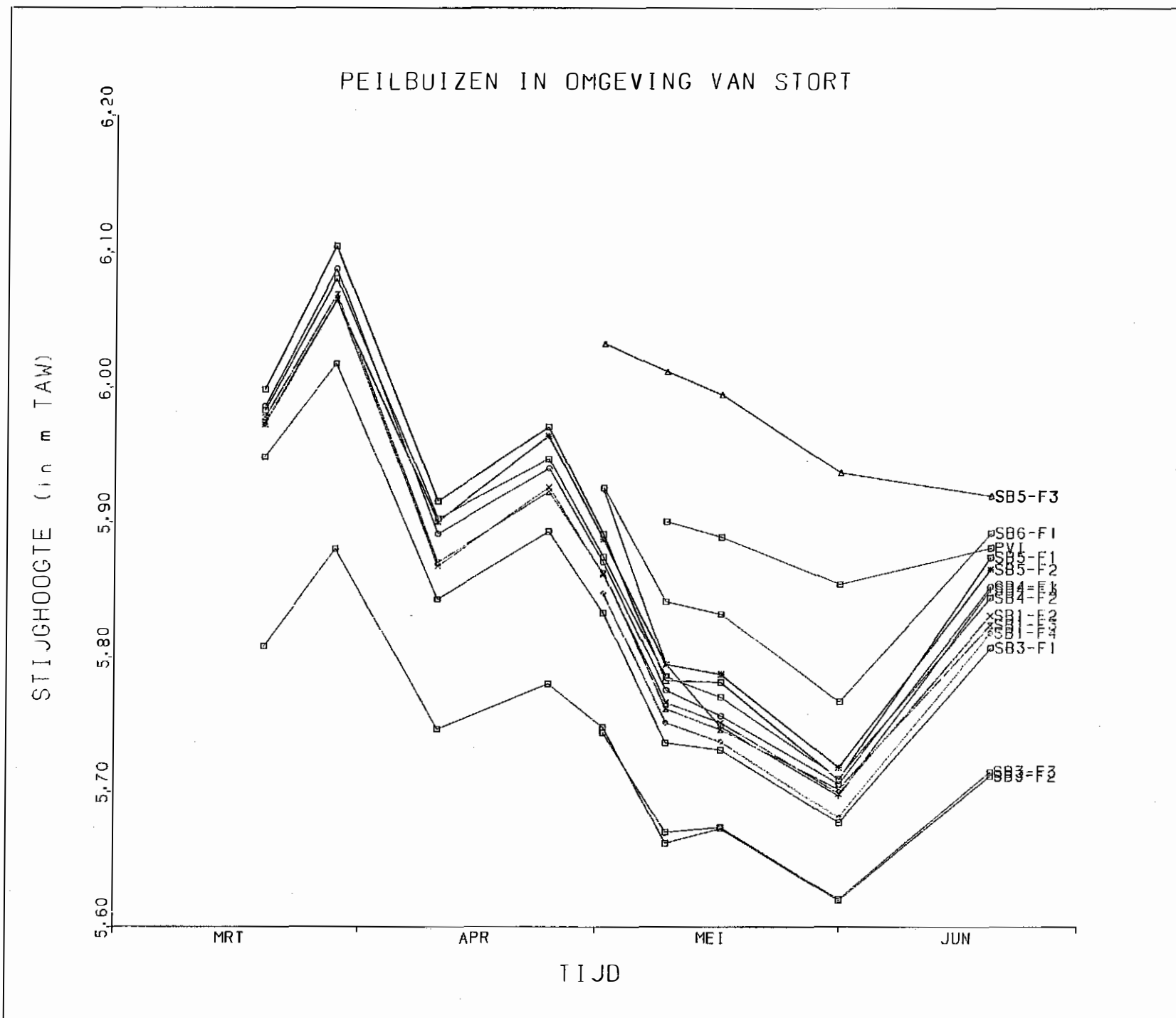


Figuur 8.6. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen SB5



Figuur 8.7. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen in het Lid van Egem

Figuur 8.8. Tijd-stijghoogtegrafiek van de peilbuizen rond het stort



9. GRONDWATERKWALITEIT

9.1. Monstername en analyse

Van alle peilbuizen werd het grondwater bemonsterd voor analyse.

De monstername werd door het LTGH uitgevoerd op 20 en 21 maart 1995 en voor de ondiepe peilbuizen op 2 mei 1995. De grondwaterbemonstering gebeurde met een compressor nadat het volume water, aanwezig in de peilbuis een voldoende aantal keren was uitgepompt. De eigenlijke monstername vond plaats als de geleidbaarheid en de pH van het opgepompte water niet meer fluctueerden. Op het terrein werden de parameters temperatuur, pH, geleidbaarheid, redoxpotentiaal en zuurstofgehalte gemeten. De nodige conserveringsmiddelen werden ter plekke toegediend. De analyse werd reeds de volgende dag door het laboratorium aangevat. De volgende parameters werden bepaald: TA, TAC, kleur, troebelheid, redoxpotentiaal, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{tot} , Mn^{2+} , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} . Het aandeel van de kationen en dat van de anionen werden vergeleken in een ionenbalans. De fout op de ionenbalans bedroeg bij geen enkele analyse meer dan 2%. De analyseresultaten worden verder weergegeven.

9.2. Bespreking van de resultaten

9.2.1. Grondwatertype

Stuyfzand (1986) heeft een grondwaterclassificatie ontworpen, waarin elk watertype wordt getypeerd door 4 symbolen, die ieder verwijzen naar een classificatie-onderdeel.

9.2.1.1. Hoofdtype

Het eerste symbool in de classificatiennaam definieert het hoofdtype. Het wordt afgeleid uit het Cl^- -gehalte volgens onderstaande tabel.

Tabel 9.1. Bepaling van het eerste symbool in de classificatiennaam van een watertype, steunend op het chloridegehalte.

Hoofdtype	Code	Cl^- (mg/l)
zoet	F	< 150
zoet tot brak	F_b	150 - 300
brak	B	300 - 1000
brak tot zout	B_s	1000 - 10000
zout	S	10000 - 20000
hyperhalien	H	> 20000

9.2.1.2. Hardheidscode

Het tweede symbool wordt afgeleid uit de totale hardheid volgens onderstaande tabel.

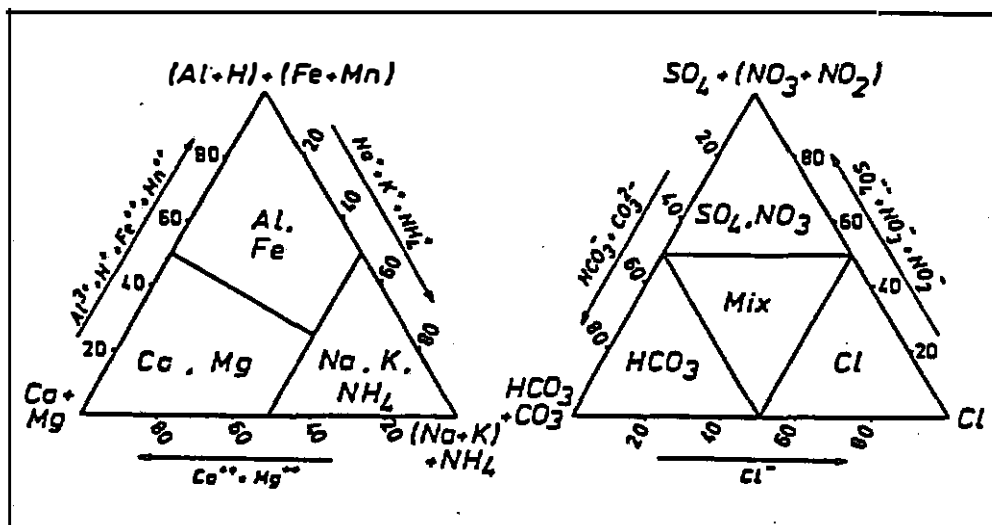
Tabel 9.2. Bepaling van het tweede symbool in de classificatiennaam van een watertype, steunend op de totale hardheid

Benaming	Code	TH (°F)
zeer zacht	*	< 5
zacht	0	5 - 10
matig hard	1	10 - 20
hard	2	20 - 40
zeer hard	3	40 - 80
uiterst hard	4	80 - 160
uiterst hard	5	160 - 320
uiterst hard	6	320 - 640
uiterst hard	7	640 - 1280
uiterst hard	8	1280 - 2560
uiterst hard	9	> 2560

9.2.1.3. Type

De relatieve verdeling van kationen en anionen is een zeer belangrijk kenmerk voor het herkennen van de processen die de waterkwaliteit bepaald hebben. De belangrijkste kationengroep en anionengroep bepalen het type van een water.

Het derde deel in de classificatiennaam bestaat uit 2 delen: de naam van een kation en die van een anion. De bepalingswijze wordt weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 9.1. Onderverdeling in watertypen

9.2.1.4. Kationenuitwisselingscode

Het laatste symbool in de classificatiennaam duidt aan of zich in het watertype al dan niet kationenuitwisseling heeft voorgedaan en welke de aard van deze uitwisseling is geweest. De som van Na^+ , K^+ en Mg^{2+} (meq/l) wordt gecorrigeerd voor de zeewaterbijdrage, afgeleid uit het Cl^- -gehalte:

$$(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{verbeterd}} = (\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{gemeten}} - 1,061 \text{ Cl (meq/l)}$$

met

$$\frac{(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg}) \text{ (meq/l)}}{\text{Cl (meq/l)}} = 1,061 \text{ voor gemiddeld oceaانwater.}$$

De kationenuitwisselingscode wordt toegekend volgens het teken van de kationenuitwisselingsparameter $(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{verbeterd}}$, waarbij rekening wordt gehouden met een foutenmarge gelijk aan $\sqrt{0,5 \text{ Cl}}$ (tabel 9.3.).

Tabel 9.3. Bepaling van de kationenuitwisselingscode

Benaming	Code	Voorwaarde
(Na+K+Mg) -tekort	-	$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} < -\sqrt{1/2\text{Cl}}$
(Na+K+Mg) -evenwicht	0	$-\sqrt{1/2\text{Cl}} \leq (\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} \leq \sqrt{1/2\text{Cl}}$
(Na+K+Mg) -overschot	+	$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} > \sqrt{1/2\text{Cl}}$

Volgens de classificatie van Stuyfzand kunnen de geanalyseerde grondwaters als volgt worden getypeerd (zie tabel 9.4):

Tabel 9.4. Grondwatertypen

Boring-nummer	Filter-nummer	Diepte t.o.v. M.V. (m)	Watertype
SB1	F1	33,00 tot 34,00	F2-NaHCO ₃ +
	F2	10,50 tot 11,50	F2-CaHCO ₃ 0
	F3	5,50 tot 6,50	F4-CaHCO ₃ +
	F4	2,50 tot 3,50	F5-CaHCO ₃ +
SB2	F1	32,00 tot 33,00	F1-NaHCO ₃ +
	F2	11,00 tot 12,00	F3-CaMix0
	F3	6,50 tot 7,50	F4-CaHCO ₃ +
SB3	F1	14,00 tot 15,00	F2-CaHCO ₃ +
	F2	5,00 tot 6,00	F4-CaHCO ₃ +
	F3	2,40 tot 3,40	F6-CaSO ₄ +
SB4	F1	10,70 tot 11,70	F2-CaHCO ₃ 0
	F2	6,00 tot 7,00	F4-CaHCO ₃ +
	F3	2,10 tot 3,10	F5-CaHCO ₃ +
SB5	F1	11,50 tot 12,50	F2-CaHCO ₃ 0
	F2	7,40 tot 8,40	F3-CaHCO ₃ 0
	F3	3,40 tot 4,40	F ₆ 4-NH ₄ HCO ₃ +
SB6	F1	2,00 tot 3,00	F5-CaHCO ₃ +

Het grondwater onttrokken aan de peilbuizen is van het (matig) hard tot extreem hard zoet watertype. Het grondwater is overwegend van het calciumbicarbonaatype. In SB3-F3 komt een calciumsulfaatype voor, en in SB2-F2 een calcium-Mixtype. Daarnaast vertoont het grondwater in SB5-F3 een opvallende samenstelling, namelijk van het ammoniumbicarbonaatype. Tenslotte vertonen de beide diepste peilbuizen (SB1-F1 en SB2-F1, Lid van Egem) een natuurlijk afwijkende kwaliteit, van het natriumbicarbonaatype.

9.2.2. Grondwaterkwaliteit in de ondiepe peilputten (bovenste deel laag B)

De resultaten van de wateranalyses in de ondiepe peilputten zijn in tabel 9.2 samengebracht.

Tabel 9.2. Analyseresultaten van het grondwater in de ondiepe peilputten (bovenste deel laag B)

PARAMETERS	SB1-F4	SB3-F3	SB4-F3	SB5-F3	SB6-F1
<u>Veldwaarnemingen</u>					
pH	7,72	7,63	8,03	7,30	7,87
geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1870	1983	1027	3292	1420
O ₂ (mg/l)	5,5	5,3	6,8	1,3	6,1
temperatuur lucht (°C)	24,1	24,2	25,8	21,2	24,6
temperatuur water (°C)	12,9	12,0	14,3	13,4	13,3
<u>Labo-analysen (mg/l)</u>					
TA (Fr °)	0	0	0	0	0
TAC (Fr °)	96,55	49,95	47,25	115,65	55,55
kleur (Hazen)	5 H	5 H	5 H	5 H	5 H
troebelheid	helder	helder	helder	helder	helder
redoxpotentiaal	+131	+125	+199	+115	+148
<u>Anionen</u>					
Na ⁺	55,55	47,05	35,80	145,90	85,70
K ⁺	21,90	5,35	8,85	134,10	30,10
Ca ²⁺	303,60	397,20	181,60	149,55	163,20
Mg ²⁺	32,30	32,50	7,30	40,90	18,75
Fe ^{tot}	2,12	10,87	0,07	0,14	0,66
Mn ²⁺	1,14	1,00	0,99	0,43	0,62
NH ₄ ⁺	14,80	1,59	4,39	182,00	24,13
<u>Kationen</u>					
Cl ⁻	57,94	45,50	25,50	255,90	94,00
SO ₄ ²⁻	19,00	665,00	66,00	26,00	88,00
NO ₃ ⁻	1,27	1,40	1,02	1,82	1,07
NO ₂ ⁻	0,07	0,03	0,05	0,14	0,06
HCO ₃ ⁻	1177,91	609,39	576,45	1410,93	677,71
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PO ₄ ³⁻	0,02	0,01	0,14	0,05	0,02

9.2.2.1. Vaststellingen

De waterkwaliteit in SB5-F3 wijkt sterk af van deze in de andere peilbuizen. De geleidbaarheid is duidelijk verhoogd, vooral als gevolg van de hogere Cl^- , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , K^+ en NH_4^+ -gehalten. Vooral het NH_4^+ -gehalte is uitzonderlijk hoog (182 mg/l). In SB6-F1 zijn het NH_4^+ , Na^+ , K^+ en Cl^- -gehalte verhoogd. De pH bereikt een minimum in SB5-F3 (7,3). In de andere peilbuizen schommelt de pH van 7,6 tot 8,0. In SB3-F3 vallen verhoogde SO_4^{2-} - en Fe^{tot} -concentraties op. In SB1-F4 is het K^+ -gehalte vrij hoog (21,90 mg/l).

9.2.2.2. Bespreking

Het water opgepompt uit SB5-F3 is duidelijk sterk beïnvloed door het stortpercolaat. Vooral het NH_4^+ -gehalte vormt hiervoor een duidelijke aanwijzing, naast de verhoogde Na^+ , K^+ en Cl^- -gehalten. Het hoge NH_4^+ -gehalte (24,13 mg/l) in SB6-F1, geplaatst in de ringsloot rond het stort, geeft aan dat de beïnvloeding door het stortpercolaat zich tot hier afgezwakt doorzet. Dit wordt bevestigd door de Na^+ , K^+ en Cl^- -gehalten. De kwaliteit van de overige waterstalen kan als "niet beïnvloed door het stort" worden beschouwd. Het verhoogd NH_4^+ -gehalte en het vrij hoge K^+ -gehalte in SB1-F4 zijn te wijten aan de aanwezigheid van baggerspecie en/of agrarische activiteiten. De verhoogde SO_4^{2-} - en Fe^{tot} -gehalten in SB3-F3 kunnen worden toegeschreven aan de oxidatie van ijzersulfiden, vermoedelijk in verband met het afgraven van het voorheen aanwezige baggerspecie.

Het bovenste deel van laag B bevat grondwater waarvan de parameterwaarden meestal onder de VLAREM II MTC-normen (B.S. 31/07/1995) liggen. Het NH_4^+ -gehalte ligt bij alle stalen boven de MTC-waarde. In SB5-F3 overschrijden bovendien het K^+ - en het NO_2^- -gehalte de norm. De K^+ -norm wordt eveneens overschreden in SB6-F1 en in SB1-F4. Daarnaast heeft SB3-F3 een SO_4^{2-} -gehalte dat boven de maximumwaarde uitsteekt. De Fe^{tot} - en Mn^{2+} -gehalten zijn meestal hoger dan de norm.

9.2.3. Grondwaterkwaliteit in de ondiepe peilputten (onderste deel laag B)

De resultaten van de wateranalyses van de ondiepe peilputten in het onderste deel van de doorlatende laag B, zijn in tabel 9.3. voorgesteld.

Tabel 9.3. Analyseresultaten van het grondwater in de ondiepe peilputten (onderste deel laag B)

PARAMETERS	SB1-F3	SB2-F3	SB3-F2	SB4-F2	SB5-F2
<u>Veldwaarnemingen</u>					
pH	7,00	7,35	7,01	7,23	7,23
geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1362	1020	1570	1237	837
O ₂ (mg/l)	6,7	4,4	4,0	2,2	2,3
temperatuur lucht (°C)	6,6	6,1	6,7	13,8	6,0
temperatuur water (°C)	10,2	10,5	10,9	10,7	12,0
<u>Labo-analysen (mg/l)</u>					
TA (Fr °)	0	0	0	0	0
TAC (Fr °)	597,19	483,73	539,24	705,16	286,70
kleur (Hazen)	5 H	< 5 H	5 H	< 5 H	< 5 H
troebelheid	helder	helder	helder	helder	helder
redoxpotentiaal (mV)	+124	+141	+150	+128	+139
<u>Anionen</u>					
Na ⁺	27,30	32,05	27,50	24,65	21,20
K ⁺	2,56	2,72	5,69	2,83	3,74
Ca ²⁺	227,90	145,95	266,85	212,90	115,10
Mg ²⁺	19,45	24,20	25,20	16,90	10,03
Fe ^{tot}	8,27	1,23	6,56	6,05	3,47
Mn ²⁺	0,91	0,52	0,55	0,46	0,24
NH ₄ ⁺	2,08	1,03	1,45	1,94	2,38
<u>Kationen</u>					
Cl ⁻	38,54	16,24	58,87	25,36	75,97
SO ₄ ²⁻	154,54	100,13	289,65	37,19	33,81
NO ₃ ⁻	0,85	0,26	0,74	0,50	0,30
NO ₂ ⁻	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
HCO ₃ ⁻	579,19	483,73	539,24	705,16	286,70
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PO ₄ ³⁻	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03

9.2.3.1. Vaststellingen

Uit de analysesresultaten van het grondwater uit de ondiepe peilbuizen in het onderste deel van de doorlatende laag B, blijkt dat de pH schommelt tussen 7 en 7,35. De geleidbaarheid is doorgaans lager dan in de overeenkomstige peilbuis in het bovenste deel van de laag en varieert van ongeveer 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SB5) tot 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (SB3). Een hoog ijzergehalte wordt opgemerkt in de meeste peilbuizen, meestal gepaard aan een hoog SO_4^{2-} -gehalte.

9.2.3.2. Bespreking

In vergelijking met de peilbuizen uit het bovenste deel van de laag, treffen we hier een iets lagere mineralisatie aan, als gevolg van een minder ver gevorderde kalkoplossing. Daarnaast manifesteert zich er nu echter duidelijk en vrij algemeen de invloed van pyrietoxidatie, vermoedelijk toe te schrijven aan de infiltratie in een hoger gelegen gebied. Deze pyrietoxidatie leidt tot de verhoogde Fe^{ox} - en SO_4^{2-} -gehalten en de verlaagde pH. Nergens kan een invloed van het stortpercolaat worden aangewezen, zelfs niet in peilbuis SB5-F2 onder het stort. De waargenomen NH_4^+ -gehalten kunnen voor het Lid van Vlierzele als natuurlijke achtergrondwaarden worden gezien, in omstandigheden waarbij gedeeltelijke oxidatie van organische stof kan optreden (VAN DYCK, LEBBE, WALRAEVENS & DE BREUCK, 1984).

De maximumwaarden voorgeschreven in VLAREM II worden voor het NH_4^+ -gehalte overal overschreden. Daarnaast heeft SB3-F2 een SO_4^{2-} -gehalte dat boven de norm ligt. De Fe^{ox} - en Mn^{2+} -gehalten zijn telkens hoger dan de norm.

9.2.4. Grondwaterkwaliteit in de diepe peilputten (laag A)

De resultaten van de wateranalyses van de diepe peilputten in de doorlatende laag A, zijn in tabel 9.4. voorgesteld.

Tabel 9.4. Analyseresultaten van het grondwater in de diepe peilputten (laag A)

PARAMETERS	SB1-F2	SB2-F2	SB3-F1	SB4-F1	SB5-F1
<u>Veldwaarnemingen</u>					
pH	7,41	7,53	7,45	7,75	7,59
geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	529	784	530	487	517
O ₂ (mg/l)	7,7	2,4	14,7	4,6	4,7
temperatuur lucht (°C)	6,4	8,4	6,6	11,2	6,8
temperatuur water (°C)	10,3	10,8	10,7	11,4	12,0
<u>Labo-analysen (mg/l)</u>					
TA (mg/l)	0	0	0	0	0
TAC (mg/l)	194,59	207,40	274,50	236,68	243,39
kleur (Hazen)	< 5 H	< 5 H	< 5 H	5 H	5 H
troebelheid	helder	helder	helder	helder	helder
redoxpotential (mV)	+129	+119	+197	+133	+264
<u>Anionen</u>					
Na ⁺	17,20	24,30	33,95	16,50	15,20
K ⁺	4,11	20,01	10,12	4,46	7,07
Ca ²⁺	66,73	106,88	53,98	68,08	65,49
Mg ²⁺	6,82	10,45	8,44	7,24	6,98
Fe ^{tot}	1,89	2,16	0,38	0,41	0,98
Mn ²⁺	0,17	0,34	0,13	0,25	0,20
NH ₄ ⁺	1,04	0,76	1,10	1,12	3,13
<u>Kationen</u>					
Cl ⁻	31,01	64,65	26,40	27,79	28,95
SO ₄ ²⁻	30,67	92,03	3,71	20,77	5,10
NO ₃ ⁻	0,21	0,15	0,18	0,03	0,00
NO ₂ ⁻	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02
HCO ₃ ⁻	194,59	207,40	274,50	236,68	243,39
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PO ₄ ³⁻	0,10	0,03	0,27	0,13	0,11

9.2.4.1. Vaststellingen

Uit de analyseresultaten van het grondwater uit de diepe peilputten valt op te merken dat de mineralisatie aanmerkelijk lager is dan in de hogergelegen laag. Dit komt vooral tot uiting in lagere HCO_3^- - en Ca^{2+} -gehalten. Ook het SO_4^{2-} -, Fe^{tot} - en Mn^{2+} -gehalte liggen doorgaans lager. De pH schommelt rond 7,5. In SB2-F2 valt een vrij hoog K^+ -gehalte op (20,01 mg/l).

9.2.4.2. Bespreking

De lagere mineralisatie van laag A ten opzichte van laag B, verwijst naar infiltratie in een ander voedingsgebied, waarbij een minder verregaande kalkoplossing is opgetreden. De waargenomen NH_4^+ -gehalten zijn natuurlijke achtergrondwaarden. Het hoge K^+ -gehalte in SB2-F2 is vermoedelijk gekoppeld aan agrarische activiteiten.

De MTC-norm van VLAREM II voor NH_4^+ wordt overal overschreden, evenals voor de Fe^{tot} - en Mn^{2+} -gehalte. In SB2-F2 is er een normoverschrijding voor K^+ .

9.2.5. Grondwaterkwaliteit in het Lid van Egem

De resultaten van de grondwateranalyses zijn in tabel 9.5. voorgesteld.

Tabel 9.5. Analyseresultaten van het grondwater in het Lid van Egem

PARAMETERS	SB1-F1	SB2-F1
<u>Veldwaarnemingen</u>		
pH	7,55	7,91
geleidbaarheid ($\mu\text{S/cm}$)	1032	799
O ₂ (mg/l)	3,9	2,3
temperatuur lucht (°C)	6,5	9,1
temperatuur water (°C)	9,8	11,0
<u>Labo-analysen (mg/l)</u>		
TA (Fr °)	0	0
TAC (Fr °)	547,78	418,80
kleur (Hazen)	< 5 H	< 5 H
troebelheid	helder	helder
redoxpotentiaal (mV)	+115	+106
<u>Anionen</u>		
Na ⁺	172,50	141,45
K ⁺	16,61	13,55
Ca ²⁺	30,98	17,60
Mg ²⁺	8,70	4,48
Fe ^{tot}	0,70	0,10
Mn ²⁺	0,26	0,03
NH ₄ ⁺	0,02	0,41
<u>Kationen</u>		
Cl ⁻	26,52	19,93
SO ₄ ²⁻	7,41	15,96
NO ₃ ⁻	0,16	0,36
NO ₂ ⁻	0,02	0,90
HCO ₃ ⁻	547,78	414,80
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00
PO ₄ ³⁻	2,89	0,28

9.2.5.1. Vaststellingen

De waterkwaliteit in het Lid van Egem is totaal verschillend van deze in het Lid van Vlierzele. Vooral de Na^+ -gehalten zijn aanzienlijk hoger, terwijl de Ca^{2+} -concentraties sterk verlaagd zijn. Uit de resultaten van de analyses van het grondwater van het Lid van Egem kan afgeleid worden dat de pH varieert van 7,55 tot 7,91. De geleidbaarheid in SB1 is hoger dan in SB2. Hieruit volgt dat de concentraties in SB1 in het algemeen hoger zijn dan in SB2.

9.2.5.2. Bespreking

We hebben hier te doen met NaHCO_3 -waters, als gevolg van de natuurlijk optredende Na/Ca-kationenuitwisseling.

De MTC-norm van VLAREM II voor K^+ wordt zowel in SB1-F1 als in SB2-F1 overschreden. Daarnaast liggen in SB1-F1 het Na^+ -, Fe^{tot} - en het Mn^{2+} -gehalte hoger dan de norm.

9.3. Besluit

Uit de analyseresultaten is af te leiden dat de hydrochemische kenmerken voor laag A ten opzichte van laag B verschillen. De onderste laag A vertoont duidelijk een lagere mineralisatie (355 mg/l in SB1-F2 tot 413 mg/l in SB3-F1). In laag B is de mineralisatie beduidend hoger en varieert van 552 mg/l (SB5-F2) tot 2348 mg/l (SB5-F3).

De invloed van het stortpercolaat is zeer duidelijk in SB5-F3. Ook in SB6-F1 kan beïnvloeding door stortpercolaat vastgesteld worden. Kenmerkend voor deze beïnvloeding zijn vooral de hoge NH_4^+ -gehalten, naast de verhoogde Na^+ -, K^+ - en Cl^- -concentraties.

In enkele peilbuizen worden sporen aangetroffen van beïnvloeding door baggerspecie en/of agrarische activiteiten.

De algemeen vastgestelde overschrijdingen van de MTC-normen (VLAREM II, B.S. 31/07/1995) voor NH_4^+ , Fe^{tot} en Mn^{2+} zijn doorgaans inherent aan de natuurlijke grondwaterkwaliteit in het Lid van Vlierzele. De extreem hoge waarden voor NH_4^+ vlakbij het stort zijn een gevolg van verontreiniging. De plaatselijke normoverschrijdingen voor K^+ zijn in het Lid van Vlierzele te wijten aan verontreiniging, die zowel veroorzaakt kan zijn door het stort, als door baggerspecie en/of agrarische activiteiten. In het Lid van Egem is de K^+ -normoverschrijding van natuurlijke oorsprong. De overschrijding van de SO_4^{2-} -norm in SB3-F2 en F3 kan in verband gebracht worden met het afgraven van de voorheen aanwezige baggerspecie.

10. MATHEMATISCH MODEL

10.1. Inleiding

Om de verspreiding van het stortpercolaat in het grondwaterreservoir te kunnen nagaan werd van het studiegebied een mathematisch model opgesteld. Eerst werd een grondwaterstromingsmodel opgesteld dat de stijghoogten en stromingen in en tussen de verschillende lagen van het reservoir berekent. Daarna werden de resultaten hiervan gebruikt als invoer in een transport model om de verspreiding van het percolaat te berekenen. Hierbij wordt de verspreiding van het stortpercolaat als mengverhoudingen van het oorspronkelijk stortpercolaat met niet verontreinigd water berekend. Het stortpercolaat krijgt daarbij een initiële concentratie van 100 %. De berekende resultaten worden voorgesteld met lijnen van gelijke mengverhouding in de verschillende lagen.

10.2. Aangewend mathematisch model

Hier werd gebruikt gemaakt van het grondwaterstromingsmodel MODFLOW (Mc DONALD & HARBAUGH,1988). Dit berekent de stijghoogten en de grondwaterstromingsdebieten in de verschillende lagen van het reservoir. Het werd gekoppeld aan het MT3D transport model (ZHENG,1992) dat toelaat de verspreiding van contaminanten ten gevolge van advectie, dispersie en chemische reacties te berekenen.

10.3. Ligging, begrenzing en opbouw van het modelnetwerk

Het modelgebied is ongeveer 860 m lang en 422 m breed en ligt met de lange as evenwijdig aan het kanaal van Gent naar Brugge. De noordgrens van het model ligt in het kanaal van Gent naar Brugge. De oostgrens ligt nabij het punt waar de Bornebeek in het kanaal uitmondt, de westgrens nabij de sluis in het reservaat via dewelke de Leiemeerse beek en de separaatgracht in het kanaal uitmonden. De zuidgrens ligt nabij de duiker van de Bornebeek onder de weg naar de wijk Stuivenberg.

Het modelnetwerk bestaat uit 55 kolommen en 27 rijen. Elke cel is 15.625 m lang en breed. In het model werden 9 lagen ingevoerd. De bovenste laag (laag 1) bestaat uit de opgehoogde gronden en het stortmateriaal. De tweede laag bestaat uit de alluviale afzettingen. Het Lid van Vlierzele werd in 5 aparte lagen ingedeeld, laag 3 t.e.m. 7. Laag 8 wordt gevormd door het Lid van Pittem en het Lid van Merelbeke. De onderste laag (laag 9) omvat het Lid van Egem.

10.4. Ingevoerde gegevens

In de bovenste laag heeft het opgehoogde materiaal een doorlatendheid van 2 m/d, het stortmateriaal 10 m/d. Het bovenste deel van de alluviale afzettingen heeft een doorlatendheid van 1 m/d. De alluviale afzettingen hebben een hydraulische weerstand van 100 d. Waar de grachten voorkomen, die in deze alluviale afzettingen zijn ingesneden, werd de weerstand onder de grachten verminderd tot 20 dagen, onder de Leiemeersebeek tot 10 dagen. Hier is het waargenomen peilverschil tussen peillat PIII en SB3-F3 immers zeer

klein, zodat ook de hydraulische weerstand klein moet zijn. Deze waarde werd afgeleid tijdens de calibratie van het model. In het Lid van Vlierzele werd één enkele waarde voor de horizontale doorlatendheid ingevoerd die een gemiddelde voor het ganse pakket is. In de lagen 3 t.e.m. 7 werd 3 m/d ingevoerd met een totale dikte van 10 m voor deze laag. Tussen de verschillende lagen werd een hydraulische weerstand van 20 d ingevoerd, wat overeenkomt met een verticale doorlatendheid van 0.1 m/d. De anisotropiefactor in het Lid van Vlierzele, de verhouding tussen de verticale op horizontale doorlatendheid, bedraagt dus 1 op 30. De transmissiviteit van deze laag werd bepaald tijdens de calibratie van het model. Het Lid van Pittem en het Lid van Merelbeke kregen een gezamenlijke hydraulische weerstand van 40000 d. De transmissiviteit van het Lid van Egem werd op 6 m²/d geschat.

Het kanaal en de waterlopen werden als vaste stijghoogten ingebouwd. De waterlopen enkel in de bovenste laag, het kanaal in de lagen 1, 2 en 3, dus tot in het bovenste deel van het Lid van Vlierzele. De ingevoerde peilen zijn afgeleid van de peilmetingen op de grachten en werden geïnterpoleerd.

De stijghoogten in het Lid van Egem (onderste laag) werden constant op -7.68 gehouden, het gemiddelde van de gemeten peilen in de 2 peilbuizen die zich in deze laag bevinden.

Boven op het modelgebied valt een nuttige neerslag van 270 mm/jaar. Boven de tussen de Leiemeersebeek en separaatgracht gelegen percelen die niet zijn opgehoogd en op het perceel tussen het stort en de Bornebeek werd deze waarde herleid tot 80 % van 270 mm/jaar. Op deze lager gelegen weilanden treedt een grotere oppervlakkige afvoer op.

Aangezien de waterscheidingskam tussen de Rivierbeek en de Bornebeek zich ten zuiden van het modelgebied bevindt, werd er aangenomen dat vanuit het zuiden een hoeveelheid water het modelgebied binnenstroomt. Deze hoeveelheid werd geschat op de hoeveelheid neerslagwater dat in een strook van 200 m ten zuiden van het model infiltreert maar waarvan de helft naar het onderliggende Lid van Egem percoleert. Deze hoeveelheid werd gelijk verdeeld over de 5 lagen waarin het Lid van Vlierzele is ingedeeld.

Om de verspreiding van het stortperkolaat te berekenen wordt een dispersie van 0.10 m in alle lagen aangenomen. De verhouding van de transversale op longitudinale dispersie, zowel horizontaal als verticaal bedraagt 0.01.

Het neerslagwater dat op het stort valt en er percoleert krijgt een concentratie van 100 %.

10.5. Calibratie van het model

Tijdens de calibratie van een model worden ingevoerde parameters aangepast door berekende stijghoogten met waarnemingen te vergelijken en op basis hiervan correcties uit te voeren. Bij de vergelijking met de waarnemingen moet hier worden voor ogen gehouden dat er slechts gedurende een korte periode (ongeveer 3 maand) peilmetingen werden uitgevoerd en dat deze niet tot echte representatieve gemiddelden kunnen herleidend worden. De metingen werden in het voorjaar uitgevoerd zodat de peilen waarschijnlijk hoger zijn dan de jaargemiddelden.

Tijdens de ijking van het model werd de transmissiviteit van de lagen in het Lid van Vlierzele, de weerstanden tussen deze lagen en de weerstand van het alluvium onder de beken aangepast.

De doorlatendheid van de Lid van Vlierzele (lagen 3 t.e.m. 7) werd tijdens de ijking verlaagd van 4.25 m/d (WALRAEVENS, 1987) tot 3 m/d. De transmissiviteit bedraagt aldus 6 m²/d per laag.

Tijdens de ijking van het model werd ook de weerstand van de alluviale afzettingen onder de beken aangepast. Uit de waargenomen stijghoogten blijken b.v. de stijghoogten in de peilbuis SB6F1, onder de gracht ten westen van het stort, ongeveer 5 cm hoger te staan dan de peilen in SB4 en SB1, ten westen ervan gelegen, en t.o.v. SB5, ten oosten ervan gelegen. Deze verhoogde peilen onder de gracht wijzen op een belangrijke percolatie vanuit de gracht naar de onderliggende laag. Om een verhoging van ongeveer 5 cm in het Lid van Vlierzele te verkrijgen moest de hydraulische weerstand van de alluviale afzettingen tot 20 d verminderd worden. Omdat het verschil tussen peilbuis SB3-F3 en peilvat PIII meestal zeer klein is, werd de weerstand onder de Leiemeersebeek verminderd tot 10 d.

10.6. Resultaten van het stromingsmodel MODFLOW

De berekende stijghoogten staan voorgesteld op de figuren 10.3 t.e.m. 10.8. Ze worden voorgesteld met lijnen van gelijke stijghoogte. Het grondwater stroomt van hoge naar lage stijghoogten, loodrecht op de stijghoogtelijnen.

De stijghoogten van de bovenste laag geven de stand van de watertafel weer (Fig. 10.3). Deze staat het hoogste in het zuiden van het gebied. Daar is de topografie het hoogst. De watertafel staat het laagst in de beekvalleien: de vallei van de Bornebeek in het oosten, en de valleien van de Leiemeersebeek en de separaatgracht. Tussen deze twee beken stelt zich een waterscheidingskam in. Deze loopt ook onder de opgehoogde terreinen. In het stort is de stroming vooral naar het kanaal Gent-Brugge in het noorden gericht. Er is ook een stroming naar de Bornebeek in het oosten en de ringgracht rond het stort in het westen.

De stijghoogten in laag 3 (Fig. 10.4) geven de stroming nabij de top van het Lid van Vlierzele weer, laag 7 (Fig. 10.5) de stroming nabij de basis van het Lid van Vlierzele. Het algemeen stijghoogtepatroon toont in deze laag een stroming van zuid naar noord. De hoogste peilen komen langs de zuidrand voor. In deze laag stelt zich geen waterscheidingskam tussen de separaatgracht en de Leiemeersebeek in. Op figuur 10.4 is nabij de top van het Lid van Vlierzele de invloed van de gracht langs de westzijde van het stort te zien. Er treedt een lichte verhoging van de peilen op, waarneembaar in een knik van de stijghoogtelijnen. Deze verhoging van de peilen wordt waargenomen in SB6-F1, waarvan het peil ongeveer 5 cm hoger staat dan in SB1, SB4 en SB5. In het onderste deel van het Lid van Vlierzele is deze invloed niet meer merkbaar. Aangezien in SB6 slechts één filter aanwezig is kan dit echter niet door waarnemingen bevestigd of weerlegd worden.

De stijghoogten in het Lid van Egem zijn niet voorgesteld omdat deze in alle cellen op -7.68 worden gehouden.

Op figuur 10.6 staan de berekende stijghoogteverschillen tussen de top en de basis van het Lid van Vlierzele voorgesteld. Positieve waarden wijzen op een neerwaartse stroming, negatieve waarden op een opwaartse stroming in deze laag. De stijghoogteverschillen bedragen meestal slechts enkele cm. Opwaartse stroming komt voor onder en nabij de beekvalleien. Nabij de Leiemeersebeek werd dit vastgesteld in peilbuis SB3. In het zuiden van het modelgebied komt neerwaartse stroming voor. Dit wordt bevestigd door de waarnemingen in peilbuis SB2. Ook in het gebied tussen de Leiemeersebeek en de sphaatgracht komt overwegend neerwaartse stroming voor. Uit de waarnemingen blijken zowel in SB1, SB4 als SB5 de stijghoogteverschillen zeer gering te zijn. De berekende stijghoogteverschillen zijn hier maximaal 3 cm. Uit de waarnemingen blijkt dat onder het stort (SB5) bij lage grondwaterstanden een neerwaartse stroming optreedt. Aangezien de tijd waarin de peilmetingen zijn uitgevoerd zich op het einde van de opvulperiode situeert (maart, april) zullen de jaargemiddelden lager zijn dan de gemiddelden van de meetperiode. Derhalve zal de gemiddelde toestand meer overeenkomen met de laagste peilmetingen uit de waarnemingsreeks.

Bij de simulatie van de toestand na afgraving van de slibophoging wordt verondersteld dat de oorspronkelijke toestand wordt hersteld. De hoogteligging van de terreinen moet op het oorspronkelijk peil gebracht worden, zodat zich geen open wateroppervlakken in de ontstane depressies kunnen vormen. Hier wordt aangenomen dat de nuttige neerslag terugvalt tot 80% van de oorspronkelijke 270 mm/jaar. Deze waarde werd trouwens ook toegekend aan de percelen in het natuurgebied.

Figuur 10.7 geeft de berekende verlaging van de watertafel door afgraven van de ophoging. De verlaging bedraagt er maximaal 6 cm. Nabij de top van het Lid van Vlierzele (Fig. 10.8), onder de alluviale afzettingen, is de verlaging beperkt tot ongeveer 1 cm. Hierdoor zal het stromingspatroon in deze lagen niet veel veranderen.

10.7. Resultaten van het transportmodel MT3D

Om het opgeloste stoffen transport met het model MT3D te kunnen simuleren, moeten de grondwaterstromingsdebiëten van het model MODFLOW ingevoerd worden. De verspreiding van het stortperkolaat werd over een periode van 30 jaar na aanleg van de stortplaats gesimuleerd. Hierbij werd de simulatieperiode in 2 afzonderlijke tijdstappen van 15 jaar opgedeeld. Bij de eerste wordt het grondwaterstromingspatroon tijdens de aanwezigheid van de slibophoging in het model ingevoerd. Deze tijdstap komt ongeveer overeen met de periode sinds de aanleg van het stort tot heden. Bij de tweede tijdstap wordt het grondwaterstromingspatroon na afgraving van de ophoging in het model ingevoerd. Deze tijdstap geeft de evolutie gedurende de komende 15 jaar wanneer het slib in de nabije toekomst verwijderd wordt.

De resultaten van het transportmodel staan voorgesteld op de figuren 10.9 t.e.m. 10.27. De berekende concentraties worden voorgesteld met lijnen van gelijke mengverhouding, procentueel uitgedrukt, in de verschillende lagen van het reservoir. Onverdund stortperkolaat heeft een concentratie van 100%. Het verontreinigd grondwaterlichaam is eigenlijk

drie-dimensioneel van vorm, en wordt hier voorgesteld aan de hand van een aantal horizontale doorsneden. De berekende concentraties worden voorgesteld na 5, 10, 15 en 30 jaar. De concentraties worden met een interval van 10% voorgesteld. Wanneer de concentratielijnen van een laag niet worden gegeven dan bedraagt de grootste concentratie in deze laag minder dan 10%.

Bij de simulatie wordt aangenomen dat het stort vanaf de aanvang van de berekening volledig aanwezig is. Tevens wordt van in het begin de nuttige neerslag op het stort op 270 mm/jaar genomen. Het is mogelijk dat in de aanvangsfase de nuttige neerslag iets lager was door de lagere ligging van het terrein waardoor meer oppervlakkige afvoer mogelijk is.

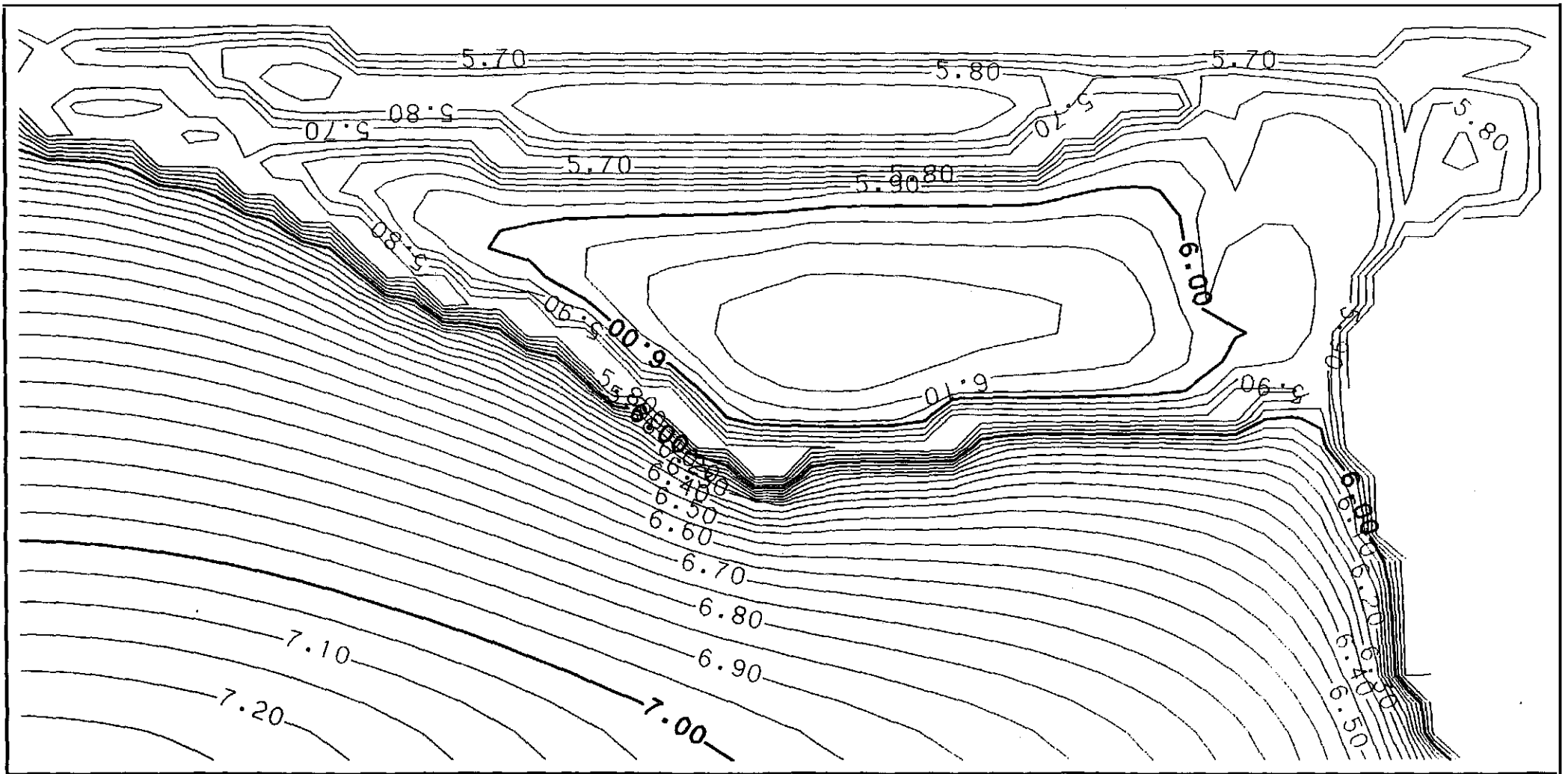
Na 5 jaar (Fig. 10.9 t.e.m. 10.11) is de verontreiniging tot in laag 4 doorgedrongen. De concentraties zijn hierin lager dan 10%. In laag 3 zit de verontreiniging vooral onder de noordelijke helft van het stort. In de bovenste laag verspreidt de verontreiniging zich tot de gracht langs de westzijde van het stort. Door interpolaties bij het tekenen van de lijnen is het evenwel mogelijk dat sommige concentratielijnen deze gracht op de figuren overschrijden.

Na 10 jaar (Fig. 10.12 t.e.m. 10.15) is de verontreiniging tot in laag 5 doorgedrongen. In laag 5 zijn de concentraties lager dan 10%. In laag 4 zit de verontreiniging vooral langs de westzijde van het stort, langsheen de gracht. De verontreiniging percoleert hier met het uit de gracht infiltrerend water. In laag 3 verspreidt de verontreiniging zich naar het noorden en het oosten.

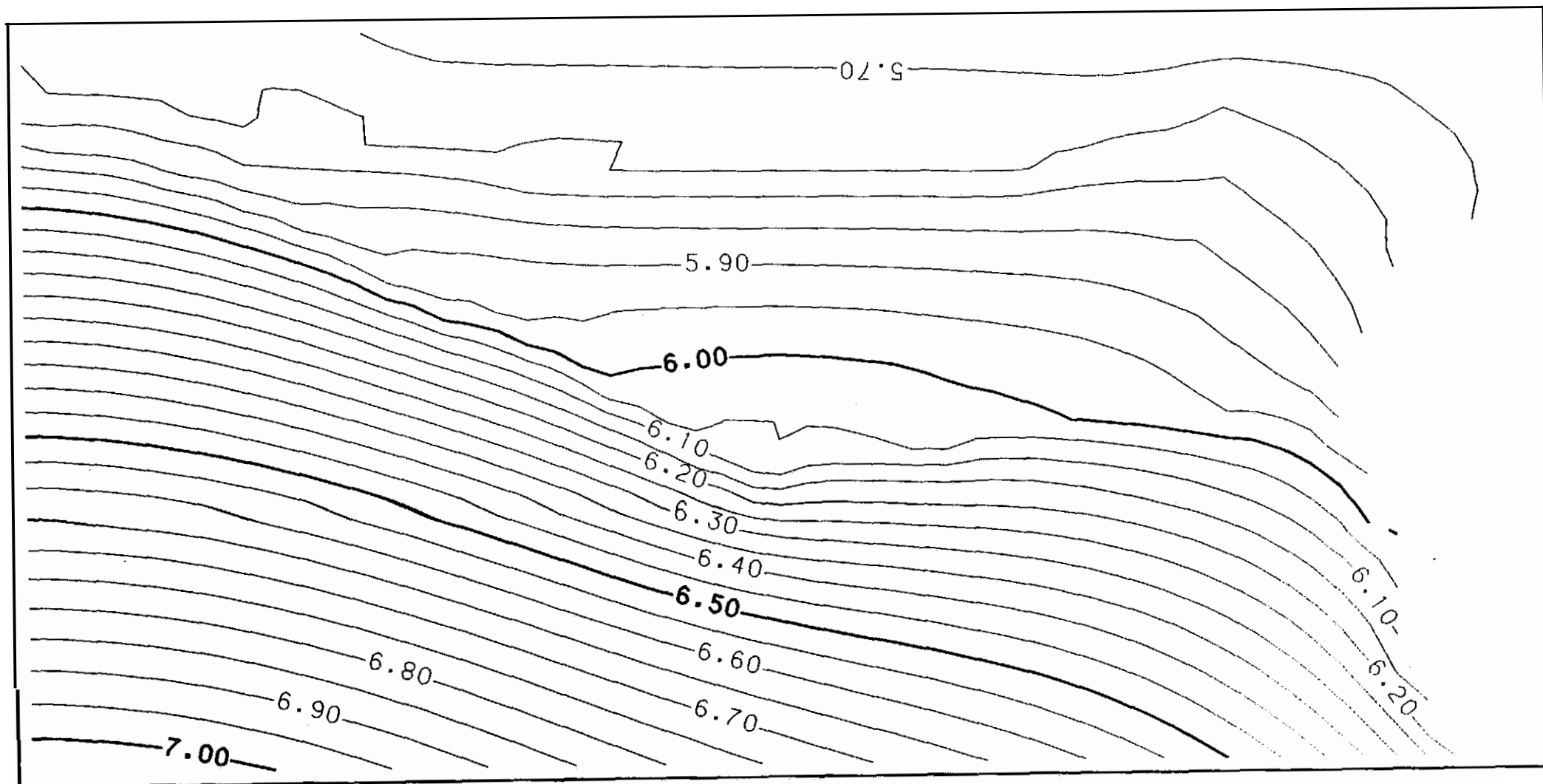
Na 15 jaar (Fig. 10.16 t.e.m. 10.20) zit de verontreiniging tot in laag 6. Hier bedragen de concentraties minder dan 10%. In laag 5 is de verontreiniging vooral aanwezig onder de noordwesthoek van het stort, in de richting van het kanaal. In de lagen 3 en 4 verspreidt de verontreiniging zich onder het perceel tussen het stort en de Bornebeek en naar het noorden naar het kanaal toe.

Na 30 jaar (Fig. 10.21 t.e.m. 10.27) is de verontreiniging tot de basis van het Lid van Vlierzele doorgedrongen (Fig. 10.27). Het is mogelijk dat na langere tijd de verontreiniging doorheen het Lid van Pittem en van Merelbeke tot in het Lid van Egem zal doordringen. Hierin zal het, als het huidig stijghoogtepatroon in deze laag gehandhaafd wordt, naar het zuiden stromen. Het model berekent echter geen stijghoogten in deze laag, zodat de verspreiding hierin niet kan gesimuleerd worden. In het onderste deel van het Lid van Vlierzele, laag 5 en 6 (Fig. 10.25 en 10.26), verplaatst het percolaat zich zowel naar het kanaal als naar de Bornebeek. In het bovenste deel van het Lid van Vlierzele, lagen 3 en 4, (Fig. 10.23 en 10.24) gebeurt de verplaatsing vooral naar het kanaal in het noorden toe.

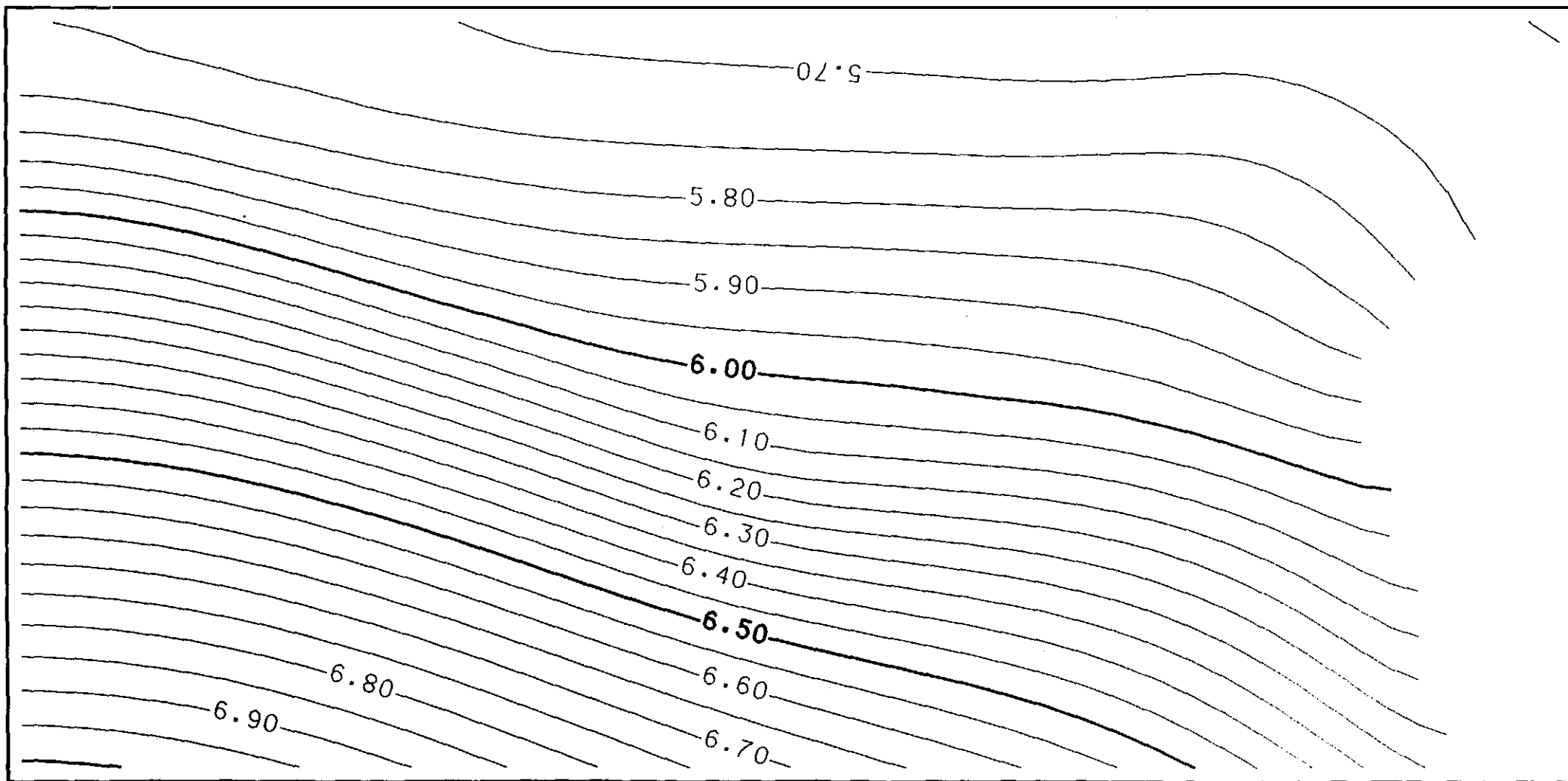
Het stortpercolaat dat in het kanaal terechtkomt, zal sterk verdund worden.



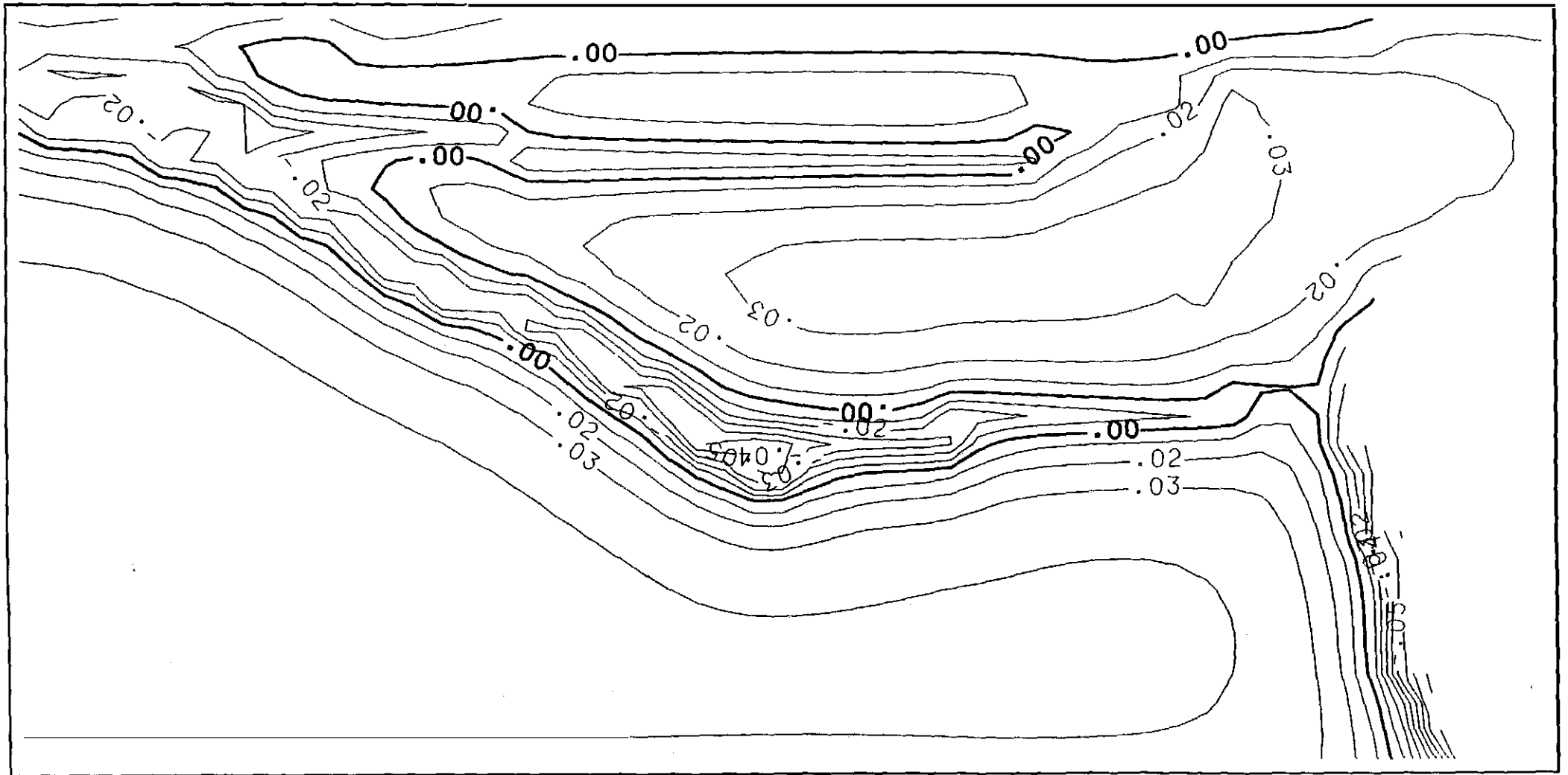
Figuur 10.3. Berekende stijghoogten van de watertafel



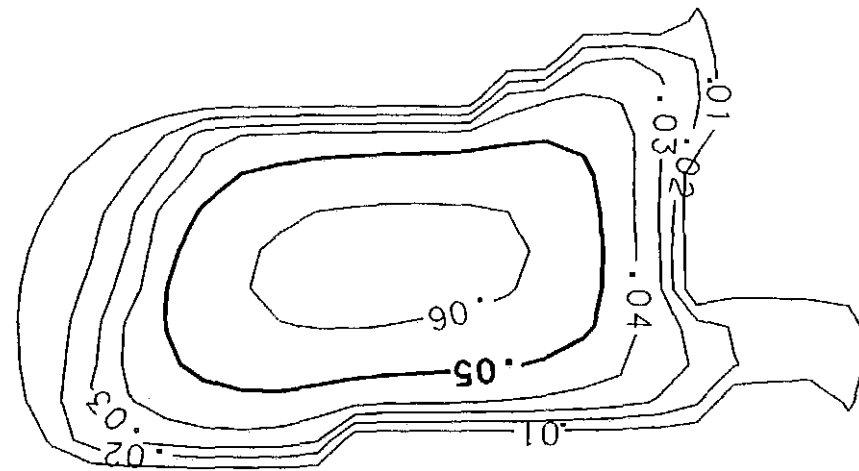
Figuur 10.4. Berekende stijghoogten nabij de top van het Lid van Vlierzele



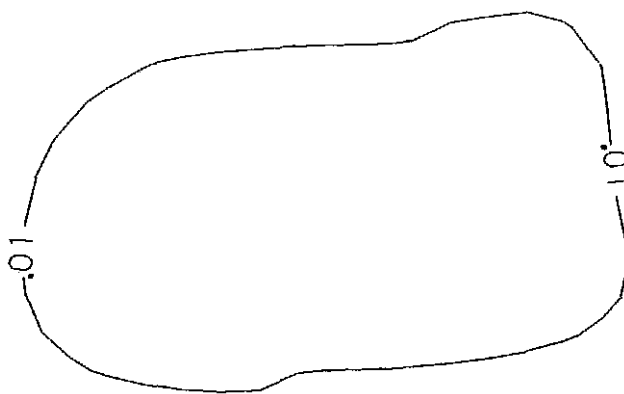
Figuur 10.5. Berekende stijghoogten nabij de basis van het Lid van Vlierzele



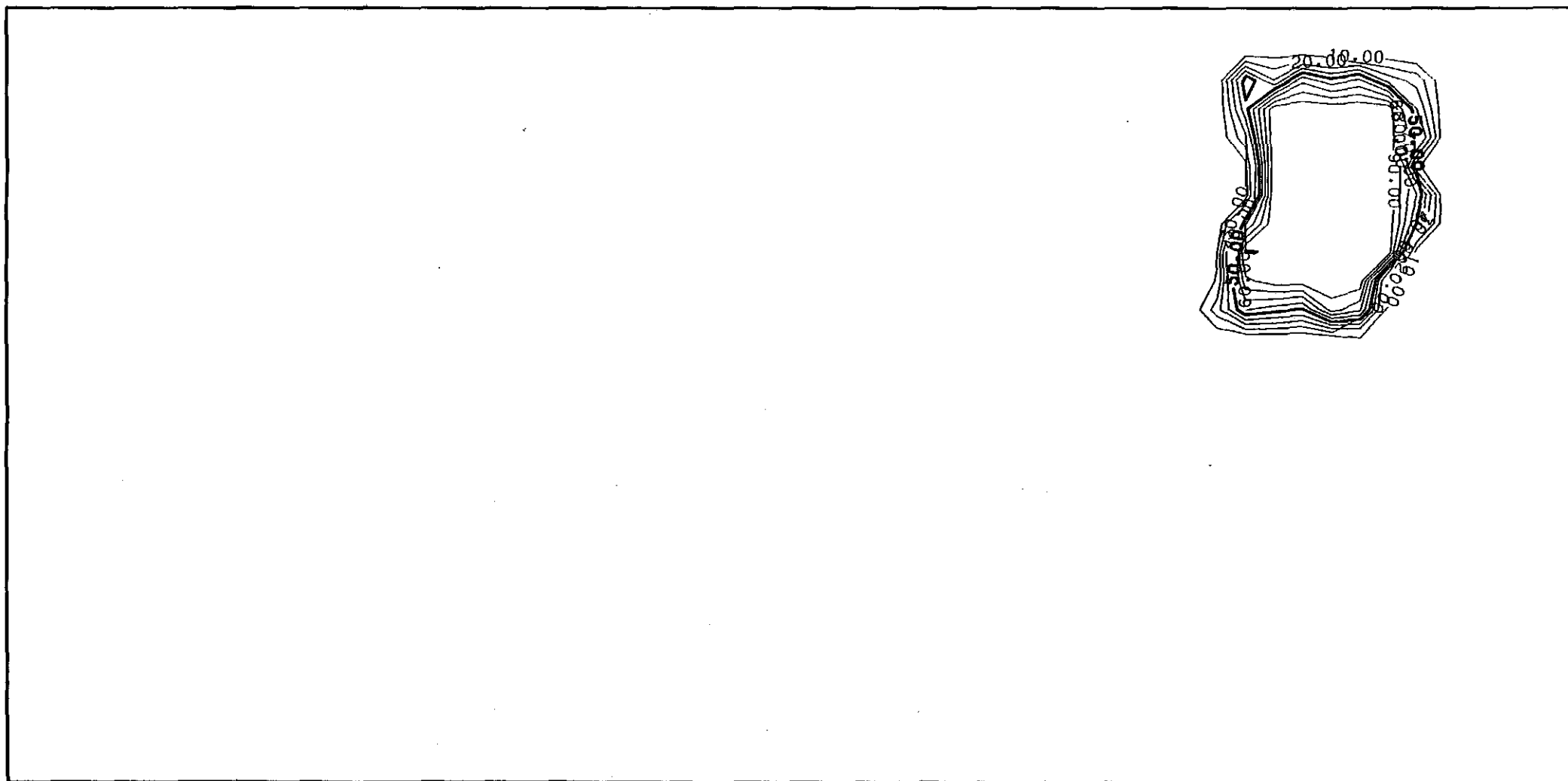
Figuur 10.6. Berekende stijghoogteverschil tussen de top en de basis van het Lid van Vlierzele



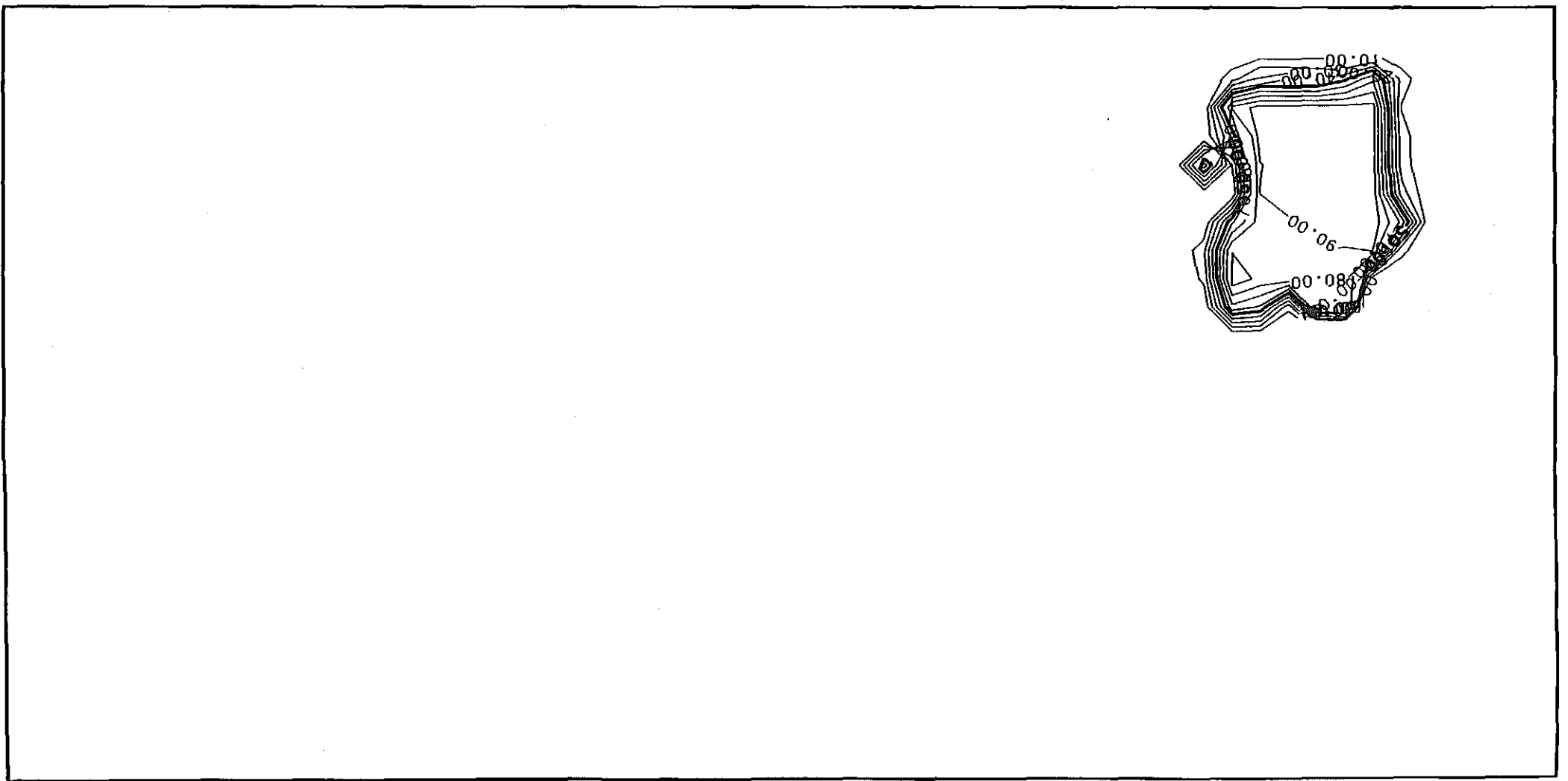
Figuur 10.7. Berekende verlaging van de watertafel t.g.v. de afgraving van de ophoging



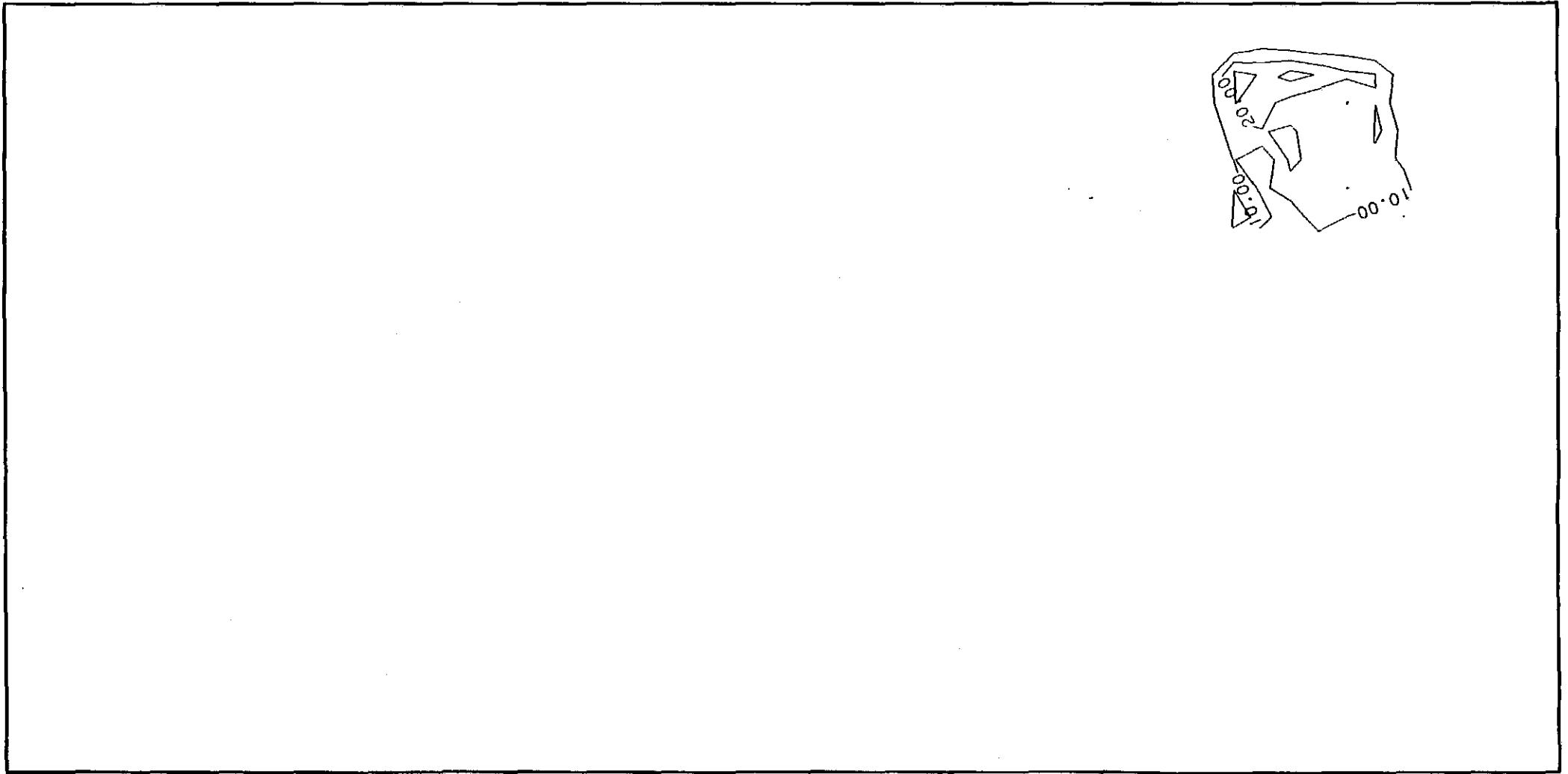
Figuur 10.8. Berekende verlaging nabij de top van het Lid van Vlierzele t.g.v. de afgraving van de ophoging



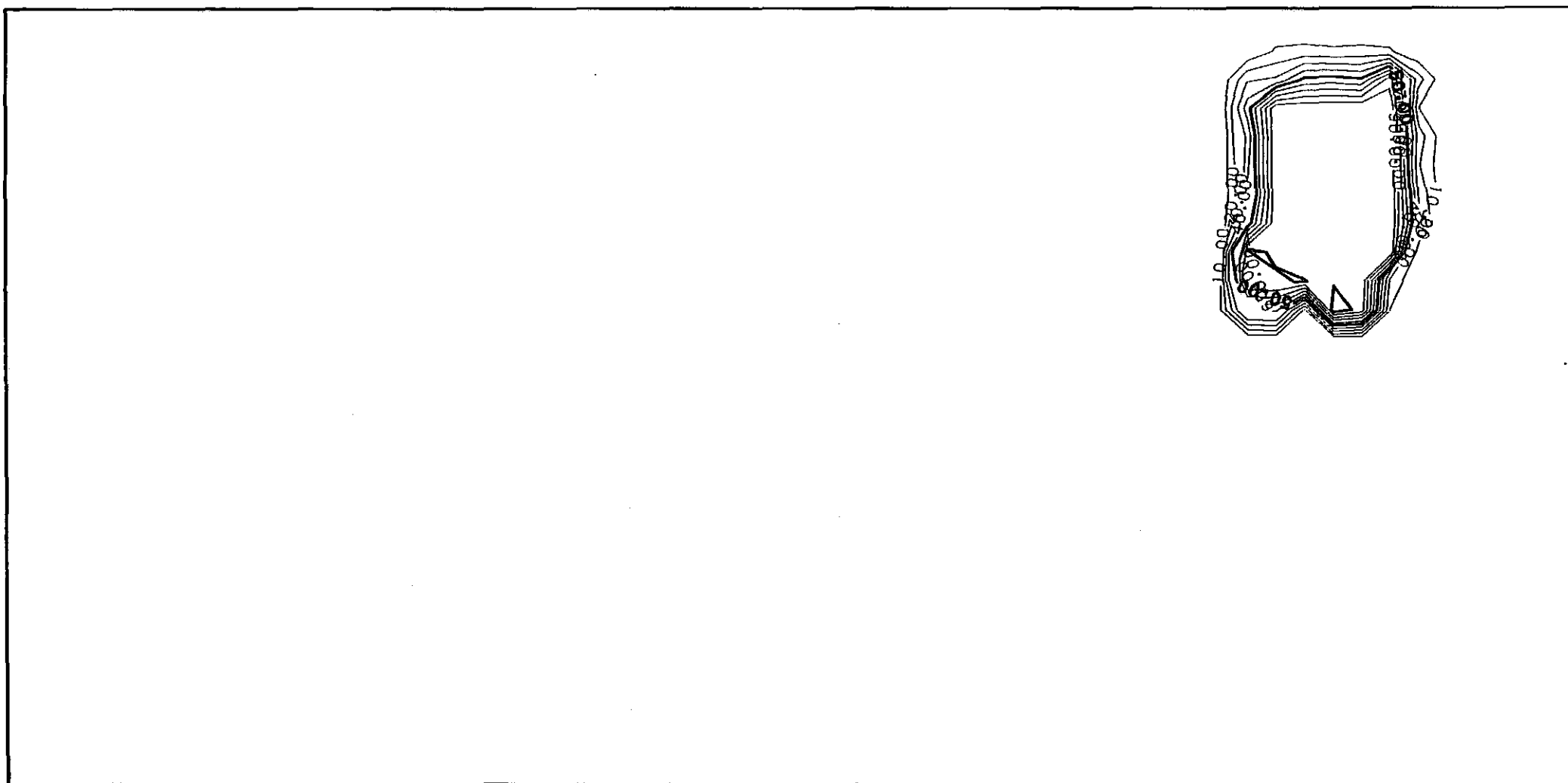
Figuur 10.9. Berekende concentraties na 5 jaar in laag 1



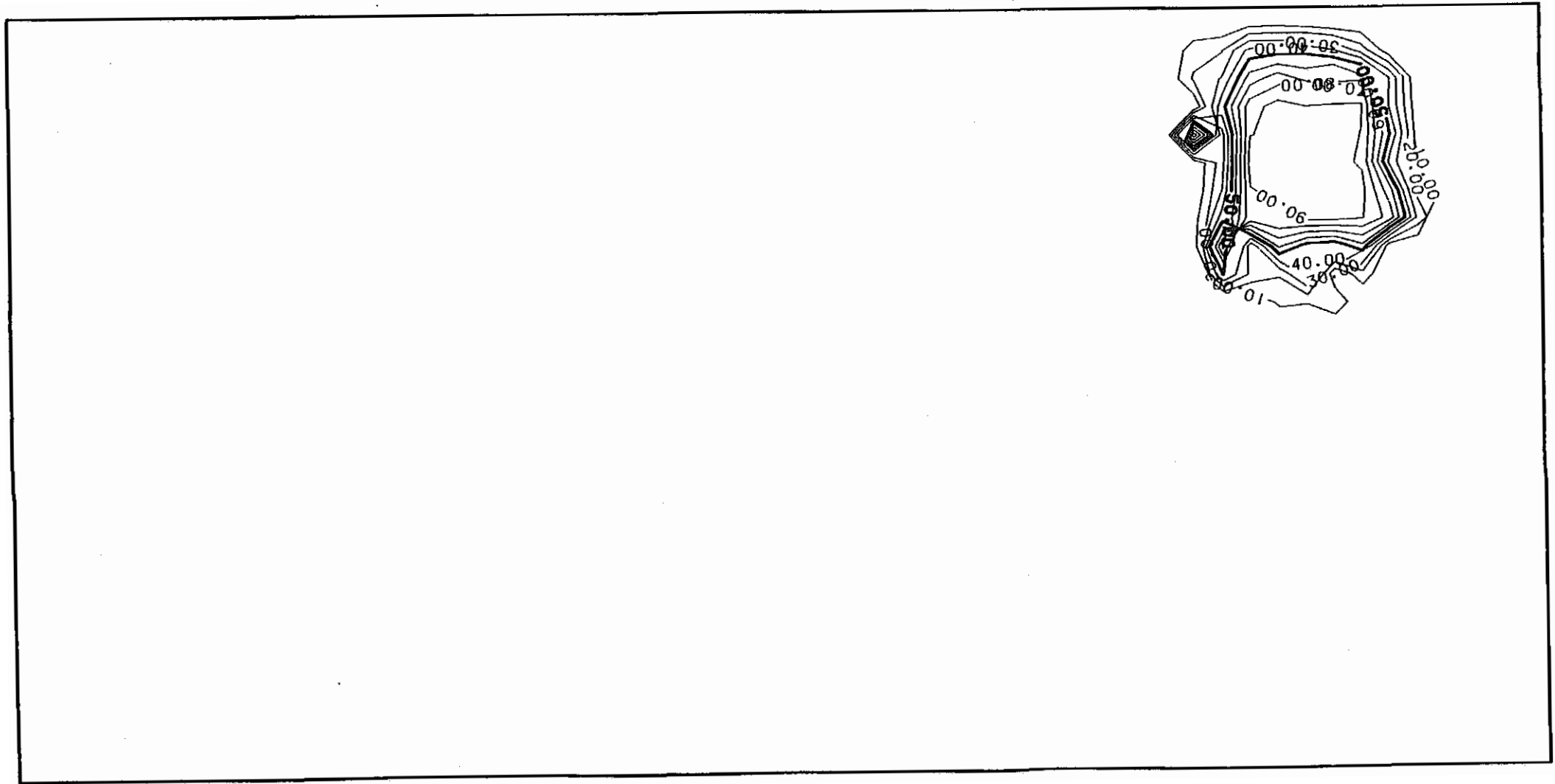
Figuur 10.10. Berekende concentraties na 5 jaar in laag 2



Figuur 10.11. Berekende concentraties na 5 jaar in laag 3



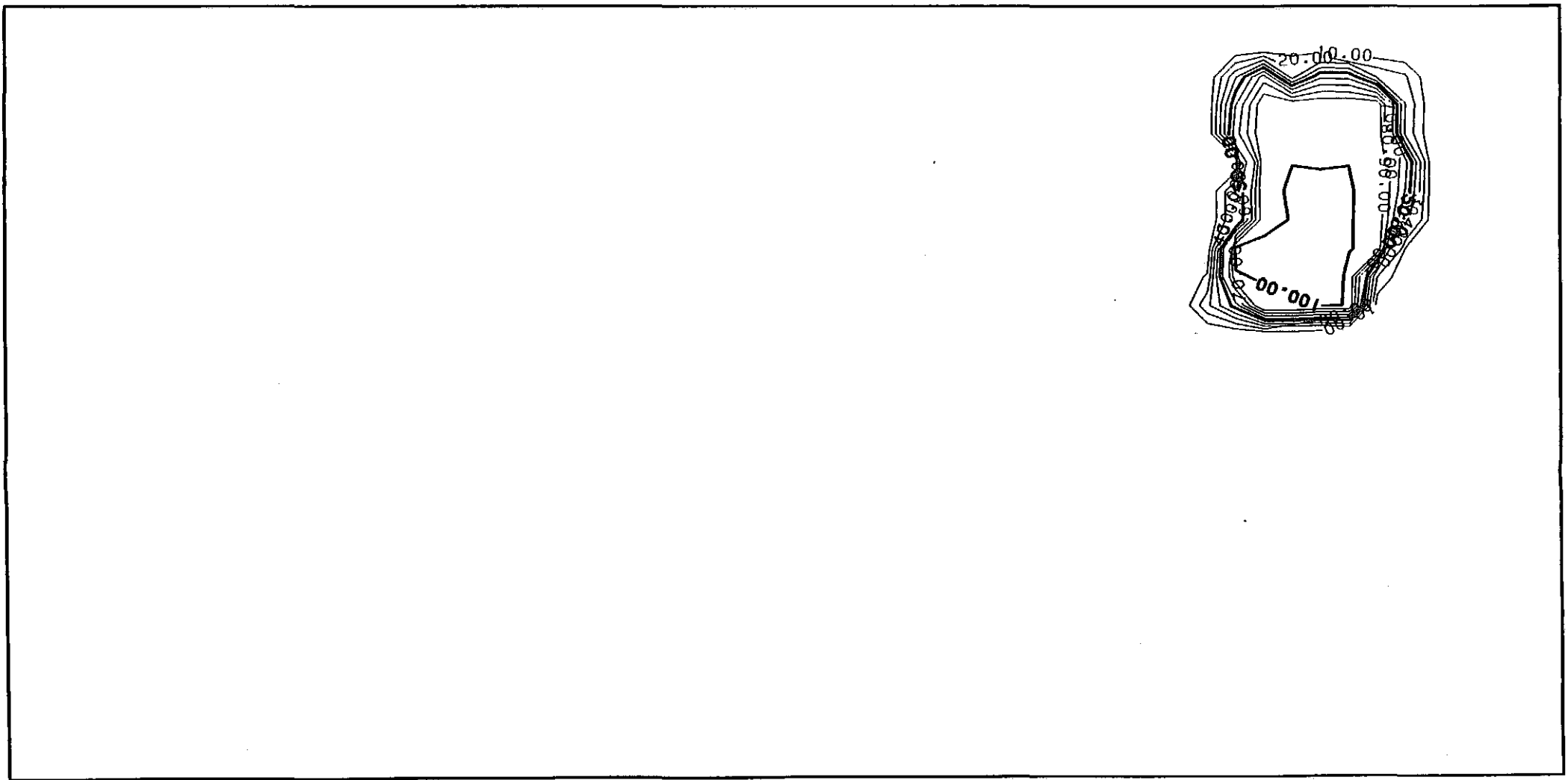
Figuur 10.13. Berekende concentraties na 10 jaar in laag 2



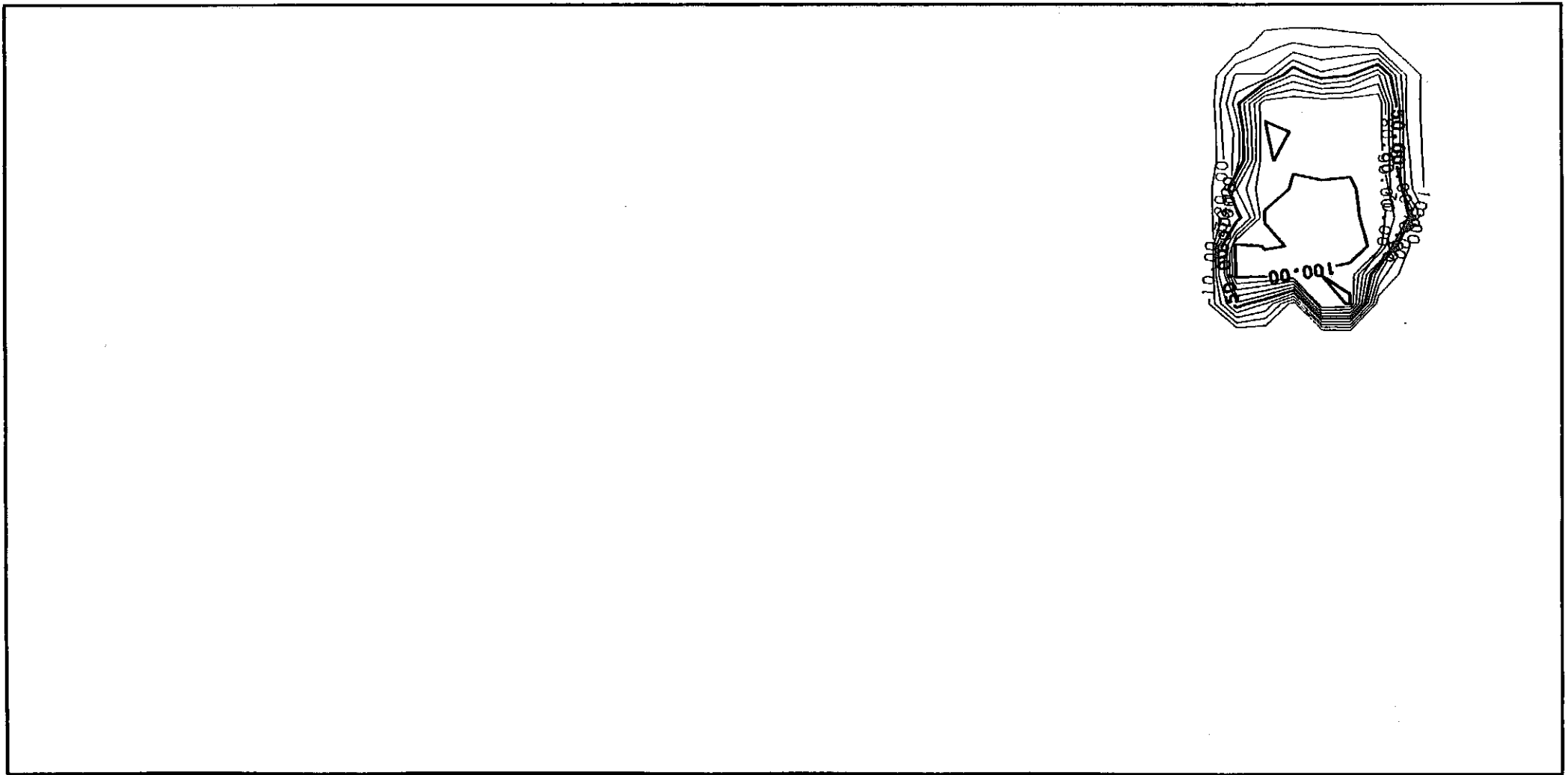
Figuur 10.14. Berekende concentraties na 10 jaar in laag 3



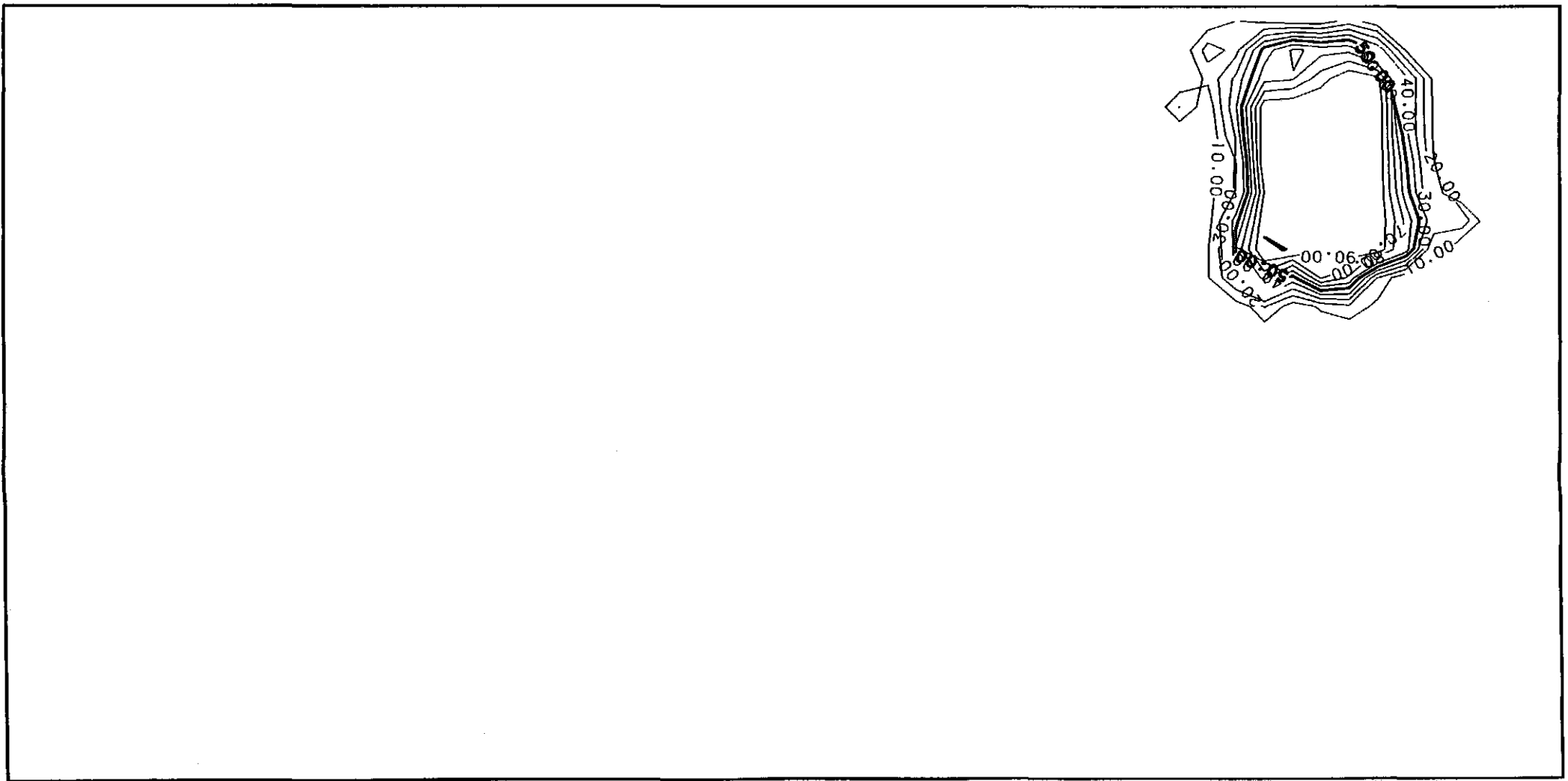
Figuur 10.15. Berekende concentraties na 10 jaar in laag 4



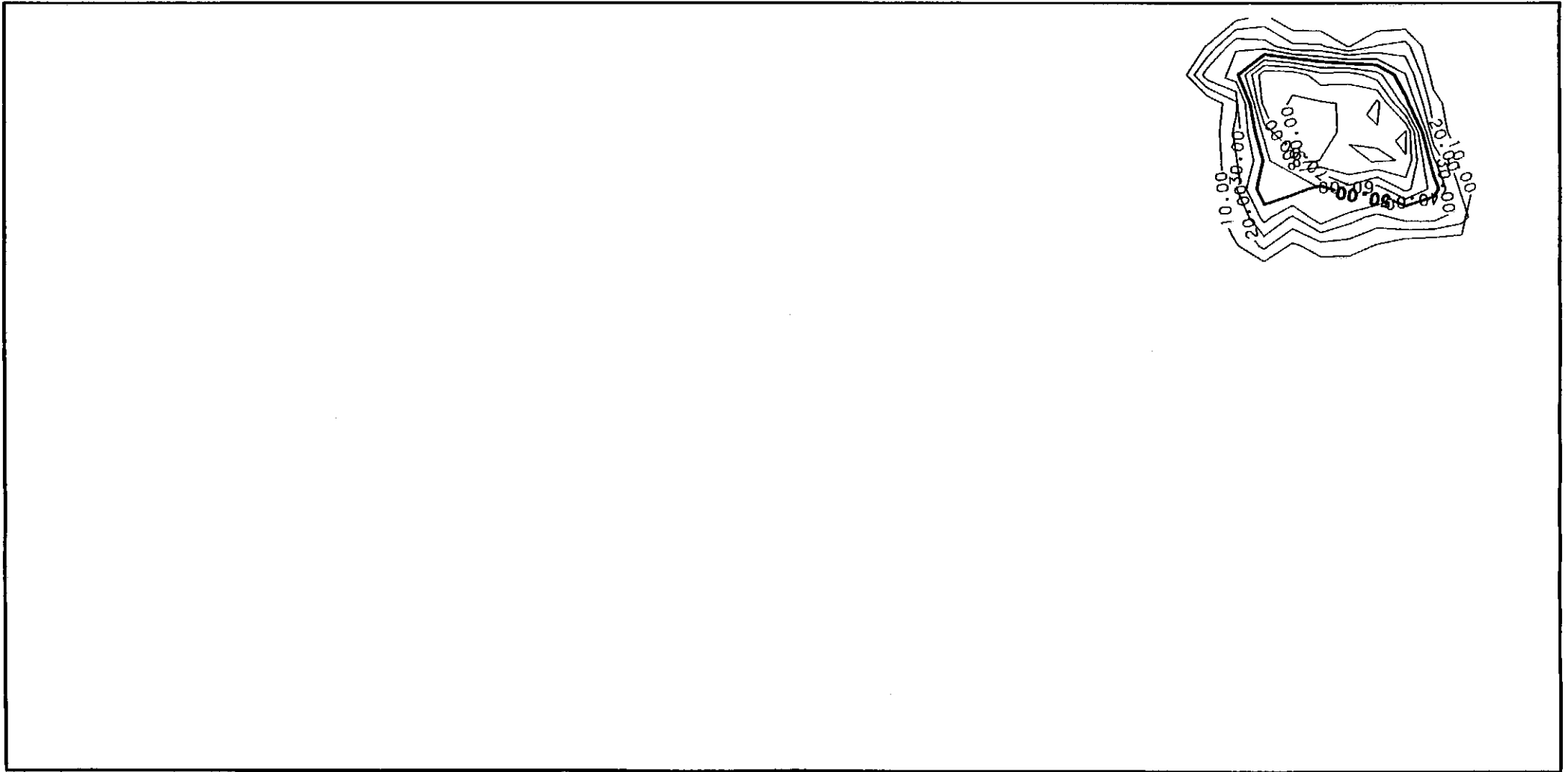
Figuur 10.16. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 1



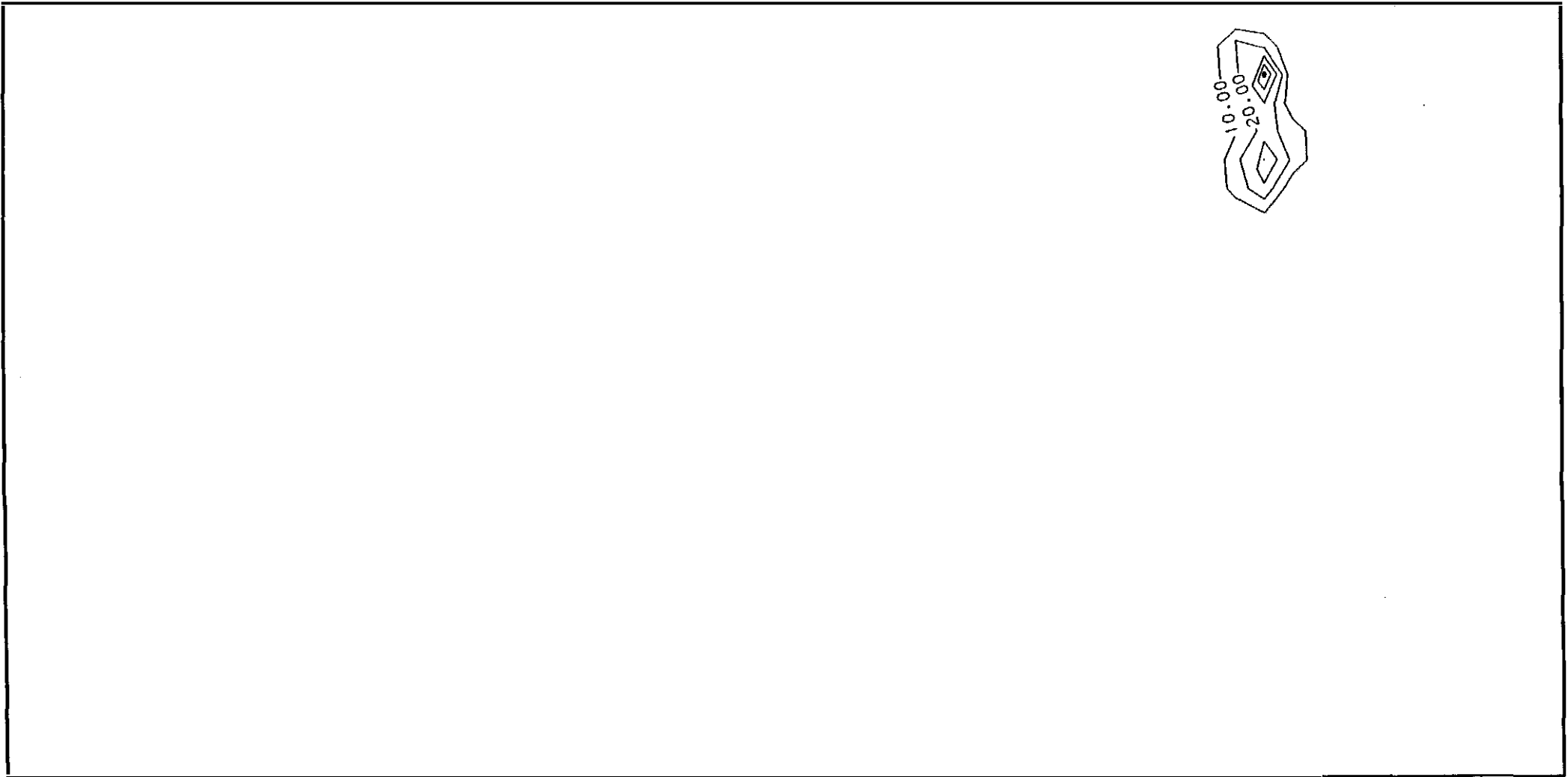
Figuur 10.17. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 2



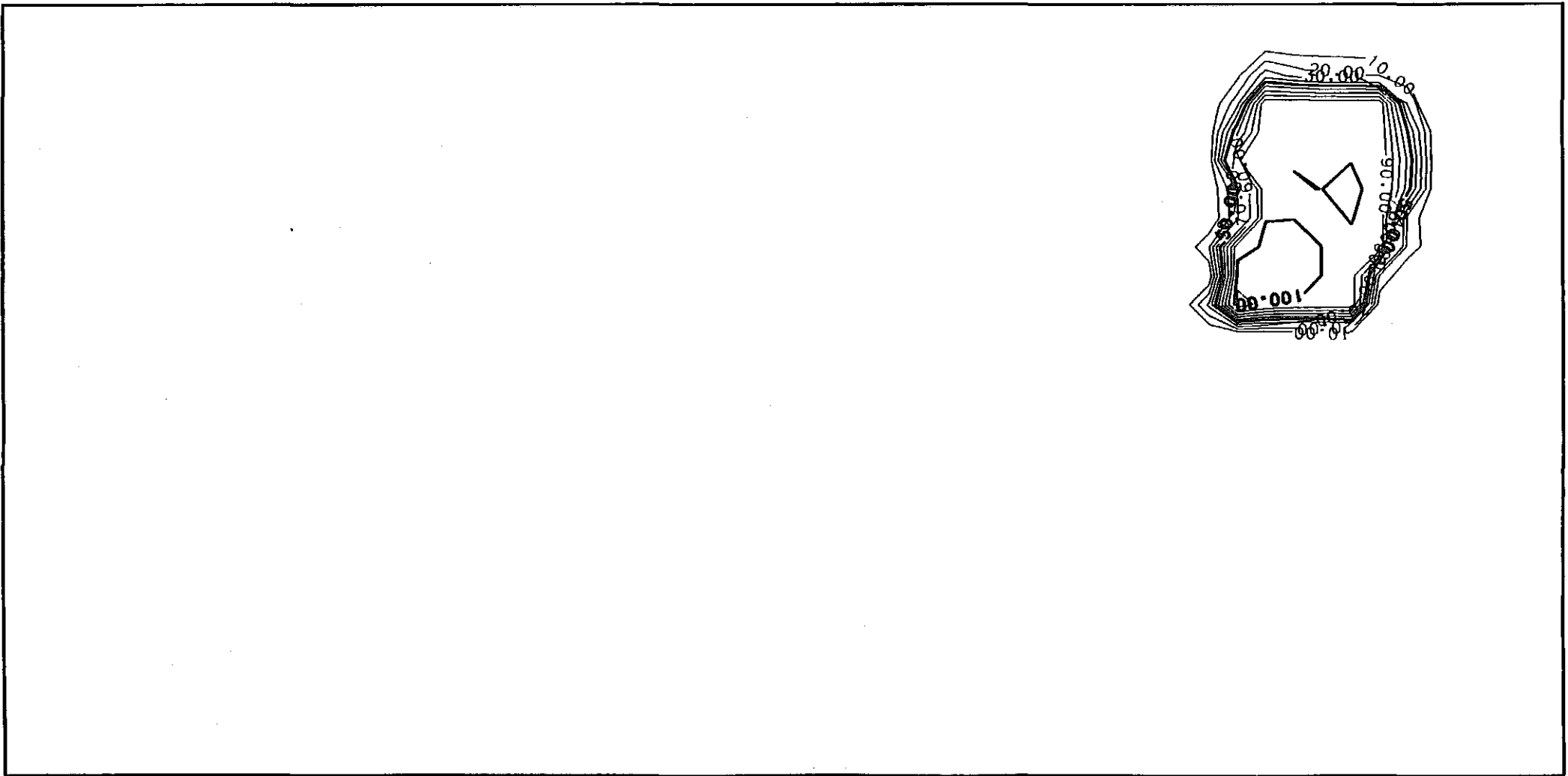
Figuur 10.18. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 3



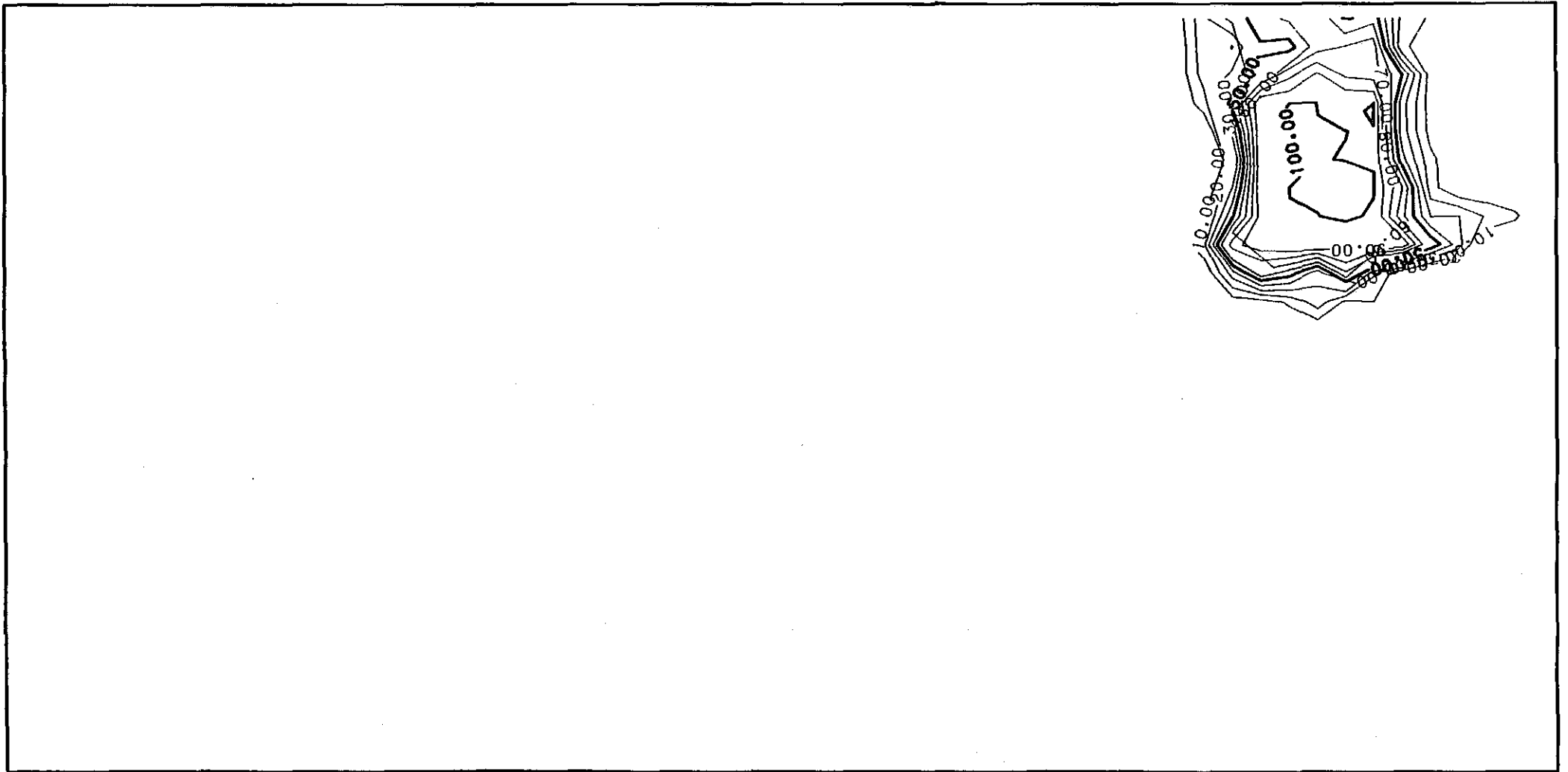
Figuur 10.19. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 4



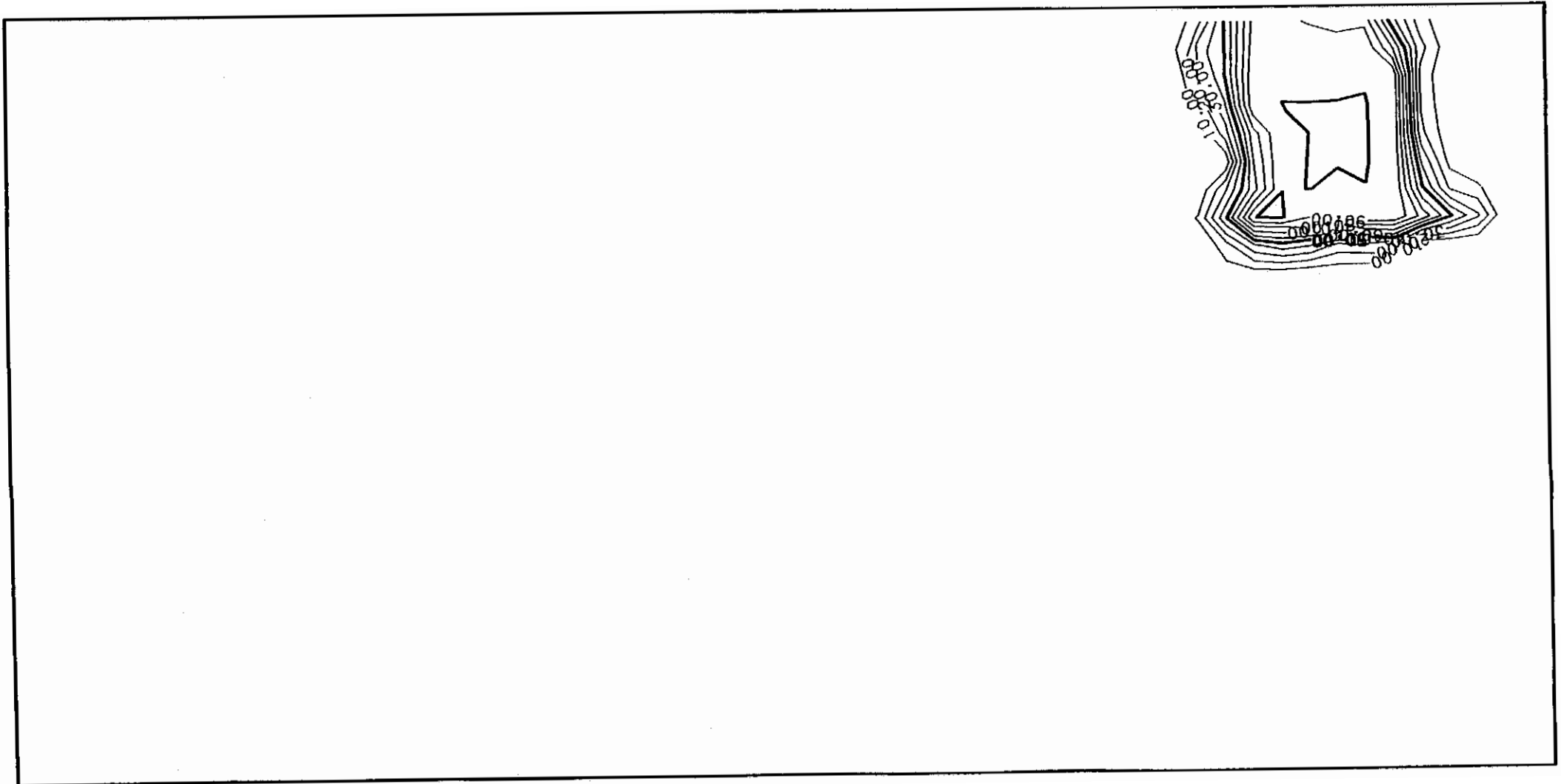
Figuur 10.20. Berekende concentraties na 15 jaar in laag 5



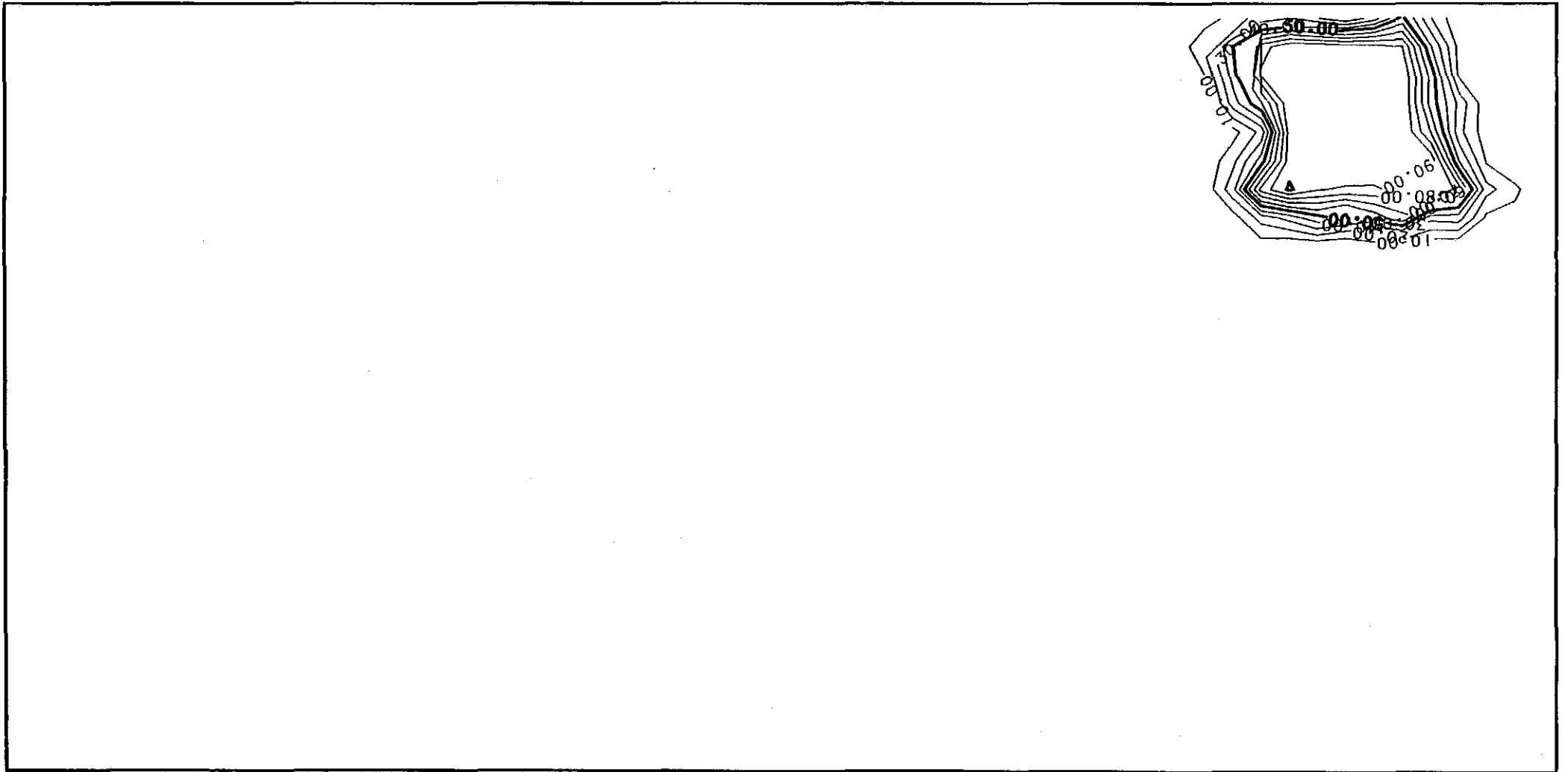
Figuur 10.21. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 1



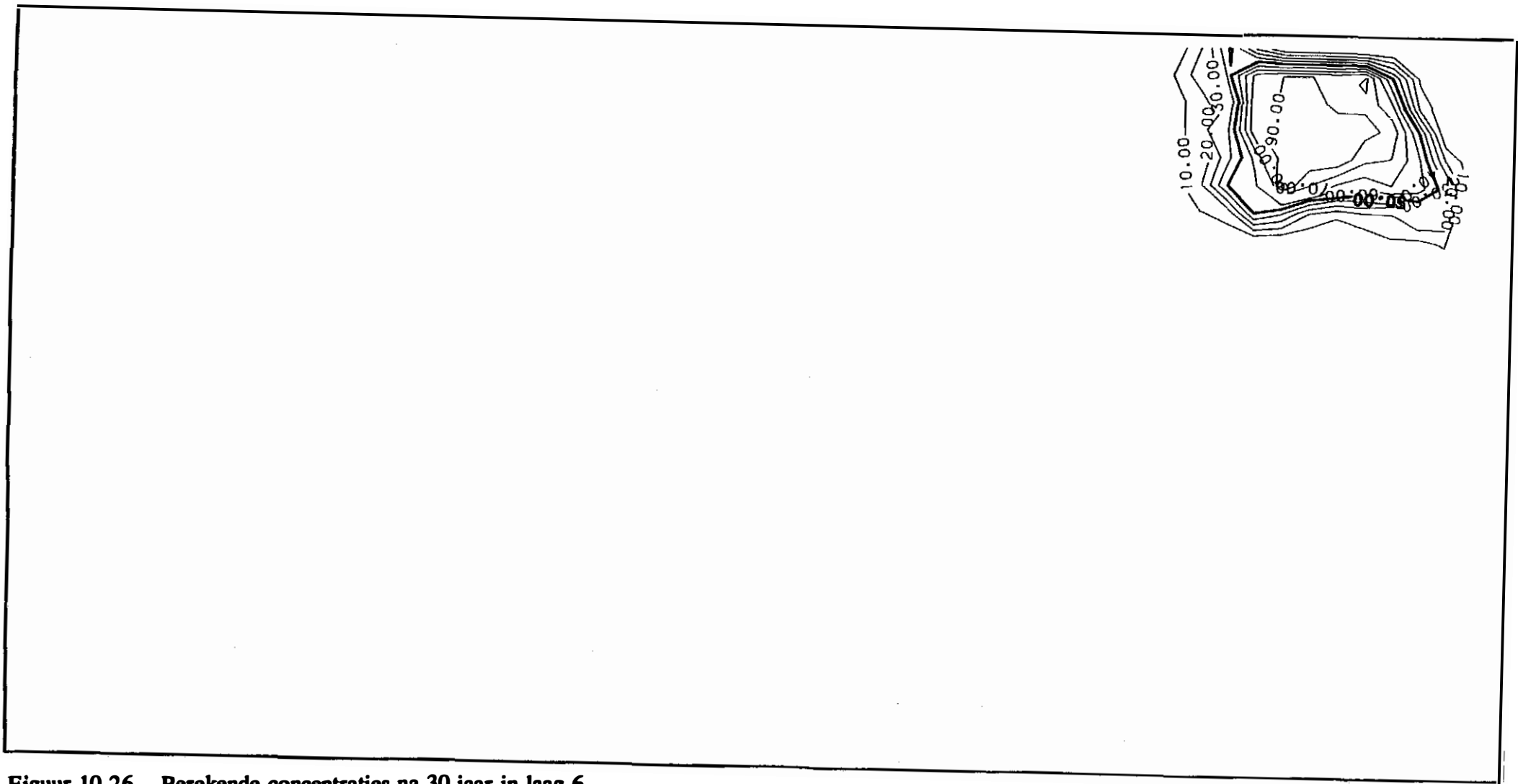
Figuur 10.23. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 3



Figuur 10.24. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 4



Figuur 10.25. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 5



Figuur 10.26. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 6



Figuur 10.27. Berekende concentraties na 30 jaar in laag 7

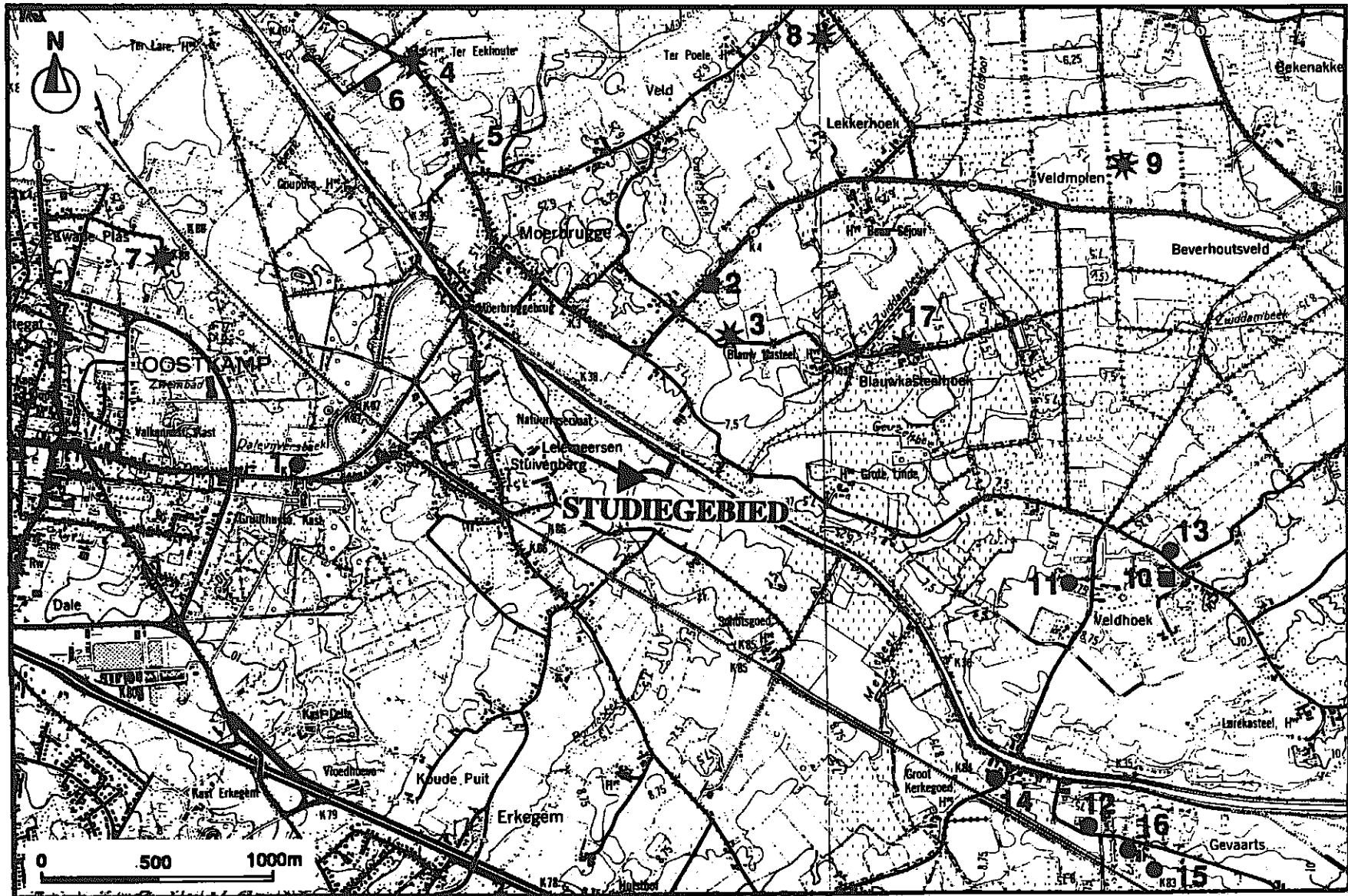
11. VERGUNDE GRONDWATERWINNINGEN

Binnen een straal van 4,5 km rond het natuurreservaat komen volgens de archieven van AMINAL 17 vergunde grondwaterwinningen voor. Van deze winningen zijn er 8 winningen uit het Lid van Egem (het vroegere Ieperiaanzand). De overige winnen grondwater uit het Ledo-Paniseliaan. Twee winningen zijn ondiep gelegen en vermoedelijk gebeurt de waterwinning uit het Lid van Vlierzele (Ledo-Paniseliaan).

Het jaarlijks vergund debiet van de waterwinningen varieert van 365 tot 22.000 m³. De kenmerken van de verschillende winningen, samen met het jaarlijks vergunde debiet en de aangepompte laag worden weergegeven in tabel 11.1; de ligging van de winningen is voorgesteld in figuur 11.1.

Deze vergunde grondwaterwinningen zullen geen invloed hebben op de grondwaterstroming in het ondiep grondwaterreservoir in het studiegebied.

Nummer	Bedrijf	Hoogte Maaiveld m T.A.W.	Aantal putten	Diepte in m	Aangepompte laag	Jaarlijks vergund debiet in m ³
1	Gemeentebestuur Oostkamp	10.00	1	40	Lid van Egem	21.900
2	Huys Chr.	6.25	2	4	niet gedefinieerd	365
3	Keereman D.	7.40	1	30	Ledo-Paniseliaan	390
4	Keereman E.	6.00	1	17	Ledo-Paniseliaan	1.095
5	Keereman L.	6.25	1	10	Ledo-Paniseliaan	730
6	Schatteman	4.00	1	43	Lid van Egem	20.000
7	Steyaert R.	6.25	1	27	Ledo-Paniseliaan	720
8	Gemeentebestuur Oostkamp	6.25	1	22	Ledo-Paniseliaan	1.277
9	De Meulemeester	6.25	1	35	Ledo-Paniseliaan	800
10	Dobbelaere	8.75	1	14	niet gedefinieerd	2.800
11	Sesselle D.	8.75	1	52	Lid van Egem	2.200
12	Teerlynck G.	8.75	1	40	Lid van Egem	550
13	Vanmaele	8.75	1	40	Lid van Egem	700
14	Vanpoecke N.	7.50	1	45	Lid van Egem	760
15	Vanrie R.	10.00	1	42	Lid van Egem	2.000
16	Verdegem C.V.	8.75	1	40	Lid van Egem	400
17	Keereman U.	7.50	1	35	Ledo-Paniseliaan	365



Legende

★ Ledo- Pansellaan

● Ieperiaan

■ niet-gedefinieerd

Figuur 11.1. Ligging van de grondwaterwinningsputten (archief AMINAL)

12. BESLUIT

Tot 1966 zijn geen sporen van stortactiviteiten waar te nemen. In 1979 kunnen verhoogde terreinen onderscheiden worden. De plaats waar de baggerspecie werd gestort is duidelijk af te lijnen door een verschillende tonaliteit met de omliggende weilanden. Het begin van de stortactiviteiten (huisvuil en baggerspecie) dateert van na 1966 en vóór 1979. Tussen 1979 en 1985 is de grootte van het huisvuilstort toegenomen. In 1985 zijn de stortactiviteiten beëindigd, getuige de begroeiing op alle percelen.

De bouw van de ondergrond is van groot belang voor de grondwaterstroming. Het sediment onder het stort is fijn korrelig en minder doorlatend dan in het overige deel van het studiegebied.

Het grondwaterreservoir in de onderzochte doorsnede bestaat uit twee slecht-doorlatende lagen en drie doorlatende lagen waarvan de bovenste een antropogene oorsprong heeft. Opvallend is dat, voor de beide onderste doorlatende lagen A en B, de korrelgrootte afneemt in de richting van het stort: ter hoogte van SB3 zijn de lagen middelmatig tot grof zandig, terwijl ze ter hoogte van het stort (SB5) fijn zandig of kleihoudend zijn. Ook de onderste slecht-doorlatende laag A' is belangrijker in de omgeving van de stortplaats.

De algemene grondwaterstroming in het Lid van Vlierzele is gericht vanaf Stuivenberg naar het kanaal toe. De horizontale grondwaterstroming in het beschouwde profiel (parallel aan het kanaal) is zeer beperkt. In het Lid van Egem gebeurt de grondwaterstroming integraal van noord naar zuid. tussen het Lid van vlierzele en het Lid van Egem treedt neerwaartse stroming op. Van maart tot mei wordt een grondwaterpeildaling waargenomen, gevolgd door een stijging in juni. Volgens het beschouwde profiel worden de peilschommelingen kleiner naar het westen. Ten zuiden van het profiel (SB2) treedt neerwaartse stroming in het Lid van vlierzele op. In het westelijk deel van het profiel (SB3) doet zich steeds opwaartse stroming voor. Naar het oosten toe wordt deze minder belangrijk. Ter hoogte van het stort treedt een neerwaartse stroming op bij lage stijhoogten (bv. in mei), terwijl er bij hoge peilen (bv. in maart en april) opwaartse stroming is. De stijghoogtewaarnemingen wijzen op een grondwaterscheidingskam ter hoogte van de westelijke gracht rond het stort. Er treedt een uitstroming op vanuit de gracht naar het onderliggende Lid van Vlierzele. Vanonder het stort stroomt het water naar het kanaal in het noorden en de Bornebeek in het oosten.

Uit de analyseresultaten is af te leiden dat de hydrochemische kenmerken voor laag A ten opzichte van laag B verschillen. De onderste laag A vertoont duidelijk een lagere mineralisatie (355 mg/l in SB1-F2 tot 413 mg/l in SB3-F1). In laag B is de mineralisatie beduidend hoger en varieert van 552 mg/l (SB5-F2) tot 2348 mg/l (SB5-F3).

De invloed van het stortpercolaat is zeer duidelijk in SB5-F3. Ook in SB6-F1 kan beïnvloeding door stortpercolaat vastgesteld worden. Kenmerkend voor deze beïnvloeding zijn vooral de hoge NH_4^+ -gehalten, naast de verhoogde Na^+ -, K^+ - en Cl^- -concentraties.

In enkele peilbuizen worden sporen aangetroffen van beïnvloeding door baggerspecie en/of agrarische activiteiten.

Het 3-dimensionaal grondwaterstromingsmodel MODFLOW berekent de algemene stroming van zuid naar noord, naar het Kanaal toe. Tussen de valleien van de Leiemeersebeek en de separaatgracht stelt zich nabij de watertafel, maar niet in het Lid van Vlierzele, een waterscheidingskam in. Onder de beekvalleien is er in het Lid van Vlierzele een opwaartse stroming. Vanuit het stort is de stroming vooral naar het Kanaal Gent-Brugge gericht. Er is ook een stroming naar de Bornebeek in het oosten en de ringgracht rond het stort in het westen. Na afgraving van de slibophoging wordt slechts een beperkte wijziging van het stromingspatroon berekend.

De verontreiniging veroorzaakt door het stort werd gesimuleerd met het opgeloste-stoffentransportmodel MT3D. De verontreiniging verspreidt zich langzaam in de diepte, terwijl de laterale verspreiding vooral gericht is naar het Kanaal toe. Daarnaast verspreidt het stortpercolaat zich in oostelijke richting via een vrij diepe beweging onder de laaggelegen weide naar de Bornebeek. Dit gebeurt uiterst langzaam doordat de belangrijkste grondwaterstroming in het Lid van Vlierzele zuid-noord gericht is. In westelijke richting verspreidt de verontreiniging zich volgens het huidig gekend stromingspatroon, niet voorbij de gracht ten westen van het stort. De verontreiniging onder het westelijk deel van het stort verplaatst zich in noordelijk richting naar het Kanaal. Het stortpercolaat dat in het Kanaal terecht komt, zal sterk verdund worden.

In verband met het milieuhygiënisch beheer van het gebied worden hieronder enkele aanbevelingen geformuleerd. Op grond van de resultaten van het onderzoek is het niet aangewezen te kiezen voor de verwijdering van het huisvuilstort, vermits niet kan worden aangetoond dat de aanwezigheid ervan het natuurherstel in het studiegebied zou hypothekeren. Evenmin wordt de volledige hydraulische isolering van het stort noodzakelijk en doenbaar geacht. In westelijke richting, waar zich het ecologisch meest waardevolle deel van het natuurreservaat bevindt, even als het gedeelte waarop zich thans de belangrijkste maatregelen t.b.v. natuurherstel concentreren, wordt geen invloed van het stort afgeleid. Het is evenwel van belang dat de ringgracht langs de westzijde van het stort aanwezig op het huidig peil gehandhaafd blijft. De gracht vormt nl. een waterscheidingskam in het Lid van Vlierzele en verhindert een stroming naar het westen. In oostelijke richting verspreidt de verontreiniging zich uiterst langzaam via een vrij diepe beweging in de richting van de Bornebeek. Zelfs na 30 jaar is de maximale laterale verspreiding nog niet doorgedrongen tot onder de Bornebeek. Bovendien situeert deze maximale verspreiding zich in het midden van het Lid van Vlierzele, en dus niet nabij de oppervlakte. Het verdient de aanbeveling de nodige aandacht te schenken aan de afwerking van de bovenkant van het stort, teneinde het binnendringen van water in het stortmateriaal te vermijden, en om de stortplaats ruimtelijk te integreren. Hierbij wordt gedacht aan een afdichtlaag en een eindafdek (VAN GRIMBERGEN, 1995). De afdichtlaag dient te bestaan uit slecht doorlatend bodemmateriaal met daarboven een kunstmatige afdichting van aaneengelaste foliematerialen, tussen aangepaste beschermingslagen. Een licht verhang overeenkomstig het afwateringsplan is noodzakelijk om de afvloeiing van het regenwater mogelijk te maken. Bovenop de afdichtlaag wordt het eindafdek aangebracht. Dit bestaat uit een drainerende laag van minstens 0.3 m dikte, met daarboven een bewortelingslaag van minstens 0.7 m dikte. Deze laag wordt ingezaaid met gras. De begroeiing mag de aangebrachte afdichtlaag niet kunnen beschadigen. De ontwikkeling van hoog-stammige gewassen moet worden verhinderd.

Dank zij maatregelen die het verder binnendringen van water in het stortmateriaal vermijden, zal de verdere verspreiding van de verontreiniging worden beperkt.

Een bewaking van de grondwaterstroming rond het stort, door de regelmatige opvolging

van peilbuizen, wordt aanbevolen. Op deze wijze kan een eventueel gewijzigd stromingspatroon, bv. als gevolg van waterwinning uit het Lid van Vlierzele, tijdig worden opgespoord.

BIBLIOGRAFIE

Mc DONALD, M., HARBAUGH, A. (1988). A modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model. Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey. Book 6. Chapter A1.

STUYFZAND, P.J. (1986). A new hydrochemical classification of watertypes: Principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands. Proceedings of the 9 th. Salt Water Intrusion Meeting, Delft, p. 641-655.

VAN DYCK, E., LEBBE, L., WALRAEVENS, K. & DE BREUCK, W. (1984). Hydrogeologische studie van de Ledo-Paniseliaanlaag onder het Drongengoed te Ursel (Knesselare), Gent: Universiteit Gent, 147 p. + bijlagen en platen.

WALRAEVENS, K. (1987). Hydrogeologie en hydrochemie van het Ledo-Paniseliaan in Oost- en West-Vlaanderen. Gent: Rijksuniversiteit Gent (doctoraatsthesis), 350p.

WALRAEVENS, K., MARTENS, K., DECLEER, K. & DE BREUCK, W. (1995). Invloed van een oud huisvuilstort op het grondwater in het natuurreservaat 'De Leiemeersen' (Oostkamp, West-Vlaanderen). *Water*, 81, 94.

ZHENG, C. (1992). MT3D, a modular three-dimensional transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in groundwater systems. Documentation and user's guide. S.S. Papadopoulos & Associates, Inc.

BIJLAGEN

1. BOORSTATEN

ONDERZOEK NR.: 94/44
ONDERZOEK: Natuurherstel, Leiemeersen
BOORPLOEG : RB, EP, KM
DATUM: F1: 21/02/1995
 F2: 03/03/1995
 F3: 06/03/1995

GRONDBESCHRIJVING DOOR : KM
GEOL./PEDOL. KAART NR. : 38W
X = 72950 Y = 205560

BORING NR.: SB1
OPDRACHTGEVER: AMINAL
BOORMEESTER: RB
BOORTOESTEL: F1: spobo2
 F2: spobol
 F3: handspoelboring
KAART NGI NR.: 13/5
GEMEENTE : Oostkamp
PEIL MAAIVELD: 6,90 (m TAW)

BOORWIJZE	DIAMETER (mm)	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)
		van - tot
F1 beitel rolbeitel beitel	150	0,00 - 12,10
	150	12,10 - 24,40
	150	24,40 - 45,00
F2 beitel	120	0,00 - 12,00
F3 handspoelboring		0,00 - 6,00

TYPE BOORSPOELING: direct **FILTERS IN ZELFDE BOORGAT:** neen
TYPE BOORGATMETINGEN: F1: LN, SN, PW, GAMMA, DIA, SP;
 F2: manueel: LN & SN, gamma (automatisch)

FILTERDIEPTE (t.o.v. maaiveld): F1: 33,00 - 34,00 m
 F2: 10,50 - 11,50 m
 F3: 5,50 - 6,50 m

TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTERS: PVC ϕ 63/58 mm
 verbindingen: gelijkde moffen

FILTEROPENINGEN: horizontale zaagsnede (0,3 mm)

OMSTORTING: gecalibreerd zand (0,7-1,25 mm)

STOP(PEN): kleipelletts COMPACTONIT

MATERIAAL BOORGATOPVULLING: opgeboorde grond

SCHOONPOMPEN - METHODE: centrifugaalpomp gedurende 15 minuten
 debiet (m³/h): F1: ?; F2: 500 l/h; F3: 1800 l/h

MANIER VAN AFWERKING:

F1: 45,00 - 30,00 m: zand	F2: 12,00 - 10,50 m: zand
30,00 - 24,00 m: klei	10,50 - 8,90 m: klei
24,00 - 2,70 m: zand	8,90 - 2,90 m: zand
2,70 - 1,60 m: klei	2,90 - 1,45 m: klei
1,60 - 0,00 m: zand	1,45 - 0,00 m: zand

F3: onmogelijk te bepalen

Beschrijving van de grond SB1	Diepte (m)	
	van	tot
zwart slib	0,00	2,00
klei	2,00	2,50
groen fijn zand	2,50	3,00
grijs fijn zand met weinig glauconiet	3,00	5,00
grijsgroen glauconiethoudend fijn zand	5,00	6,00
grijsgroen glauconiethoudend fijn zand met kwartskorrels	6,00	6,50
grijs fijn zand met minder glauconiet	6,50	8,50
groenbruine middelmatig tot fijn zand	8,50	9,10
groengrijze glauconiethoudend middelmatig zand met lichtgroene klei	9,10	10,00
grijsgroen glauconiethoudend fijn zand	10,00	10,50
grijsgroen glauconiethoudend kleilig middelmatig zand	10,50	10,90
groen sterk glauconiethoudend middelmatig tot grof zand	10,90	11,50
grijsgroen sterk glauconiethoudend grof zand dat met toenemende diepte overgaat naar grijs glauconiethoudend middelmatig zand	11,50	12,00
afwisseling van harde en zachte groene glauconietzandsteen met aanwezigheid van silexfragmenten	12,00	14,10
grijs glauconiethoudend middelmatig tot fijn zand met glimmers en schelpgruis	14,10	15,50
groengrijze glauconietzandsteen	15,50	16,00
grijs kleilig zand met glauconiet en weinig schelpgruis	16,00	17,30
grijze zandige klei, glauconiet en zeer weinig schelpgruis	17,30	18,00
grijsbruin kleilig zand met glauconiet	18,00	19,00
zandsteen	19,00	19,50
grijsbruin kleilig zand met glauconiet	19,50	20,10
zandsteen	20,10	20,80
grijsbruin zandige klei met glauconiet	20,80	21,60
grijze zandige klei	21,60	22,60
grijze zandige klei met glauconiet	22,60	23,00
grijze weinig zandhoudende klei met glauconiet	23,00	25,55
grijze harde klei	25,55	25,65
grijze klei met weinig glauconiet	25,65	27,00
grijze plastische klei dat overgaat naar grijze zware klei	27,00	31,00
groen sterk glauconiethoudend fijn zand dat overgaat naar grijs glauconiethoudend fijn zand	31,00	38,05
grijze weinig zandhoudende klei met glauconiet	38,05	38,50
grijs fijn zand met veel glauconiet	38,50	40,50
grijs kleilig fijn zand met veel glauconiet (klei gehalte neemt toe met de diepte)	40,50	42,10
grijze slappe weinig glauconiethoudende klei	42,10	45,00

Geologische interpretatie SB1

0,00 - 2,00 m : baggerslib
2,00 - 2,50 m : alluviale klei
2,50 - 16,00 m : Lid van Vlierzele
16,00 - 26,20 m : Lid van Pittem
26,20 - 31,00 m : Lid van Merelbeke
31,00 - 45,00 m : Lid van Egem

ONDERZOEK NR.: 94/44
ONDERZOEK: Natuurherstel, Leiemeersen
DATUM: F1:28/02/1995; F2 & F3: 9/03/1995
BOORTOESTEL: F1: spobo2, F2-F3: spobol
GRONDBESCHRIJVING DOOR: KM
KAART NGI NR.: 13/5
X = 72780 Y = 205330

BORING NR.: SB2
OPDRACHTGEVER: AMINAL
BOORPLOEG: RB, EP & KM
BOORMEESTER: RB
GEOL./PEDOL. KAART NR.: 38W
GEMEENTE: Oostkamp
PEIL MAAIVELD: 8,60 (mTAW)

BOORWIJZE	DIAMETER (mm)	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)
		van - tot
F1		
beitel	200	0,00 - 1,50
beitel	150	1,50 - 12,00
rolbeitel	150	12,00 - 27,00
beitel	150	27,00 - 39,00
F2 & F3		
beitel	120	0,00 - 12,00

TYPE BOORSPOELING: direct **FILTERS IN ZELFDE BOORGAT:** neen
TYPE BOORGATMETINGEN: F1: LN, SN, PW, GAMMA, DIA, SP;
 F2: manueel: LN & SN, gamma (automatisch)
FILTERDIEPTE (t.o.v. maaiveld): F1: 32,00 - 33,00 m
 F2: 11,00 - 12,00 m
 F3: 6,50 - 7,50 m

TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTERS: PVC ϕ 63/58 mm
 verbindingen: gelijmde moffen

FILTEROPENINGEN: horizontale zaagsnede (0,3 mm)

OMSTORTING: gecalibreerd zand (0,7-1,25 mm)

STOP(PEN): kleipellets COMPACTONITE

MATERIAAL BOORGATOPVULLING: opgeboorde grond

SCHOONPOMPEN - METHODE: centrifugaalpomp gedurende 15 minuten
 debiet (m³/h) : F1: ?; F2: 1500 l/h; F3: 1000 l/h

MANIER VAN AFWERKING:

F1: 39,00 - 30,20 m: zand
 30,20 - 26,10 m: klei
 26,10 - 0,00 m: zand

F2: 12,00 - 10,15 m: zand
 10,15 - 8,95 m: klei
 8,95 - 3,85 m: zand
 3,85 - 2,95 m: klei
 2,95 - 0,00 m: zand

F3: 7,50 - 4,05 m: zand
 4,05 - 2,90 m: klei
 2,90 - 0,00 m: zand

Beschrijving van de grond SB2	Diepte (m)	
	van	tot
donkerbruin fijn zand met steengruis	0,00	1,25
lichtbruin fijn tot zeer fijn zand met oker en donderbruin middelmatig zand	1,25	2,00
oker plastische silt met lichtbruine harde klei	2,00	4,00
bruingrijs fijn zand met weinig glauconiet	4,00	4,20
grijs weinig glauconiethoudend fijn zand met glimmers	4,20	5,10
zandsteenlaag	5,10	5,15
lichtgrijs tot grijs weinig glauconiethoudend fijn tot middelmatig zand, glimmers en weinig schelpgruis	5,15	6,00
grijs glauconiethoudend zeer fijn zand, kwartskorrels, glimmers	6,00	6,80
grijs glauconiethoudend middelmatig zand, veel glimmers	6,80	7,50
grijze klei	7,50	7,60
grijsgroen sterk glauconiethoudend fijn zand, glimmers	7,60	8,00
lichtgrijs sterk glauconiethoudend siltig, zeer fijn zand, veel glimmers	8,00	8,40
grijsgroen wlaconiethoudend middelmatig tot fijn zand, glimmers, zeer weinig schelpgruis, hout en veen	8,40	9,00
grijs middelmatig zand, weinig glauconiet	9,00	10,30
grijze weinig zandhoudend slappe klei, weinig glauconiet	10,30	11,00
grijze glauconietzandsteen	11,00	11,10
grijs middelmatig tot grof glauconiethoudend zand met tussenin verkitte zandlagen	11,10	12,00
grijze glauconietzandsteen	12,00	12,20
grijs middelmatig tot grof glauconiethoudend zand	12,20	12,90
grijze glauconietzandsteen	12,90	12,95
groen fijn zand	12,95	13,10
donkergrijze sterk glauconiethoudend zand	13,10	13,60
donkergrijs glauconiethoudend grof zand met glimmers	13,60	15,60
verkit donkerbruin grijs middelmatig zand met weinig schelpgruis	15,60	16,40
grijs glauconiethoudend kleiig zand met glimmers en weinig schelpgruis	16,40	17,00
grijs glauconiethoudende zandige klei	17,00	17,40
grijs weinig zandhoudende klei met glauconiet (chertfragmentje en grijze glauconiethoudend steentje met schelpfragmentje erin	17,40	17,80
grijze glauconiethoudende slappe klei	17,80	18,80
grijze weinig zandhoudende klei met glauconiet	18,80	19,10
grijze glauconietzandsteen	19,10	19,50
grijze glauconietzandsteen	19,50	19,55
grijs glauconiethoudend kleiig zand	19,55	20,60
grijze glauconietzandsteen	20,60	20,65
grijs glauconiethoudend kleiig zand	20,65	20,80
grijze glauconietzandsteen	20,80	21,00
grijs glauconiethoudend fijn zand	21,00	21,60
grijs kleiig zand met glauconiet	21,60	21,70

Beschrijving van de grond SB2 (vervolg)	Diepte (m)	
	van	tot
grijs glauconietzandsteen	21,70	21,95
afwisseling van grijsgroene en grijze, zandhoudende en weinig zandhoudende klei met glauconiet	21,95	23,15
grijsgroene zandhoudende klei met glauconiet	23,15	24,40
groengrijze weinig zandhoudende klei met glauconiet	24,40	25,90
grijze vaste klei (maakt rolletjes bij boren)	25,90	31,50
groen weinig kleihoudend fijn zand met veel glauconiet	31,50	31,70
grijsgroen fijn zand met veel glauconiet	31,70	37,80
grijze plastische klei	37,80	39,00

Geologische interpretatie

0,00 - 1,25 m: bodem
 1,25 - 4,50 m: kwartair
 4,50 - 16,40 m: Lid van Vlierzele
 16,40 - 25,90 m: Lid van Pittem
 25,90 - 31,50 m: Lid van Merelbeke
 31,50 - 39,00 m: Lid van Egem

Beschrijving van de grond SB3	Diepte (m)	
	van	tot
donkerbruine klei	0,00	0,50
okergekleurde klei	0,50	0,75
zwarte tot donkergrijze weinig zandhoudende klei	0,75	1,75
donkergrijze klei	1,75	2,40
grijsbruin fijn zand met weinig glauconiet	2,40	3,00
grijsgroen fijn zand met weinig glauconiet en weinig schelpgruis	3,00	3,30
grijsgroen middelmatig zand met weinig glauconiet en schelpgruis	3,30	3,70
grijs glauconiethoudend middelmatig zand met schelpgruis	3,70	4,40
grijs glauconiethoudend middelmatig zand	4,40	5,70
grijs glauconiethoudend zandige klei met glimmers	5,70	6,70
grijs glauconiethoudend fijn zand met glimmers	6,70	8,90
donkergrijs glauconiethoudend middelmatig tot grof zand, veel schelpfragmenten, glimmers	8,90	10,40
grijs glauconiethoudend middelmatig tot grof zand met glimmers en veel schelpfragmenten, tussenin dunne zandsteenlaagjes	10,40	10,42
groen glauconiethoudend middelmatig zand met veel schelpfragmenten	10,42	11,50
grijsgroen glauconiethoudend middelmatig zand met veel schelpfragmenten	11,50	12,00
grijsgroen glauconiethoudend fijn zand met glimmers	12,00	13,70
grijsgroen kleilig glauconiethoudend zeer fijn zand met glimmers	13,40	14,30
grijsgroen glauconiethoudend middelmatig zand met weinig schelpgruis	14,00	15,00
harde zandsteenlaag	15,00	15,00

Geologische interpretatie

0,00 - 2,40 m: alluviale klei
2,40 - 15,00 m: Lid van Vlierzele

ONDERZOEK NR.: 94/44
ONDERZOEK: Natuurherstel, Leiemeersen
DATUM: 6 maart 1995
GRONDBESCHRIJVING DOOR: KM
BOORTOESTEL: F1 & F2:spobo1; F3: handspobo
KAART NGI NR.: 13/5
GEMEENTE: Oostkamp
X = 72980 Y = 205555

BORING NR.: SB4
OPDRACHTGEVER: AMINAL
BOORPLOEG: RB, EP, KM
BOORMEESTER: RB
GEOL./PEDOL. KAART NR.: 38W
ZMV = 6,90 (mTAW)

BOORWIJZE	DIAMETER (mm)	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)
		van - tot
F1: beitel	120	0,00 - 11,95
F2: beitel	120	0,00 - 7,00
F3: beitel		0,00 - 3,10

TYPE BOORSPOELING: direct **FILTERS IN ZELFDE BOORGAT:** neen
TYPE BOORGATMETINGEN: F1: manueel: LN & SN, gamma (automatisch)
FILTERDIEPTE (t.o.v. maaiveld): F1: 10,70 - 11,00
F2: 6,00 - 7,00
F3: 2,10 - 3,10

TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTERS: PVC ϕ 63/58 mm
verbindingen: gelijmde moffen

FILTEROPENINGEN: horizontale zaagsnede (0,3 mm)

OMSTORTING: gecalibreerd zand (0,7-1,25 mm)

STOP(PEN): kleipellets COMPACTONIT

MATERIAAL BOORGATOPVULLING: opgeboorde grond

SCHOONPOMPEN - METHODE: centrifugaalpomp gedurende 15 minuten
debiet (m³/h): F1: 100 l/h; F2: 800 l/h; F3: ?

MANIER VAN AFWERKING:

F1: 11,95 - 10,00 m: zand	F2: 7,00 - 2,60 m: zand
10,00 - 7,70 m: klei	2,60 - 1,60 m: klei
7,70 - 1,50 m: zand	1,60 - 0,00 m: zand
1,50 - 1,00 m: klei	
1,00 - 0,00 m: zand	

F3: onmogelijk te bepalen

Beschrijving van de grond SB4	Diepte (m)	
	van	tot
lichtbruin fijn zand met kwarts	0,00	0,50
grijs middelmatig zand met zeer weinig zwart slib, baksteenbrokjes	0,50	1,70
lichtbruin hout en weinig veen	1,70	2,10
lichtbruin grijs zeer fijn zand	2,10	3,50
lichtgrijs weinig glauconiethoudend fijn zand, kwarts- korrels, glimmers	3,50	5,00
grijsgroen weinig glauconiethoudend fijn zand, glim- mers en kwartskorrels, zeer weinig schelpmateriaal	5,00	7,00
grijs kleiig fijn zand, zeer weinig glauconiet, houtbrok- jes en veen	7,00	7,20
grijsgroene zandige klei	7,20	8,00
grijsgroene zandige klei, weinig schelpfragmenten	8,00	8,50
grijs kleiig fijn zand met schelpfragmenten, veen en zeer weinig glauconiet	8,50	9,00
groengrijs glauconiethoudend kleiig fijn zand	9,00	9,80
groen sterk glauconiethoudend fijn zand waarvan het glauconietgehalte toeneemt met de diepte	9,80	10,50
groengrijs sterk glauconiethoudend middelmatig zand	10,50	10,70
groengrijs samengekit grof zand	10,70	10,75
groengrijs samengekit samengekit zand met weinig klei	10,75	11,85
grijsgroen kleiig samengekit samengekit zand met veel glauconiet	11,85	11,95

Geologische interpretatie

0,00 - 2,00 m: aangevoerd zand

2,00 - 11,95 m: Lid van Vlierzele

ONDERZOEK NR.: 94/44

ONDERZOEK: Natuurherstel, Leiemeersen

DATUM: F1: 7 maart 1995 ; F2: 8 maart 1995

GRONDBESCHRIJVING DOOR: KM

BOORTOESTEL: F1, F2: Spobol; F3: handspobo

KAART NGI NR.: 13/5

GEMEENTE: Oostkamp

X = 73215 Y = 205500

BORING NR.: SB5

OPDRACHTGEVER: AMINAL

BOORPLOEG: RB, EP, KM

BOORMEESTER: RB

GEOL./PEDOL. KAART NR.: 38W

PEIL MAAIVELD: 8,12 (mTAW)

BOORWIJZE	DIAMETER (mm)	DIEPTE ONDER MAAIVELD (in m)
		van - tot
F1: beitel	120	0,00 - 12,70
F2: beitel	120	0,00 - 8,40
F3: beitel		0,00 - 4,40

TYPE BOORSPOELING: direct **FILTERS IN ZELFDE BOORGAT:** neen

TYPE BOORGATMETINGEN: F1: manueel: LN & SN, gamma (automatisch)

FILTERDIEPTE (t.o.v. maaiveld): F1: 11,50 - 12,50

F2: 7,40 - 8,40

F3: 3,40 - 4,40

TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTERS: PVC ϕ 63/58 mm

verbindingen: gelijkde moffen

FILTEROPENINGEN: horizontale zaagsnede (0,3 mm)

OMSTORTING: gecalibreerd zand (0,7-1,25 mm)

STOP(PEN): kleipellets COMPACTONIT

MATERIAAL BOORGATOPVULLING: opgeboorde grond

SCHOONPOMPEN - METHODE: centrifugaalpomp gedurende 15 minuten

debiet (m³/h): F1: 200 l/h; F2: 1000 l/h; F3: ?

MANIER VAN AFWERKING:

F1: onmogelijk te meten

25 kg zand

18 kg klei

zand tot aan maaiveld

F2: 8,40 - 3,65 m: zand

3,65 - 1,40 m: klei

1,40 - 0,00 m: zand

F3: onmogelijk te bepalen

Beschrijving van de grond SB5	Diepte (m)	
	van	tot
huisvuil, voornamelijk plastic, piepschuim en stoffen	0,00	2,00
grijs tot zwart schelphoudend fijn zand	2,00	2,50
grijsgroen kleilig zand	2,50	3,20
lichtbruin dat overgaat naar grijsgroen fijn tot zeer fijn	3,20	5,50
zand met zeer weinig glauconiet, weinig glimmers en weinig kwarts	5,50	7,00
grijsgroen glauconiethoudend fijn zand met houtfrag- menten	7,00	7,50
grijs glauconiethoudend middelmatig tot fijn zand	7,50	8,40
grijs zandige klei (zeer weinig monster gezien)		
grijs kleilig zand (idem)	8,40	9,40
grijsgroen glauconiethoudend zandige klei	9,40	9,50
grijs glauconiethoudend middelmatig zand met weinig schelpgruis	9,50	9,90
dunne zandsteenlaag	9,90	10,50
grijsbruin weinig glauconiethoudend middelmatig zand	10,50	10,52
dat overgaat naar een grijsgroen zand	10,52	11,50
grijsgroen glauconiethoudend zandige klei, glimmers	11,50	11,70
grijsgroen sterk glauconiethoudend kleilig middelmatig zand	11,70	12,50
zandsteen (zeer hard)	12,50	12,70

Geologische interpretatie

0,00 - 2,00 m: stort
2,00 - 2,50 m: aangevoerd zand
2,50 - 12,70 m: Lid van Vlierzele

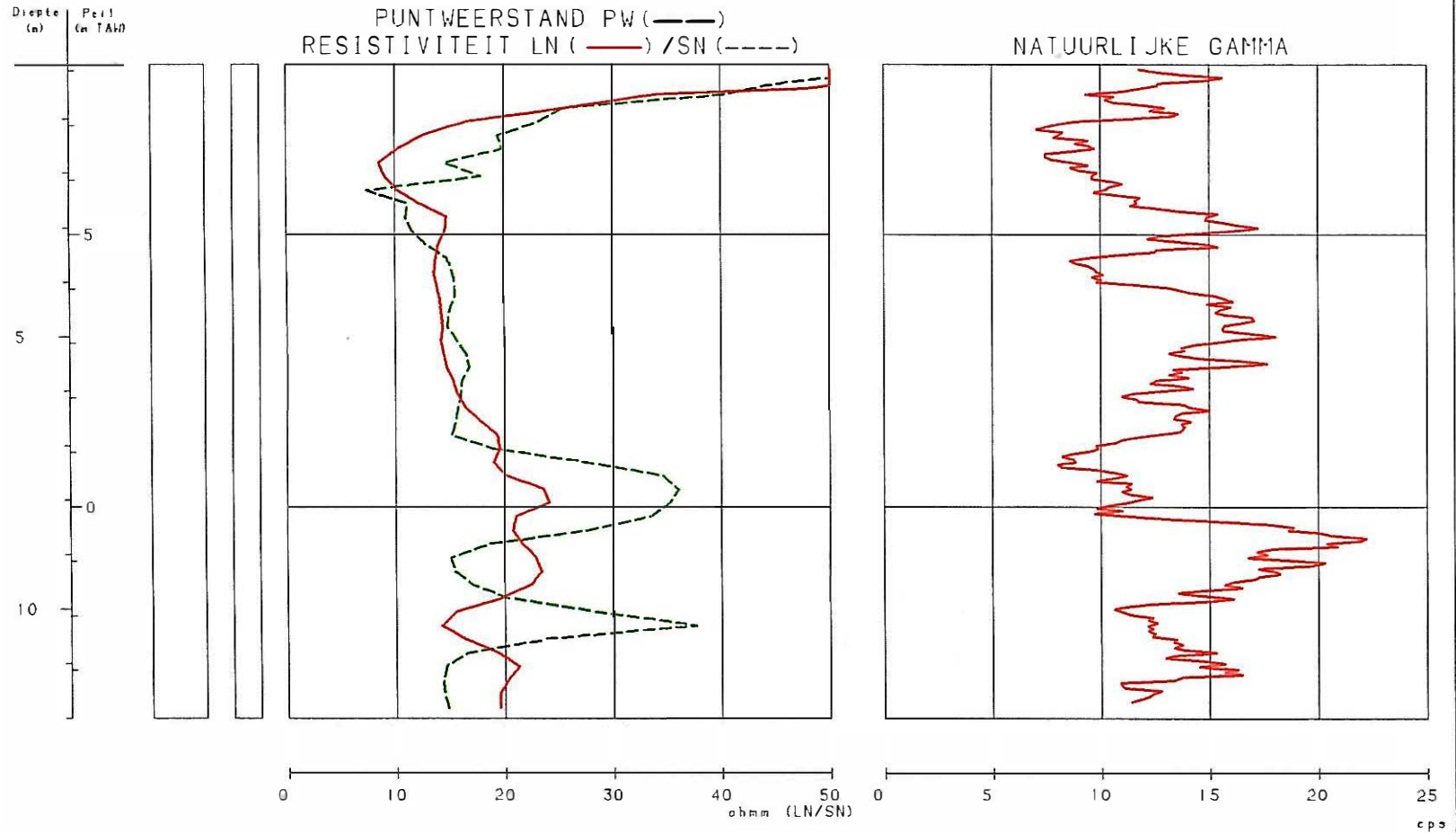
2. BOORGATMETINGEN

AMINAL

UNIVERSITEIT GENT
LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE
EN HYDROGEOLOGIE
Prof. Dr. W. De Breuck

BOORGATMETING SB5

PROJECT NR: TG094044
BORING NR: SB5
DATUM: 07/03/95
GEMEENTE: Oostkamp



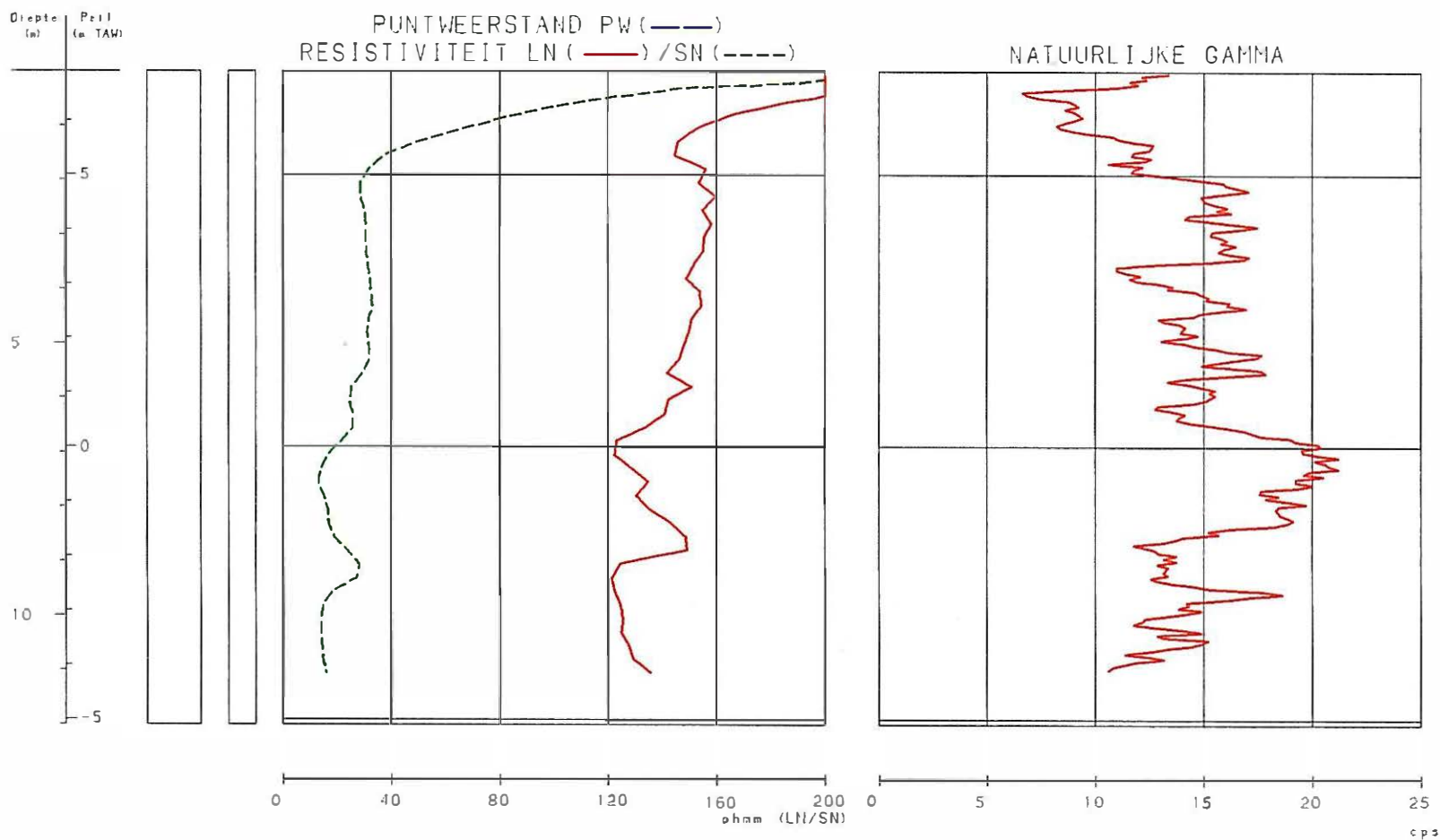
AMINAL

UNIVERSITEIT GENT
LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE
EN HYDROGEOLOGIE
Prof. Dr. W. De Breuck

BOORGATMETING SB4

PROJECT NR: TG094044
BORING NR: SB4
DATUM: 06/03/95
GEMEENTE: Oostkamp

Diepte (m) Peil (m TAW)



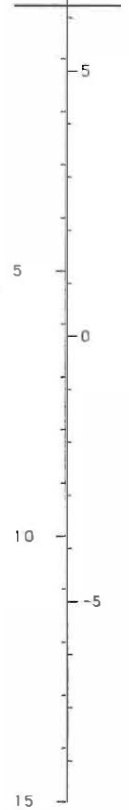
AMINAL

UNIVERSITEIT GENT
LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE
EN HYDROGEOLOGIE
Prof. Dr. W. De Breuck

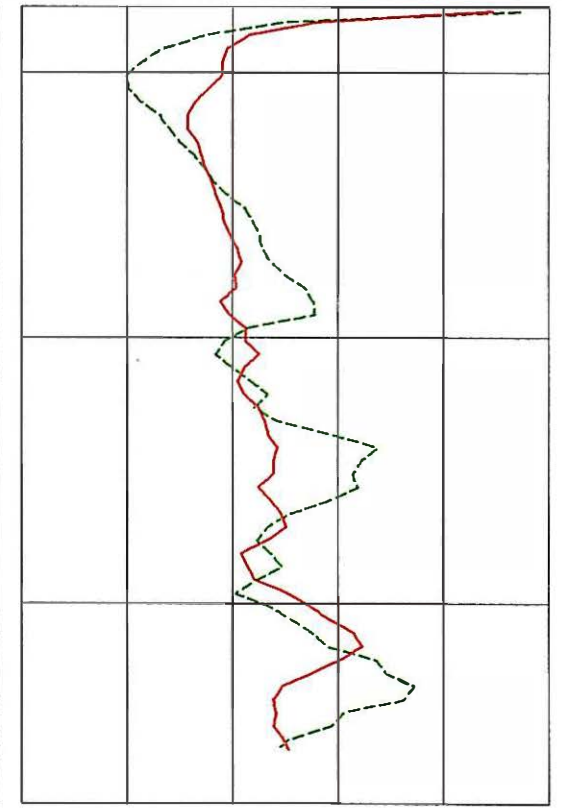
BOORGATMETING SB3

PROJECT NR: TG094044
BORING NR: SB3
DATUM: 02/03/95
GEMEENTE: Dorsikemp

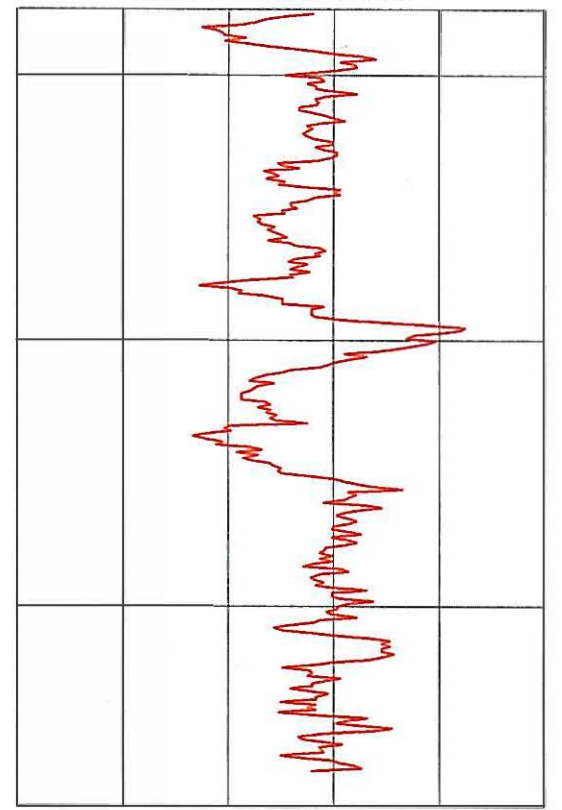
Dikte
(m) Perit
to TAVO



PUNTWEERSTAND PW (—) / SN (-----)
RESISTIVITEIT LN (—) / SN (-----)



NATUURLIJKE GAMMA

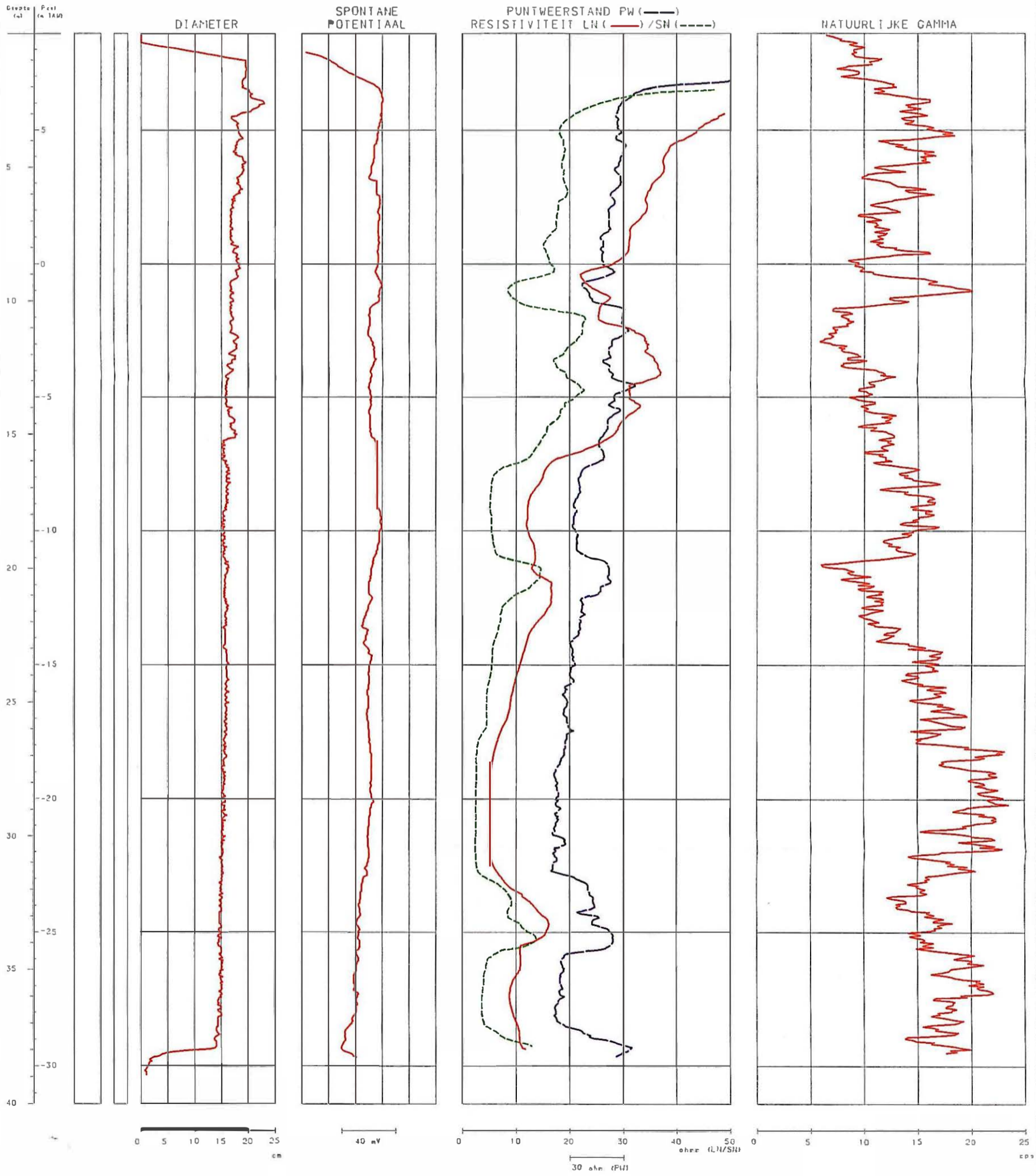


AMINAL

UNIVERSITEIT GENT
LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE
EN HYDROGEOLOGIE
Prof. Dr. W. De Brueck

BOORGATMETING SB2

PROJECT NR: 16094044
BORING NR: SB2
DATUM: 28/02/95
GEMEENTE: Oostvlerp



AMINAL

UNIVERSITEIT GENT
LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE
EN HYDROGEOLOGIE
Prof. Dr. W. D. Bruck

BOORGATMETING SB1

PROJECT NR: TC094044
BORING NR: SB1
DATUM: 23/02/95
GEMEENTE: Oostkamp

