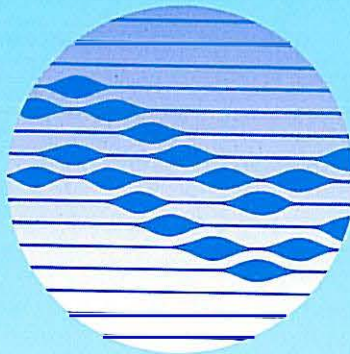


98/06



TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

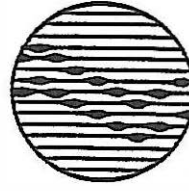
**Grondwaterwinningsmogelijkheden  
in de ondiepe watervoerende lagen  
ter hoogte van Jabell  
te Bavikhove  
(Fase 2)**



UNIVERSITEIT GENT

Laboratorium  
voor  
Toegepaste Geologie  
en  
Hydrogeologie

**Grondwaterwinningsmogelijkheden  
in de ondiepe watervoerende lagen  
ter hoogte van Jabell  
te Bavikhove (Fase 2)**



Geologisch Instituut  
Krijgslaan 281, S8  
B-9000 Gent

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

**Opdrachtgever  
Jabell**

**Leiding: Prof. Dr. W. De Breuck  
Studie en verslag: Lic. D. De Smet  
Lic. K. Martens**

**Projectnummer: TGO 98/06 (fase 2)  
Datum: augustus 1998**

## INHOUDSTAFEL

Lijst van figuren

Lijst van tabellen

Lijst van bijlagen

1	Inleiding .....	1
2	Ligging .....	2
3	Terreinwerkzaamheden .....	3
4	Boorgatmetingen .....	4
5	Geologische bouw .....	6
6	Grondwaterwinningsmogelijkheden .....	7
6.1	Algemeen .....	7
6.2	Specifieke putcapaciteit .....	7
6.3	Interpretatie van de stapsgewijze pompproef .....	10
6.3.1	De methode van Hantush-Bierschenk .....	10
6.3.2	De methode van Eden-Hazel .....	17
6.3.3	De methode van Birsoy-Summers .....	22
6.3.4	Berekende invloedstraal .....	24
6.3.5	Besluit .....	25
7	Grondwaterkwaliteit .....	27
7.1	Monsternamen en analyse .....	27
7.2	Bespreking van de resultaten .....	28
8	Besluit .....	29

Literatuurlijst

Bijlagen

## **Lijst van figuren**

- Figuur 1: Ligging van het studiegebied met aanduiding van de boringen (uittreksel van de topografische kaart 29/2 Harelbeke, schaal 1/10.000 (revisie 1974) van het NGI).
- Figuur 2: Boorgatmetingen in SB1
- Figuur 3: Meetwaarden stapsgewijze putproef
- Figuur 4: Karakteristieke putcurve
- Figuur 5: Verlagingen gemeten tijdens de stapsgewijze putproef
- Figuur 6: Semi-logaritmische weergave van de verlaging in functie van de tijd.
- Figuur 7: Bepaling van  $s_w$  door middel van de methode van Hantush-Biershenk
- Figuur 8:  $s_w/Q$  versus  $Q$ , bepaling van  $C$ ,  $B$  en  $s$  m.b.v. de methode van Hantush-Bierschenk
- Figuur 9: Verlaging in functie van het debiet na 60 min. pompen
- Figuur 10: Bepaling van de transmissiviteit m.b.v. de methode van Eden-Hazel
- Figuur 11: Bepaling van de verlaging m.b.v. de methode van Eden-Hazel
- Figuur 12: Verlaging in de pompput na een willekeurige tijd i.f.v. het debiet (Eden Hazel)
- Figuur 13: Bepaling van de transmissiviteit m.b.v. de methode van Birsoy-Summers
- Figuur 14: Voorstel voor de plaats van de bijkomende pompputten

## **Lijst van tabellen**

- Tabel 1: Pompdebieten en eindverlaging van elke stap
- Tabel 2: Onttrokken debiet versus invloedstraal
- Tabel 3: Transmissiviteit van het Quartair te Bavikhove aan de hand van de methode van Eden-Hazel en de methode van Birsoy-Summers
- Tabel 4: Analyseresultaten van het ondiepe grondwater

## **Lijst van bijlagen**

- Bijlage 1: Boorstaat

## 1 INLEIDING

Naar aanleiding van de resultaten van de eerste fase van het rapport grondwaterwinningsmogelijkheden in de ondiepe watervoerende lagen ter hoogte van de N.V. Jabell te Bavikhove is één proefboring uitgevoerd. Op het terrein bevindt zich een ondiepe watervoerende laag die in aanmerking komt voor een mogelijke winning. Het betreft het Quartair dat voorkomt op een diepte van 0 tot ca. 20 m onder het maaiveld.

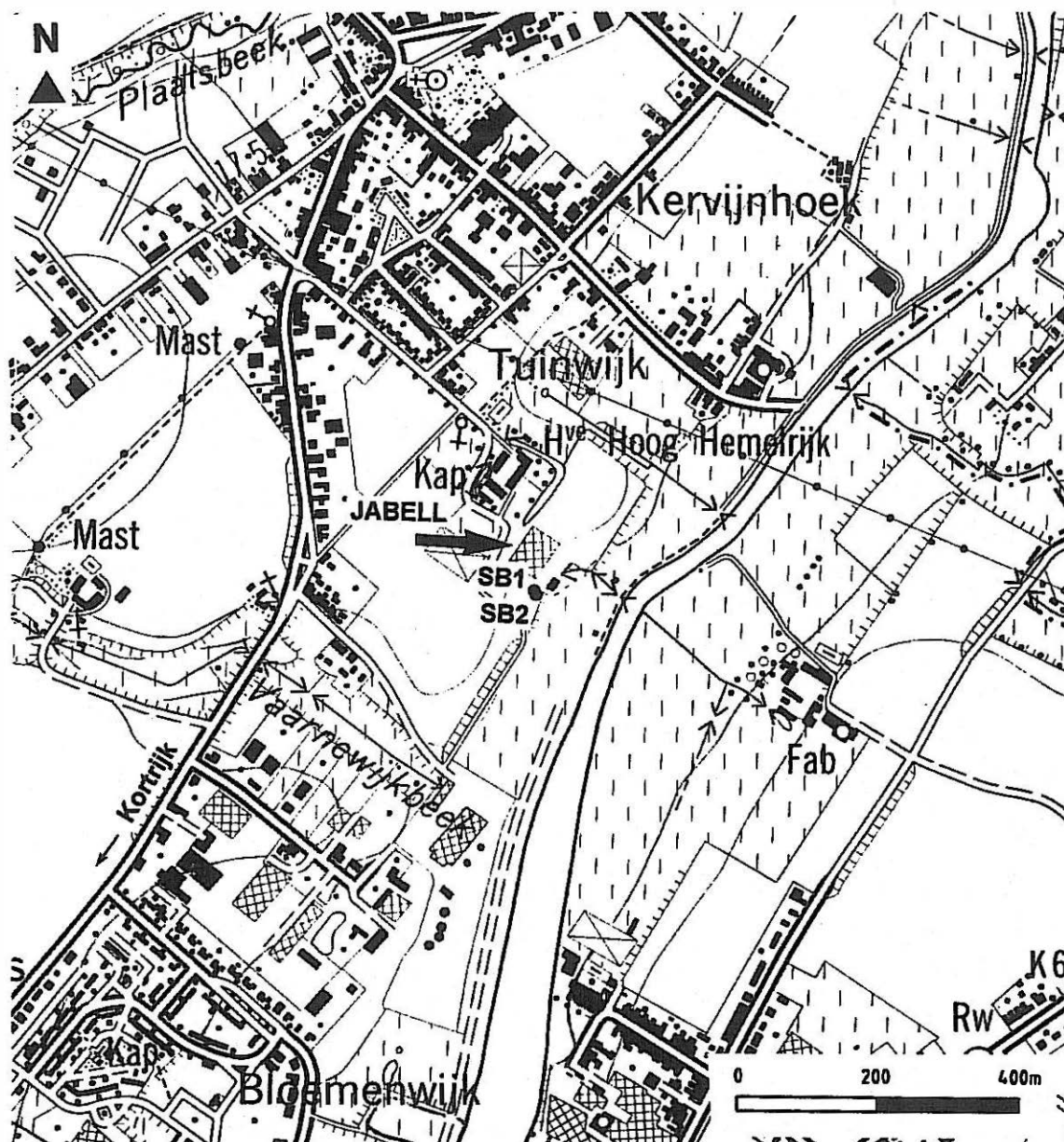
Aan de hand van de proefboring is de lithologie en het haalbare debiet ingeschat. Deze proefboring was voorzien tot een diepte van ongeveer 20 m.

Dit rapport bevat de uitwerking van de tweede fase. Het rapport is als volgt opgevat:

- ligging;
- terreinwerkzaamheden;
- boorgatmetingen;
- geologische opbouw;
- grondwaterwinningsmogelijkheden;
- putproef;
- grondwaterkwaliteit;
- besluit.

## 2 LIGGING

De ligging van het te onderzoeken terrein is weergegeven op figuur 1. Het ligt op ca. 750 m ten zuidoosten van de dorpskern van Bavikhove in de Europastraat in de vallei van de Leie. Het peil van het maaiveld bedraagt er ca. +15<sup>1</sup>. Het is gelegen in de Zandleemstreek.



**Figuur 1: Ligging van het studiegebied met aanduiding van de boringen (uittreksel van de topografische kaart 29/2 Harelbeke, schaal 1/10.000 (revisie 1974) van het NGI).**

<sup>1</sup>Alle peilen in dit verslag zijn aangegeven in meters t.o.v. het referentievlak van de T.A.W., de Tweede Algemene Waterpassing van het NGI.

### 3 TERREINWERKZAAMHEDEN

Op het terrein van Jabell zijn twee spoelboringen uitgevoerd door het L.T.G.H. In het open boorgat zijn geofysische boorgatmetingen uitgevoerd. In elk boorgat is telkens één filter geplaatst. De ligging van de boringen is voorgesteld op figuur 1. De coördinaten en andere technische gegevens van de boring en filter zijn samen met de boorstaat terug te vinden in bijlage 1.

Tijdens de eerste boring werd gebruik gemaakt van floxgel. Dit is een biologisch afbreekbaar poeder dat gebruikt wordt om tijdens het boren instorting van het boorgat en waterverlies tegen te gaan. Tijdens het spoelen van de put bleek dat de floxgel onvoldoende snel afbreekt en de capaciteit van de put hierdoor sterk vermindert. Er werd besloten om een tweede spoelboring uit te voeren zonder gebruik te maken van floxgel. Voor de uitbouw van de tweede put is gebruik gemaakt van de resultaten van de boorgatmetingen in de eerste put.

Aan de hand van de inventarisatie tijdens de eerste fase, werd de diepte van de boring geraamd. De werkelijke diepte van de boring is bepaald op het terrein. Er werd getracht om minstens 1 m in de klei te boren. Daartoe werd het aangeboorde materiaal onderzocht.

De spoelboring, SB1, werd uitgevoerd op 22 april 1998. Er is geboord tot een diepte van 22 m. Enkel bovenaan zijn watervoerende sedimenten opgemerkt. Gezien de geologie van het studiegebied was het niet relevant tot een grotere diepte te boren. Bij de tweede spoelboring, uitgevoerd op 18 juni 1998, werd geboord tot een diepte van 16,2 m.

De lengte en de diepte van de filter werd bepaald door de hydrogeologische opbouw van het grondwaterreservoir (zie hoofdstuk 4).

De diameter van de filter en van de peilbuis bedraagt 125 mm. Het filterelement werd omstort met gec calibreerd zand (0,7 – 1,25 mm) en bovenaan afgesloten door een kleistop om doorsijpelen van water langsheen het boorgat te vermijden.

De boorstaten zijn weergegeven in bijlage 1. Naast de lithologie zijn de technische gegevens van de boring en de peilbuis hierin opgenomen.

## 4 BOORGATMETINGEN

Teneinde de lithologie beter te onderkennen zijn geofysische boorgatmetingen uitgevoerd in SB1. Deze gebeurden nadat alle boorstangen uit het boorgat verwijderd waren; de metingen gebeurden in open boorgat. De meetcellen werden in het boorgat neergelaten. Bij het ophalen van de meetcel, aan constante snelheid, zijn continue metingen uitgevoerd met tevens een continue registratie. De waarden van de metingen zijn uitgezet in functie van de diepte (Fig. 2).

In het boorgat 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 resistiviteitsmetingen (watertemperatuur ca. 11°C) werden volgens de lange normaal (LN) en de korte normaal (SN) opstelling uitgevoerd. Ze geven informatie over de lithologie en de waterkwaliteit.

De meting van de diameter van het boorgat geeft informatie omtrent de vorm en de grootte van het boorgat. Men kan er aanwijzingen aangaande het lithologisch karakter van de formatie uit afleiden.

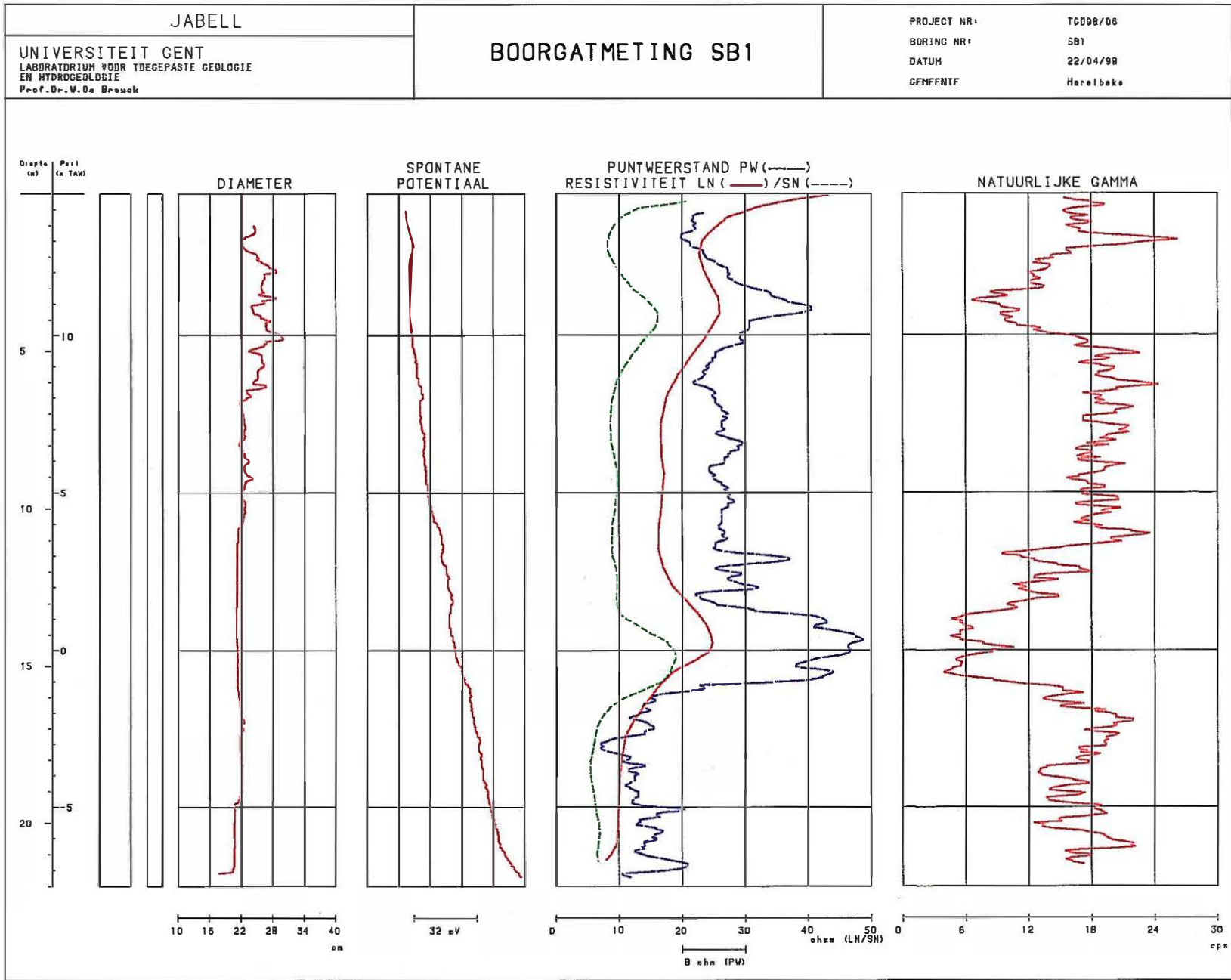
De spontane potentiaal is afhankelijk van de resistiviteit van het formatiewater, de resistiviteit van het spoelwater en het kleigehalte. De natuurlijke gammastraling is vooral afhankelijk van het klei- en glauconietgehalte, terwijl de puntweerstand afhangt van de resistiviteit van het spoelwater, de resistiviteit van de formatie en de resistiviteit van de indringingszone. De puntweerstand geeft kwalitatieve gegevens omtrent de resistiviteitsveranderingen ten gevolge van de verandering van de lithologie.

De boorgatmetingen werden samen met de boorbeschrijvingen op het terrein aangewend bij de interpretatie van de geologische en de hydrogeologische bouw van het reservoir. Van ca. 2,5 tot 5 m en van 12,50 tot 15,80 m diepte merkt men hoge resistiviteit. Vanaf deze diepte komt een lagere resistiviteit voor. De uitwijkingen van de puntweerstand komen algemeen gezien overeen met deze van de resistiviteit. Uit de natuurlijke gamma kan men eveneens de verschillende lagen onderscheiden. De diameter van het boorgat wordt duidelijk beïnvloed gebruik van floxgel (vanaf een diepte van 11 m werd floxgel gebruikt).

In vergelijking met de boorstaat van SB1 bleek dat op een diepte van 2,5 tot 5 m zand voorkomt. Tussen 12,50 m en 15,80 m werd visueel fijn tot middelmatig zand met schelpgruis waargenomen. De boorstaat van SB2 komt overeen met deze van SB1.

De filter werd zowel in SB1 als in SB2 op een diepte van 12,8 tot 15,8 m geplaatst.





Figuur 2: Boorgatmetingen in SB1

## **5 GEOLOGISCHE BOUW**

De bouw van de ondergrond wordt geïllustreerd aan de hand van de boorstaat en de boorgatmetingen. De lithologische beschrijving en stratigrafische interpretatie zijn opgenomen in bijlage 1.

Uit de boorstaten blijkt dat onder het aangevoerd materiaal (met een dikte van 2 m) quartaire afzettingen voorkomen. De dikte ervan bedraagt 13,8 m; ze bestaan voornamelijk uit fijn lemig zand met lagen van fijn tot middelmatig zand. Deze lagen komen voor op een diepte van 2,5 tot 5 m en van 12,50 tot 15,80 m in SB1, in SB2 op een diepte van ongeveer 2,3 tot 5,7 m en van 12,0 tot 15,8 m. Deze quartaire afzettingen rusten op tertiaire afzettingen.

Aan de top van de tertiaire afzetting komt de Formatie van Kortrijk voor. Ze bestaat overwegend uit grijze zandige klei. Met de diepte neemt de hoeveelheid klei toe. De dikte van deze formatie werd niet bepaald aangezien de basis niet bereikt werd.

## 6 GRONDWATERWINNINGSMOGELIJKHEDEN

### 6.1 Algemeen

In pompput SB1 werd op 26 juni 1998 een stapsgewijze putproef uitgevoerd. Voor vier verschillende pompdebieten  $Q_i$  ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) werd na één uur pompen met constant debiet de overeenkomstige eindverlaging  $s_i$  (m) bepaald. Gedurende de proef werd de waterstand in de pompput om de 10 seconden automatisch opgemeten. Het pompdebiet werd afgeleid uit de totale hoeveelheid opgepompt water tijdens de betreffende stap (gemeten met watermeter) en uit de duur van de stap (ca. 3.600 seconden). De vier pompfasen werden onmiddellijk na elkaar uitgevoerd zonder rustfase. De pompdebieten en overeenkomstige verlaging na 60 minuten pompen zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 1: Pompdebieten en eindverlaging van elke stap

Stap	Debiet in $\text{m}^3/\text{h}$	Verlaging in m
1	0,506	0,353
2	1,006	0,771
3	1,780	1,407
4	2,700	2,168

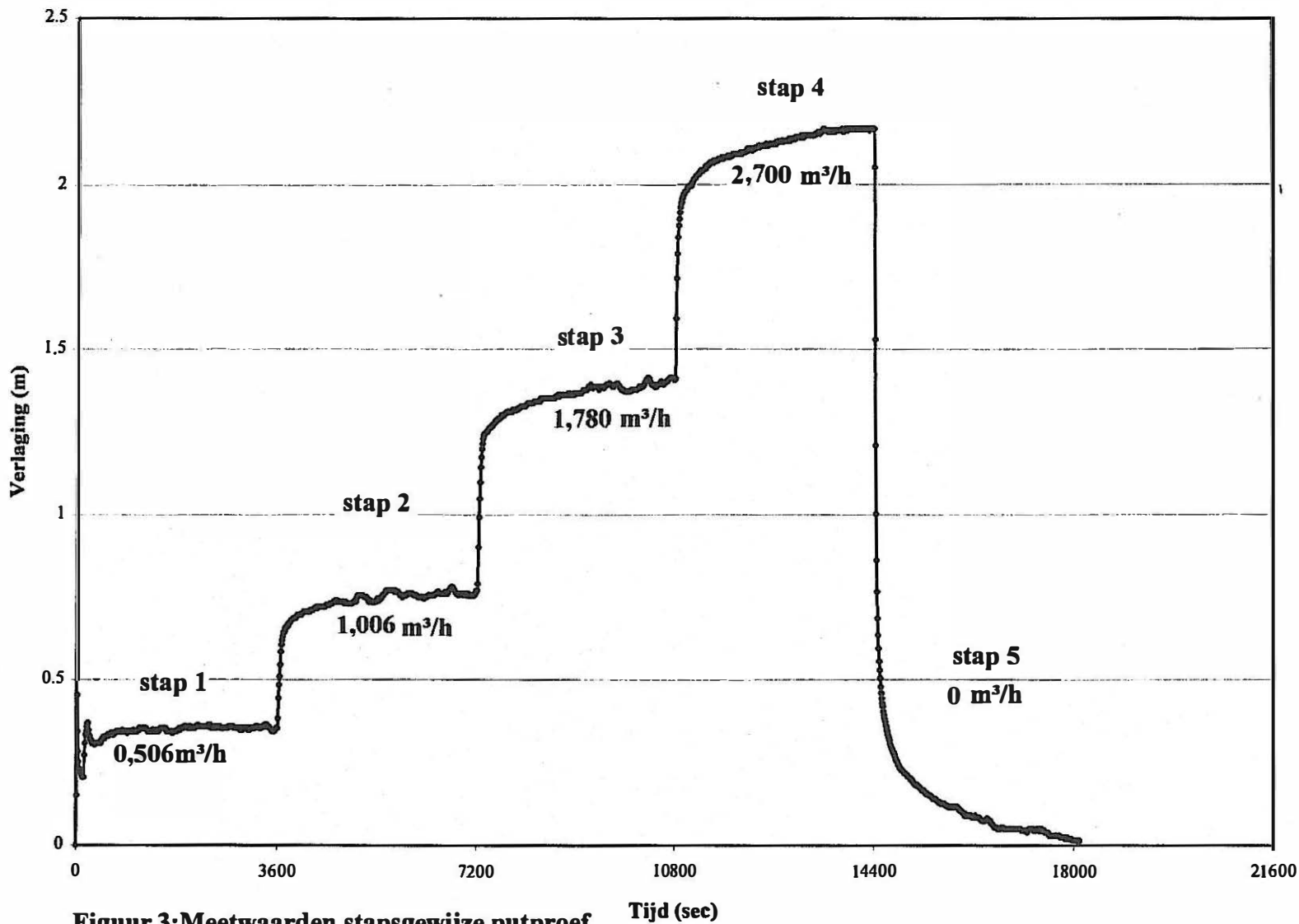
De waargenomen verlaging gedurende de vier stappen zijn in figuur 3 aangegeven.

### 6.2 Specifieke putcapaciteit

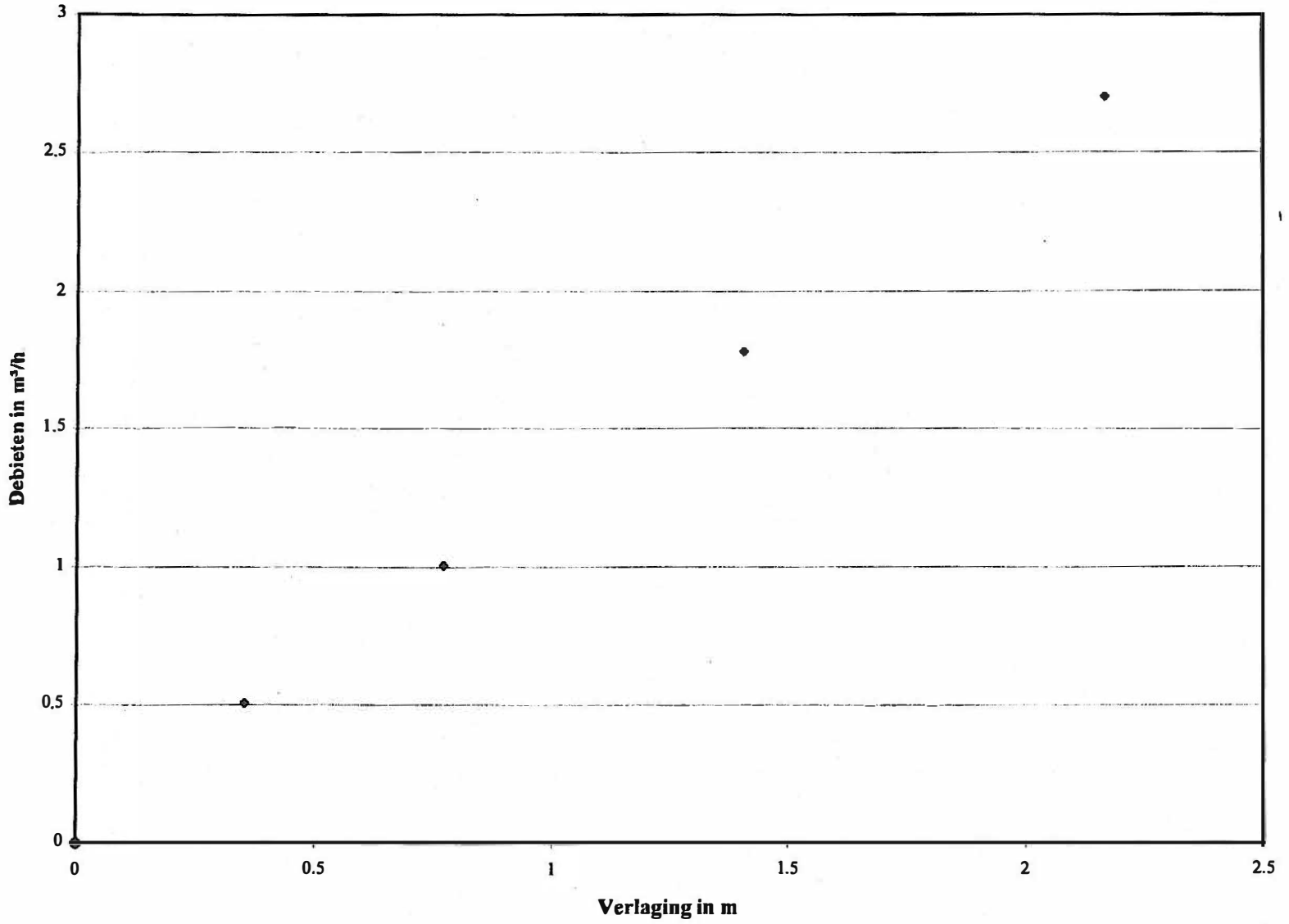
De putproef laat toe de specifieke putcapaciteit,  $Q/s$  in  $\text{m}^3/\text{h}$  per m verlaging, te bepalen na één uur pompen. Het grafisch verband  $Q/s$  geeft de karakteristieke putcurve voor de winnigspuit (Fig. 4).

De specifieke capaciteit ( $Q/s$ ) bedraagt  $1,312 \text{ m}^3/\text{h}$  per m verlaging in het geteste debietsbereik: 0 tot  $2,7 \text{ m}^3/\text{h}$ . Voor elk willekeurig debiet gelegen binnen dit bereik is nu de overeenkomstige verlaging gekend na 60 minuten pompen. De  $Q/s$  waarde geldt na 60 minuten pompen en kan niet a-priori worden geëxtrapoleerd naar langere pomptijden en/of grotere pompdebieten.

De verlagingen die optreden na 60 minuten pompen voor de verschillende debieten wijzen erop dat de winnigspuit minstens een windebiet van  $2,7 \text{ m}^3/\text{h}$  kan leveren.



Figuur 3: Meetwaarden stapsgewijze putproef



Figuur 4: Karakteristieke putcurve

## 6.3 Interpretatie van de stapsgewijze pompproef

### 6.3.1 De methode van Hantush-Bierschenk

De methode van Hantush-Bierschenk laat toe de coëfficiënt van het lineair aquifer- en putverlies en van het niet-lineair putverlies te bepalen; hiermee wordt een uitdrukking bekomen voor de verlaging in de pompput in functie van het debiet na een bepaalde tijd ( $\Delta t$ ). Het lineair aquiferverlies is de verlaging in het laminair gedeelte van de watervoerende laag. Lineaire putverliezen zijn de verlagingen veroorzaakt door de boring en de afwerking van de put. De niet-lineaire putverliezen zijn de verlagingen veroorzaakt door wrijving in de put en onmiddellijke nabijheid van de put (turbulente stroming).

De verlaging in de pompput wordt volgens Jacobs gegeven door:

$$s_w = B \cdot Q + C \cdot Q^P$$

Met:

- B: de coëfficiënt voor het lineair put- en aquiferverlies;
- C: de coëfficiënt voor het niet-lineair putverlies;
- P: een constante = 2;
- Q: het pompdebiet;
- $s_w$ : de verlaging in de pompput.

De methode van Hantush-Bierschenk geeft de coëfficiënten voor het putverlies "de parameters B en C" in het geval dat P gelijk is aan 2. Door deze waarden in de hogere formule in te voeren krijgt men de verlaging in de pompput in functie van het debiet op een welbepaalde tijd ( $\Delta t$ ). Hiervoor wordt de waargenomen verlaging in de pompput semi-logaritmisch uitgezet t.o.v. de tijd. De  $s_{w(n)}$ , dit is de verlaging toe te schrijven aan de betreffende stap n, wordt gegeven door het verschil tussen de verlaging op het einde van de voorgaande stap en de verlaging na een tijd delta t in de huidige stap.

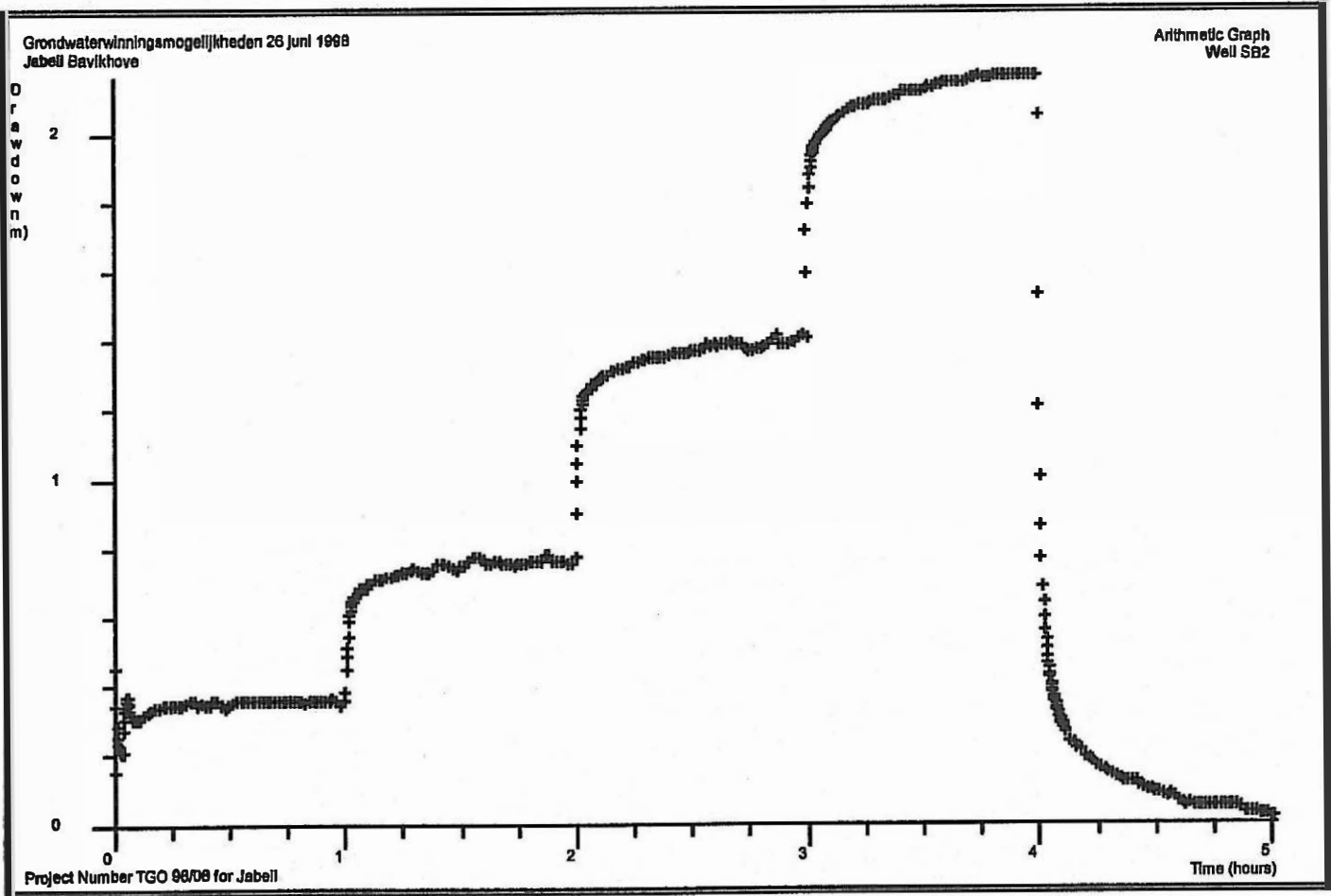
De punten van de grafiek van  $s_{w(n)}/Q_n$  versus  $Q_n$  ( $n = \text{stap}$ ) liggen op een rechte; de helling van de best passende rechte geeft de coëfficiënt voor het niet lineair putverlies (C); de snijding van de rechte met de verticale as geeft de coëfficiënt voor het lineair putverlies (B).

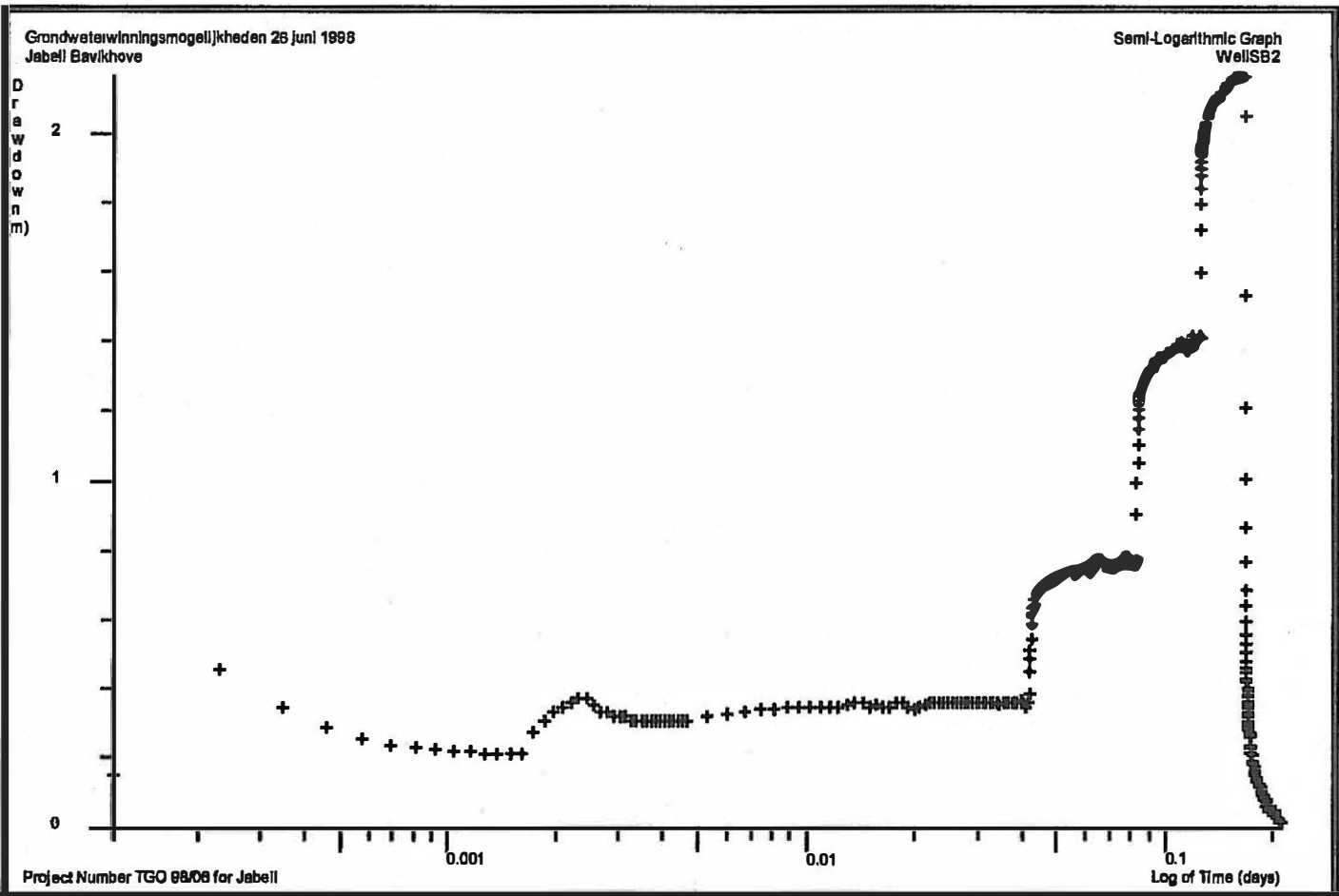
Figuren 5 en 6 geven de verlaging voor een aantal geselecteerde tijden i.f.v. de tijd lineair en semi-logaritmisch weer. Figuur 7 geeft de Hantush-Bierschenk curve met aanduiding van de waarden voor  $s_w$ . Figuur 8 geeft de grafiek van  $s_{w(n)}/Q_{(n)}$  voor de vier stappen.

De toepassing van de methode van Hantush-Bierschenk op de stapsgewijze putproef geeft de volgende resultaten:

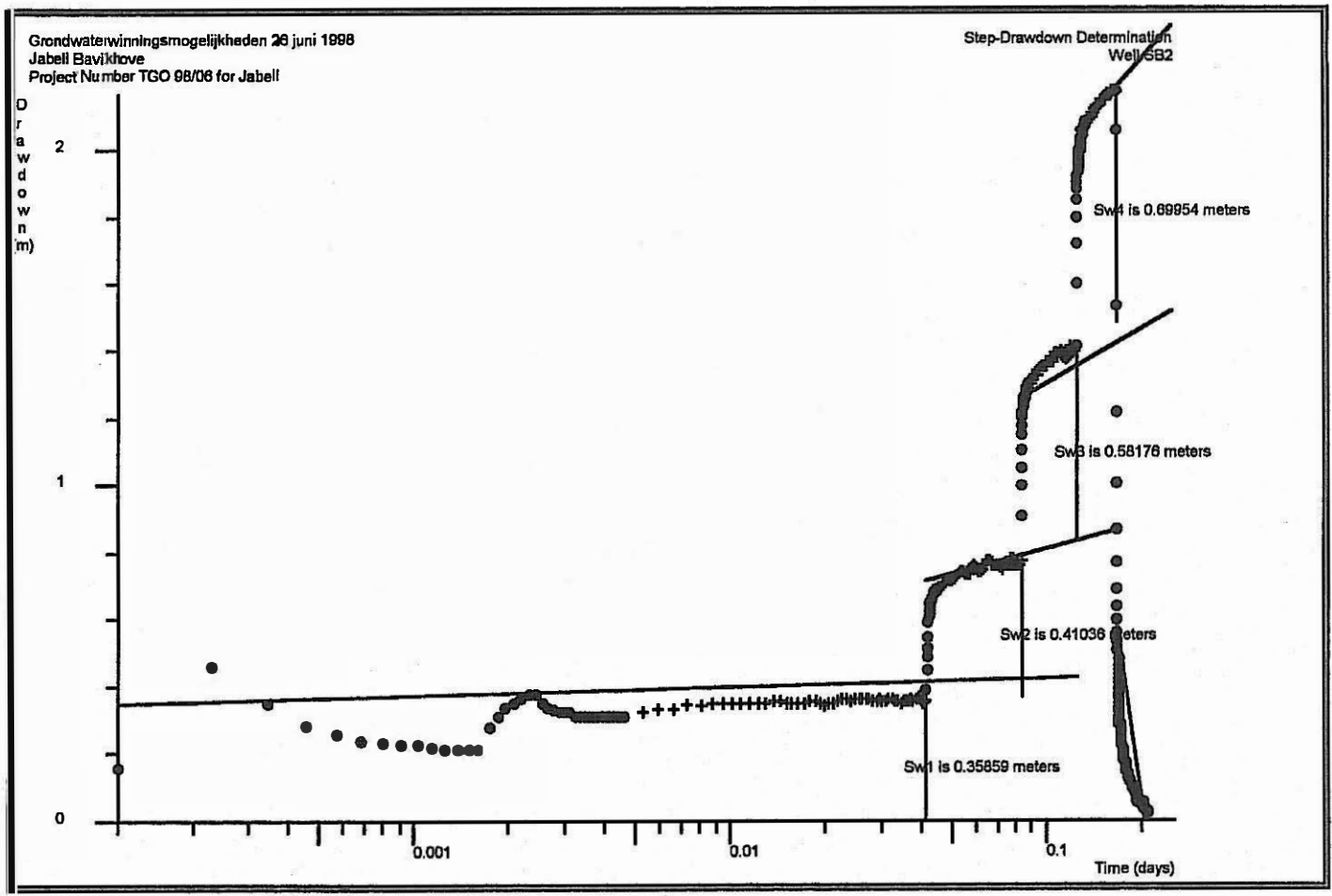
$$B = 0,030077 \text{ d/m}^2 \text{ (coëfficiënt lineair putverlies)}$$

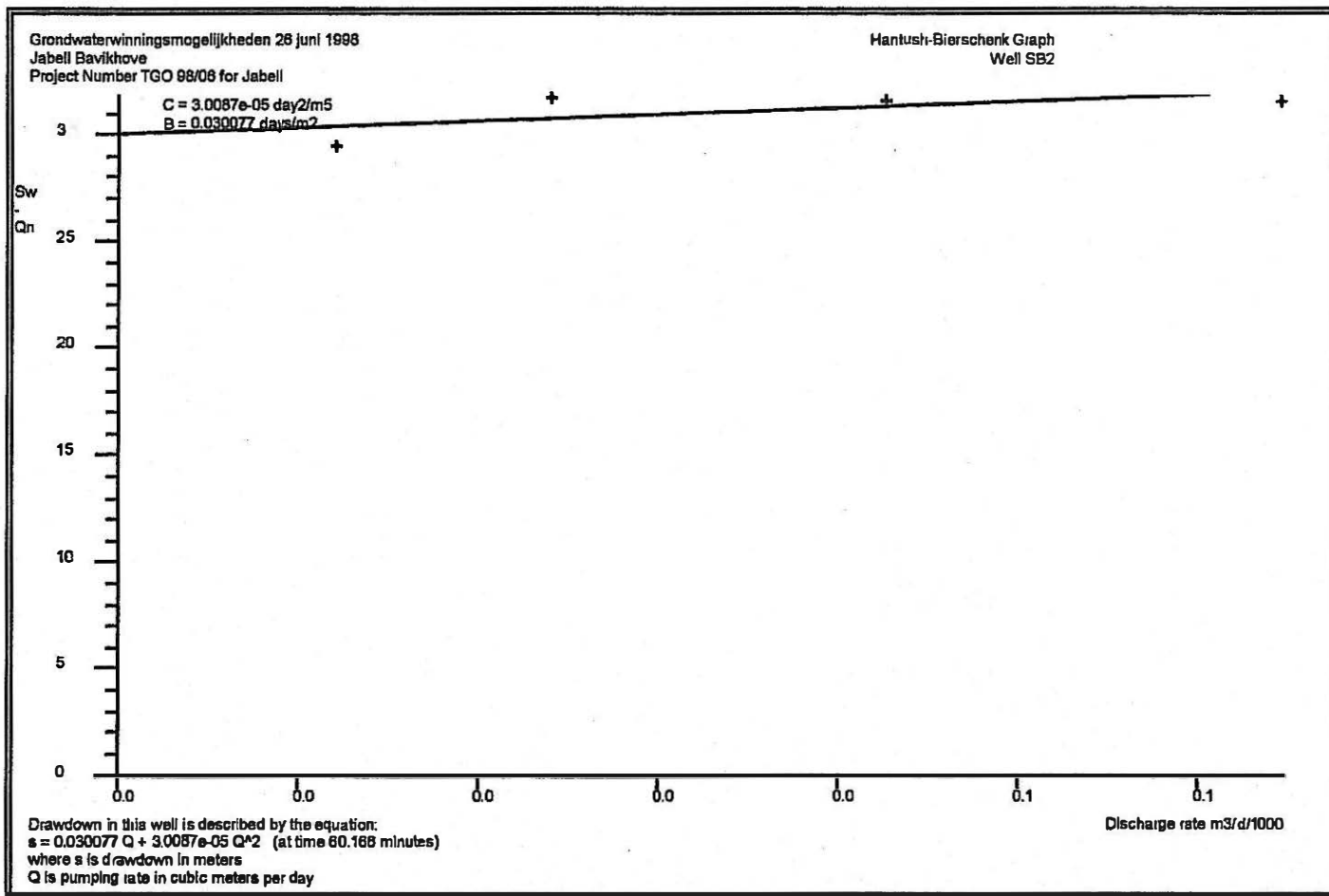
$$C = 3,0087 \cdot 10^{-5} \text{ d}^2/\text{m}^5 \text{ (coëfficiënt niet-lineair putverlies)}$$











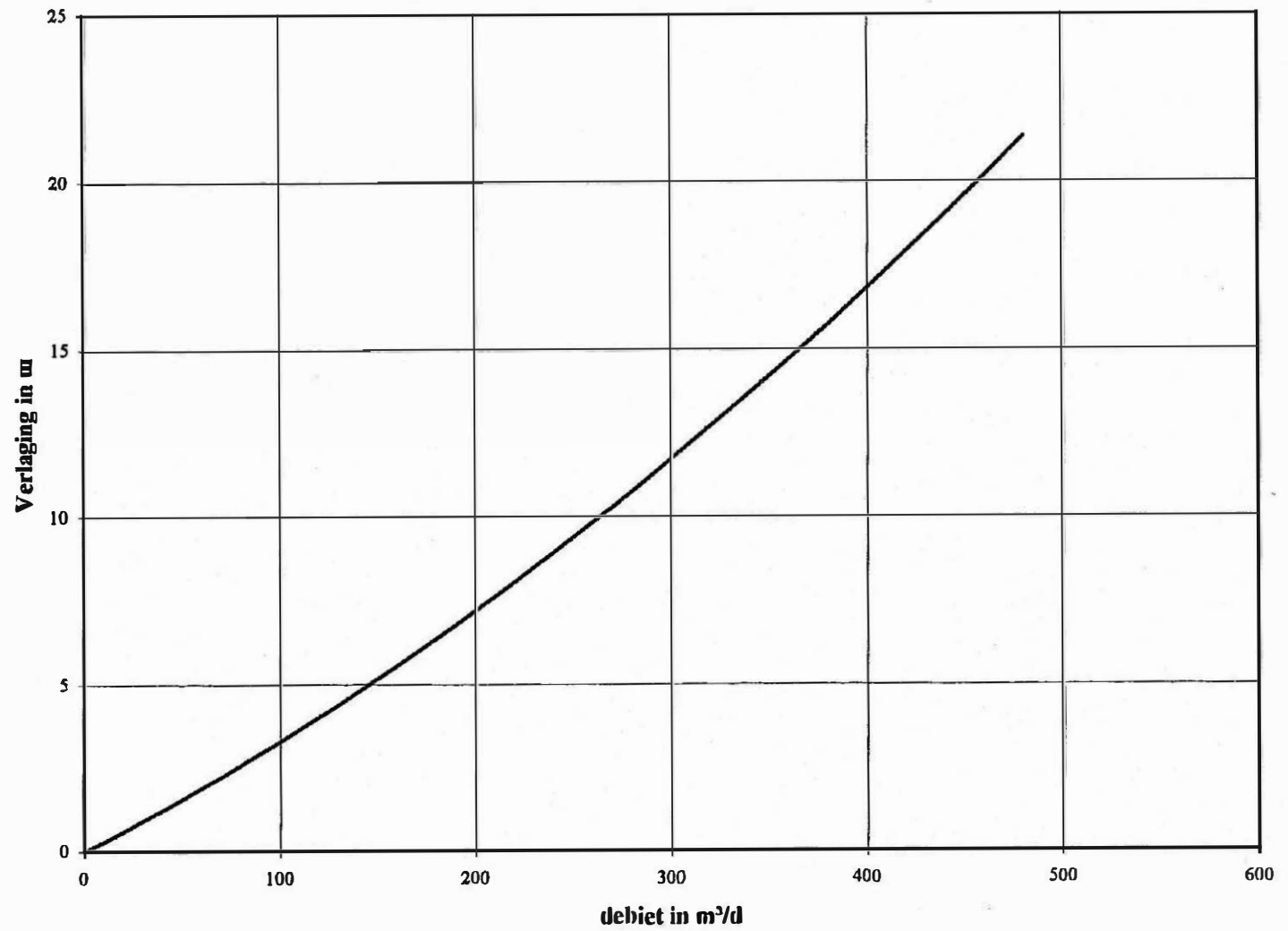
De verlaging i.f.v. het debiet ( $Q$  in  $\text{m}^3/\text{d}$ ) na 60 minuten pompen wordt gegeven door de betrekking

$$s = 0,030077 \cdot Q + 3,0087 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$$

Uit hogere formule kan de verlaging in de pompput berekend worden voor elk willekeurig debiet na 60 minuten pompen. De resultaten kunnen niet a-priori doorgetrokken worden voor langere pomptijden.

Figuur 9 geeft het grafisch verband tussen  $s$  en  $Q$  na 60 minuten pompen. De curve geldt na 60 minuten pompen en kan niet a-priori worden geëxtrapoleerd naar langere pomptijden.

Uit de volgens Hantush-Bierschenk berekende verlagingen die optreden na 60 minuten pompen kan worden afgeleid dat het te realiseren windebiet, rekening houdend met een aangewezen maximaal toegelaten afpompingsdiepte van 12,8 m onder het maaiveld, maximaal  $260 \text{ m}^3/\text{d}$  (ca  $10,8 \text{ m}^3/\text{h}$ ) bedraagt. Na één uur pompen met een debiet van ca.  $10,8 \text{ m}^3/\text{h}$  wordt de toegelaten verlaging (afpompingsdiepte tot aan de top van de filter) reeds bereikt.



Figuur 9: Verlaging in functie van het debit na 60 minuteu pompen

### 6.3.2 De methode van Eden-Hazel

De methode van Eden-Hazel laat ons toe de transmissiviteit van de aangepompte laag en de coëfficiënt van het niet-lineair putverlies "C" te bepalen. Op basis hiervan kan de verlaging in de pompput op elk tijdstip en voor elk willekeurig debiet ingeschat worden. De transmissiviteit is een maat voor het vermogen van een watervoerend pakket om water door te laten.

$H_n$  wordt gedefinieerd als:

$$H_n = \sum \Delta Q_i \cdot \log(t - t_i)$$

Met:

$\Delta Q_i$ :  $Q_i - Q_{i-1}$

$t_i$ : tijdstip waarop i-de stap begint

$t$ : tijdstip sinds start stapsgewijze putproef

voor een test met 4 verschillende pompdebieten wordt  $H$  berekend voor  $n = 1$  tot  $n = 4$ .

De waargenomen verlaging wordt lineair uitgezet t.o.v.  $H_n$  met  $H_n$  op de x-as en de verlaging op de y-as. De best passende rechte voor elk van de vier stappen wordt bepaald rekening houdend met het feit dat de richtingscoëfficiënt de waarde voor de term  $b$  bepaald waarmee men de transmissiviteit volgens onderstaande betrekking kan berekenen:

$$b = \frac{2.30}{4 \cdot \pi \cdot kD}$$

waarbij:

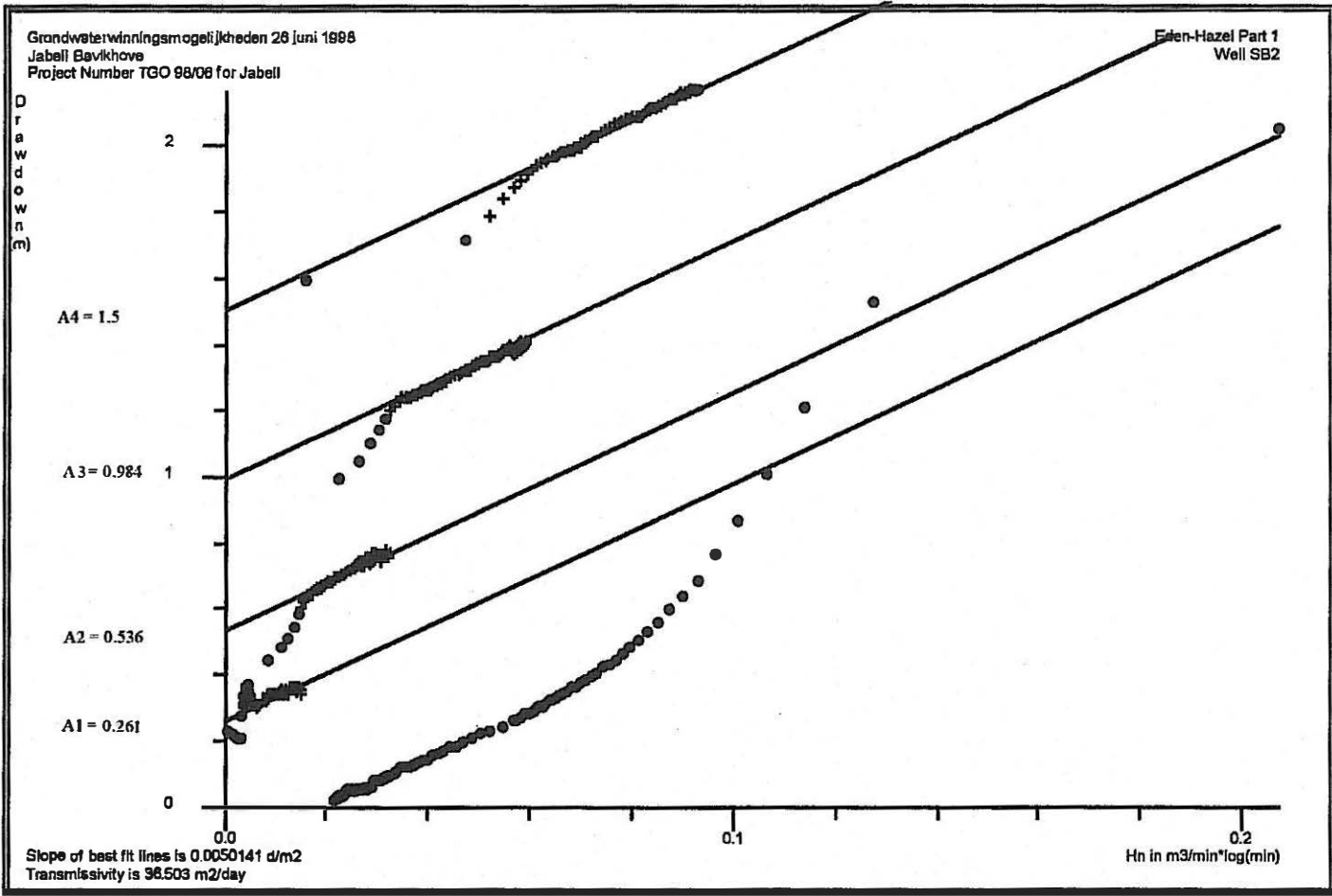
$kD = T$ : transmissiviteit

Figuur 10 geeft het verband tussen  $H_n$  en de verlaging. De helling ( $b$ -waarde) van de groep van de best passende rechten en de snijpunten van elke rechte met de verticale as zijn op de figuur aangeduid.

Uit de waarnemingen van de stapsgewijze putproef wordt voor  $b$  een waarde van 0,005141 d/m<sup>2</sup> afgeleid. Dit geeft een transmissiviteit van 36,503 m<sup>2</sup>/d voor de aangepompte laag.

De snijpunten van de best passende rechte met de verticale as geeft voor elke stap de waarde voor  $A$ ; in dit geval van de stapsgewijze putproef is dit respectievelijk 0,261 – 0,536 – 0,984 en 1,5 m. Uit de  $A$ -waarden wordt de parameter  $C$  (coëfficiënt voor het niet-lineair putverlies) bekomen via de volgende betrekking:

$$\frac{A_{(n)}}{Q_{(n)}} = a + C \cdot Q_n$$



$A/Q$  wordt uitgezet t.o.v.  $Q$  voor de verschillende stappen; de helling van de best passende rechte door de vier punten geeft  $C$ , de snijding met de verticale as geeft  $A$ . Figuur 11 geeft het verband tussen  $Q$  en  $A_{(n)}/Q_{(n)}$ . De grafiek geeft voor  $C$  een waarde van  $3,2225 \cdot 10^{-5} \text{ d}^2/\text{m}^5$  en voor  $a$  een waarde van  $0,021282 \text{ d}/\text{m}^2$ .

De verlaging in de pompput in functie van het debiet na een willekeurige tijd  $t$  wordt gegeven door onderstaande betrekking:

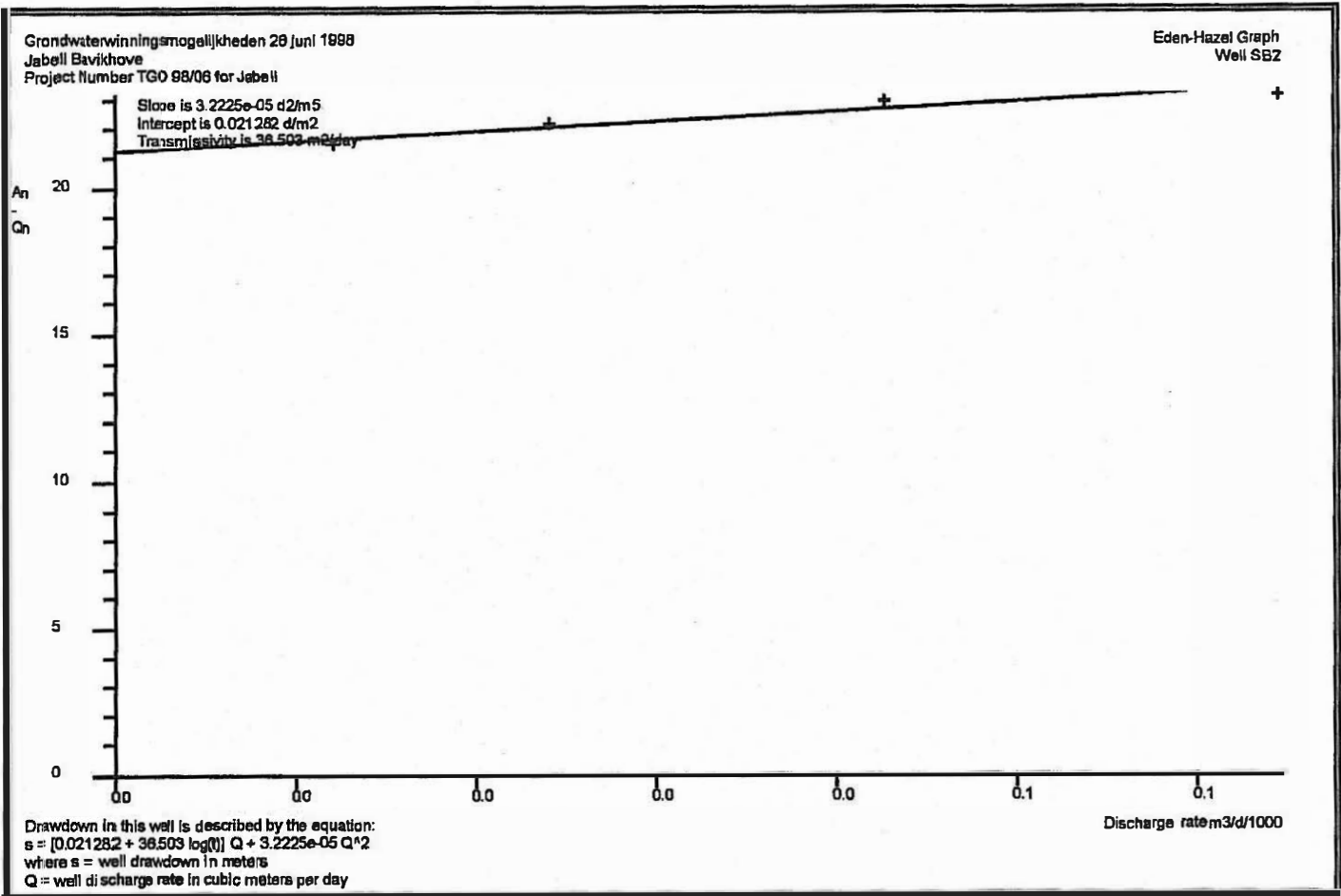
$$s = (a + b \cdot \log(t))Q + C \cdot Q^2$$

Met de bekomen waarden voor  $a$ ,  $b$ , en  $C$  wordt de vergelijking herleidt tot:

$$s = (0,021282 + 0,0050141 \log(t)) \cdot Q + 3,2225 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$$

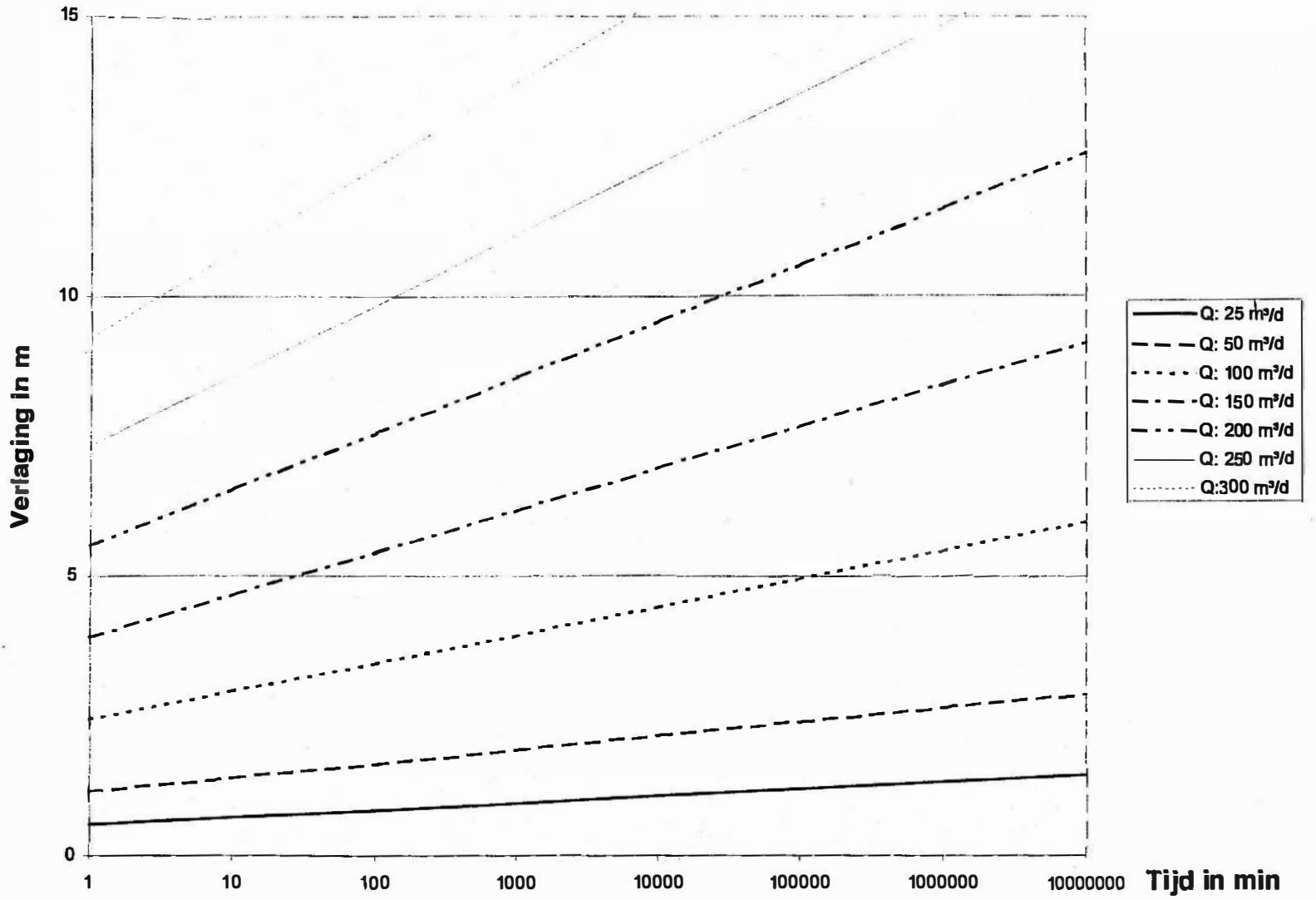
Figuur 12 geeft de verlaging in de pompput in functie van de tijd voor verschillende pompdebieten.

Voor een verlaging van 10 m (top filter op mv – 12,8 m; stijghoogte bij rust op mv – 2,8 m) en een pompduur van 20 jaar geeft de grafiek een maximaal debiet van ca.  $150 \text{ m}^3/\text{d}$  (ca  $6 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Indien continu met dit debiet wordt gepompt, wordt de maximale verlaging na 20 jaar bereikt. Dit in de veronderstelling dat in de nabije omgeving in dezelfde watervoerende laag geen winningen aanwezig zijn.



Figuur 11: Bepaling van de verlaging m.b.v. de methode van Eden-Hazel





Figuur 12: Verlaging in de pomput na een willekeurige tijd in functie van het debiet (Eden-Hazel)

### 6.3.3 De methode van Birsoy-Summers

Met de betrekking van Birsoy-Summers kan de transmissiviteit en berging van de aangepompte laag berekend worden. De methode steunt op de approximatie van Jacob van de Theis vergelijking; zij is geldig voor afgesloten aquifers. De specifieke verlaging ( $s/Q$  in  $d/m^2$ ) wordt lineair uitgezet t.o.v. de (gecorrigeerde) tijd. De helling van de best passende rechte is bepalend voor de transmissiviteit; de tijd waarbij de specifieke verlaging gelijk wordt aan nul is bepalend voor de berging.

Volgens Birsoy-Summers wordt de verlaging in de pompput gegeven door:

$$s_n = \frac{2.3 Q_n}{4.\pi.kD} \log \left[ \left( \frac{2.25 T}{r^2 S} \right) \beta_{t(n)}(t - t_n) \right]$$

met:

$s_n$ : de verlaging in de pompput

$kD = T$ : de transmissiviteit

$Q_n$ : het pompdebiet na de n-de stap

$r$ : de afstand tot de waarnemingsput

$S$ : de berging

$\beta_{t(n)}(t-t_n)$ : de betrekking voor de gecorrigeerde tijd

In het geval geen waarnemingen in een peilput beschikbaar zijn, zoals in dit geval, kan de berging niet bepaald worden.

De waarnemingen worden in dit geval in de pompput uitgevoerd. Hierdoor is  $r$  gelijk aan de straal van de pompput.

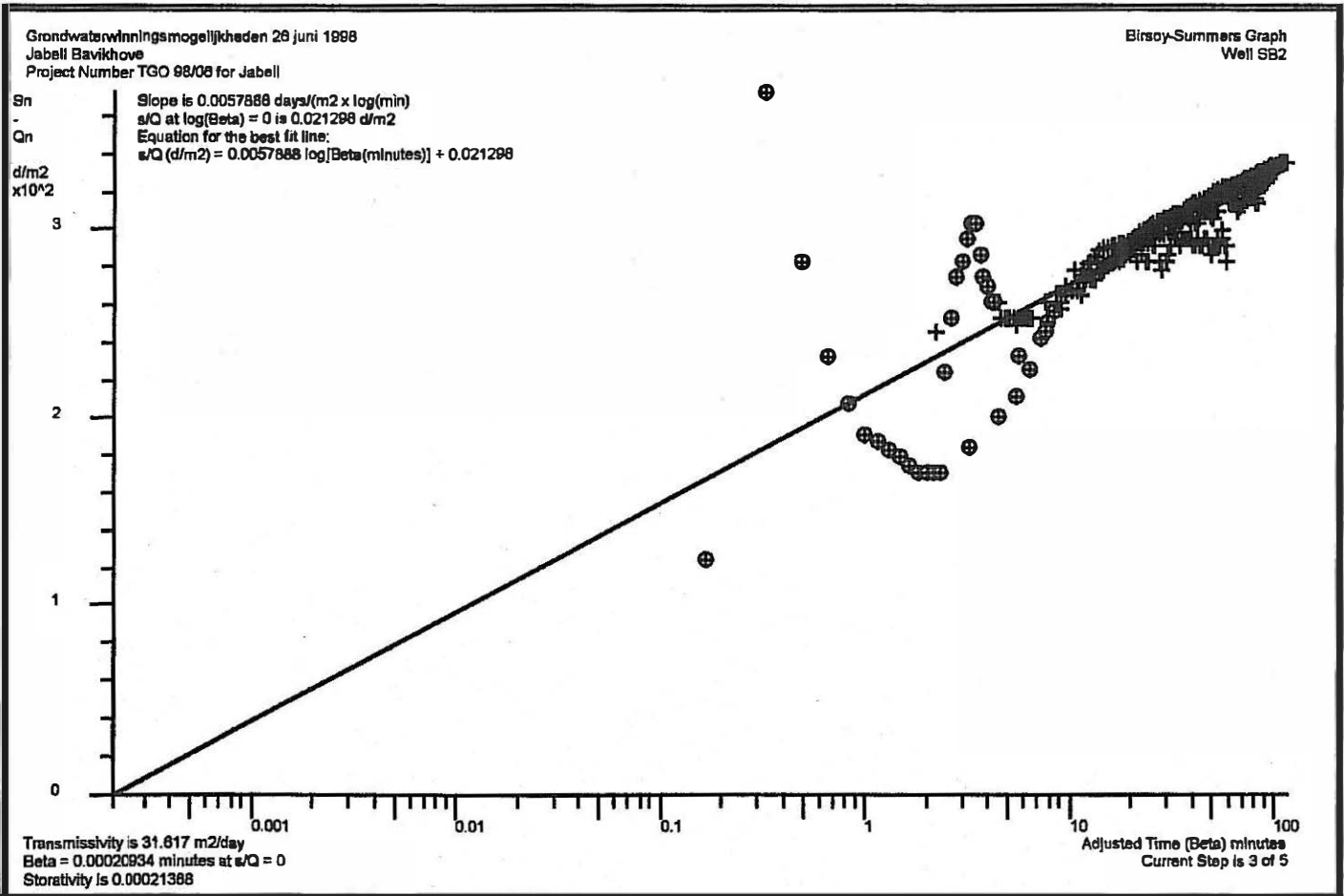
Door de hoger vermelde formule te delen door  $Q_n$  krijgt men een uitdrukking voor de specifieke verlaging  $s/Q$ . De waargenomen specifieke verlaging wordt lineair uitgezet tegen de gecorrigeerde tijd (logaritmisch), en de best passende rechte wordt getrokken. Figuur 12 geeft deze curve.

$\Delta (s_n/Q_n)$  over 1 tijdsinterval is bepalend voor de transmissiviteit volgens de betrekking:

$$\Delta \left( \frac{s_n}{Q_n} \right) = \frac{2,30}{4.\pi.kD}$$

Voor de stapsgewijze putproef geeft dit de volgende resultaten:

- helling best passende rechte: 0,0058487  $d/(m^2.\log(\min))$
- $s/Q$  voor  $\log(\beta) = 0,021298 d/m^2$
- transmissiviteit = 31,617  $m^2/dag$
- berging = 0,00020934 (benaderende waarde)



Figuur 13: Bepaling van de transmissiviteit m.b.v. de methode van Birsoy-Summers

### 6.3.4 Berekende invloedstraal

Om de invloedstraal te berekenen in de freatisch watervoerende laag dient men rekening te houden met de neerslag. De gemiddelde jaarlijkse neerslag in België bedraagt ongeveer 780 mm. Het verschil tussen de bruto neerslag en de evapotranspiratie geeft de infiltratie. In België bedraagt dit ca. 280 mm/j.

De invloedstraal kan als volgt berekend worden:

$$Q/I = \text{oppervlakte van de bemaling}$$

$$\text{Oppervlakte van de bemaling} = \pi \cdot R^2$$

Waarin:

- Q: onttrokken debiet per jaar (m<sup>3</sup>/j)
- I: gemiddelde jaarlijkse infiltratie (m/j)
- R: invloedsstraal in m

Indien de invloedstraal berekend wordt voor een debiet van 6 m<sup>3</sup>/h bekomt men:

$$\text{oppervlakte} = \frac{52560 \text{ m}^3 / \text{j}}{0,28 \text{ m} / \text{j}} = 187714,28 \text{ m}^2$$

$$\text{oppervlakte} = \pi \cdot R^2$$

$$R = \sqrt{\frac{187714,28 \text{ m}^2}{3,14}}$$

$$R = 244,50 \text{ m}$$

Hieruit volgt dus dat de invloedstraal bij een onttrokken debiet van 144 m<sup>3</sup>/h ongeveer 244,50 m bedraagt.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de invloedstraal versus het onttrokken debiet indien aangenomen wordt dat een evenwichtssituatie bereikt wordt.

**Tabel 2: Onttrokken debiet versus invloedstraal**

Onttrokken debiet (m <sup>3</sup> /d)	Invloedstraal (m)
24	± 100
48	± 140
72	± 173
96	± 200
120	± 223
144	± 244
240	± 315

### 6.3.5 Besluit

De stapsgewijze putproef op de winningsput SB2 in op de terreinen van Jabell te Bavikhove leverde een specifieke putcapaciteit van 1,312 m<sup>3</sup>/h per m verlaging op in het geteste debietsbereik van 0 tot 2,7 m<sup>3</sup>/h. Dit betekent dat men voor elke m<sup>3</sup> water die men per uur uit de put wenst op te pompen het waterpeil in de pompput met ca. 0,76 m zal doen dalen. De specifieke putcapaciteit kan niet a-priori doorgetrokken worden voor langere pomptijden (langer dan 1 uur) en hogere pompdebieten (buiten het geteste bereik).

De transmissiviteit van de aangepompte laag werd bepaald met de methode van Eden-Hazel en met de methode van Birsoy-Summers.

**Tabel 3: Transmissiviteit van het Quartair te Bavikhove aan de hand van de methode van Eden-Hazel en de methode van Birsoy-Summers**

Method	Transmissiviteit in m <sup>2</sup> /d
Eden-Hazel	36,503
Birsoy-Summers	31,617

Uit de methode van Eden-Hazel volgt een betrekking voor de verlaging in de pompput in functie van het debiet na elke willekeurige tijd t:

$$s = (0,021282 + 0,0050141 \log(t)) \cdot Q + 3,2225 \cdot 10^{-5} \cdot Q^2$$

Uit de methode van Hantush-Bierschenk volgt een betrekking voor de verlaging in de pompput i.f.v. het debiet (Q in m<sup>3</sup>/d) na 60 minuten pompen:

$$s = 0,030077 \cdot Q + 3,0087 \cdot 10^{-6} \cdot Q^2$$

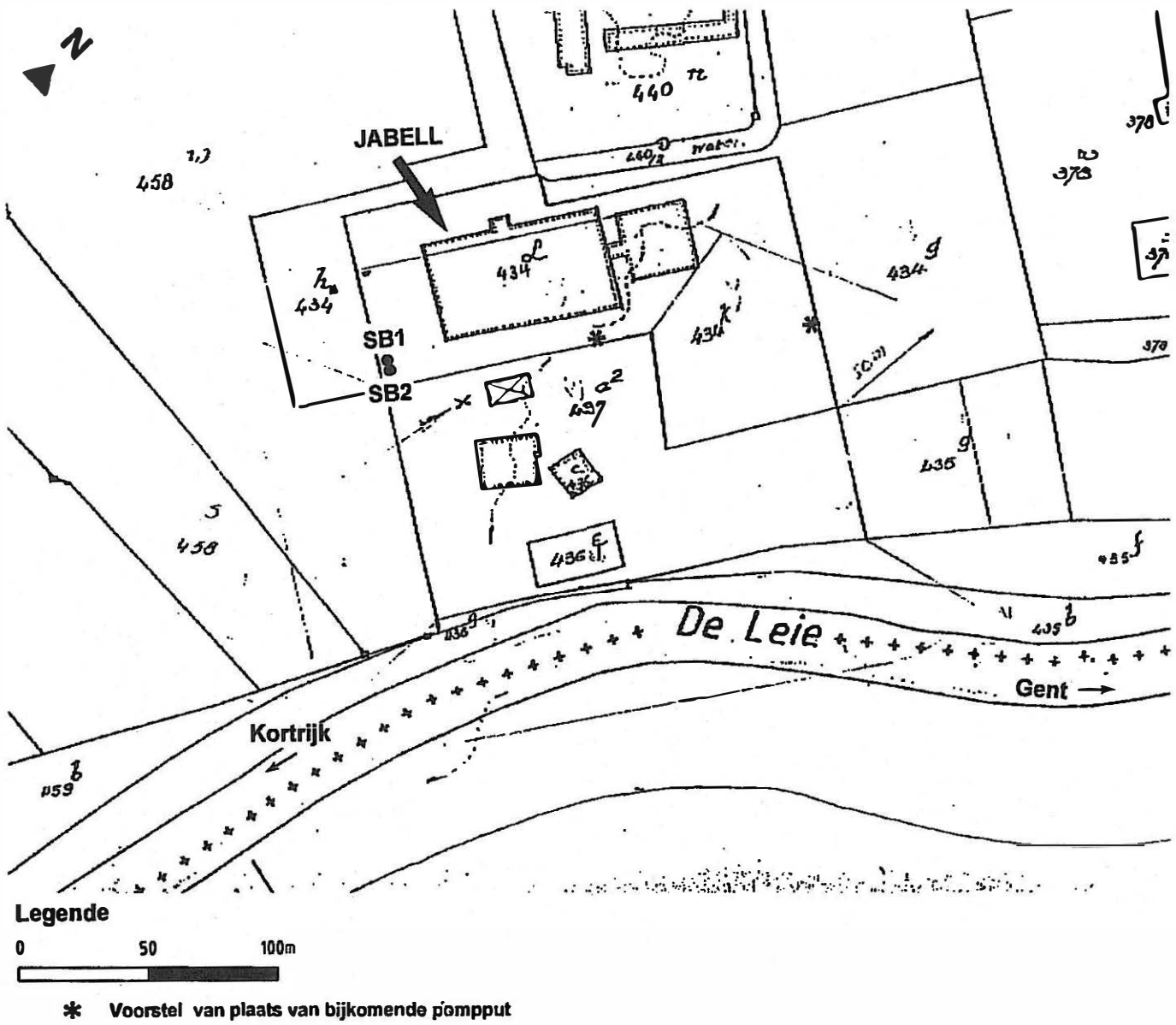
Volgens Hantush-Bierschenk wordt de maximale verlaging na 60 minuten bereikt bij een pompdebiet van ca. 10,8 m<sup>3</sup>/h.

Aan de hand van de methode van Eden-Hazel werd berekend dat men gedurende 20 jaar met een maximaal debiet van 6 m<sup>3</sup>/h (144 m<sup>3</sup>/d) moet pompen opdat het grondwaterpeil daalt tot de top van de filter.

Indien continu met een debiet van 6 m<sup>3</sup>/h wordt gepompt zal de invloedstraal ongeveer 244 m bedragen.

Om een groter debiet te kunnen onttrekken, zonder de watervoerende laag te belasten, stellen we voor twee bijkomende pompputten te plaatsen. De filter dient in dezelfde watervoerende laag (fijn tot middelmatig zand) te zitten als SB2 en de pompput dient op dezelfde wijze afgewerkt te worden. Een voorstel van de ligging van de pompputten is terug te vinden op figuur 14. Indien uit de drie pompputten een debiet van 4 m<sup>3</sup>/h wordt onttrokken, zal de invloed op de omgeving gering zijn.

De pompputten dienen op enige afstand van de Leie geplaatst te worden om infiltratie van de Leie te voorkomen.



**Figuur 14: Voorstel voor de plaats van de bijkomende pomputten**

RUG - Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie  
Krijgslaan 281 - B-9000 GENT ☎: 09/264.46.47; F: 09/264.49.88

TGO 98/06 (fase 2)

## 7 GRONDWATERKWALITEIT

### 7.1 Monstername en analyse

Uit de peilbuis werd op 22 juni 1998 een monster van het grondwater genomen en vervolgens in het laboratorium geanalyseerd. De grondwaterbemonstering gebeurde met een dompelpomp 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 volgende parameters bepaald:

- temperatuur (lucht en grondwater)
- pH
- geleidbaarheid
- redoxpotentiaal

De nodige conserveringsmiddelen werden ter plaatse toegediend. In het laboratorium werden de concentraties gemeten van verschillende kationen en anionen ter bepaling van de ionenbalans.

<u>Algemeen</u>	<u>Kationen</u>	<u>Anionen</u>
TA	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
TAC	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>
pH	Ca <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Redoxpotentiaal	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
	Fe <sup>tot</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	Mn <sup>2+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>

## 7.2 Bespreking van de resultaten

Volgens de classificatie van Stuyfzand (1986 en 1993) is het grondwater onttrokken aan de peilbuis hard en zoet. Het grondwater is van het F2 CaMix 0 type.

Tabel 4: Analyseresultaten van het ondiepe grondwater

Parameter	Eenheid	Gemeten Waarde	Vlarem	
			Richtnorm	M.T.C.
<b>Veldwaarnemingen</b>				
pH		7,49	$6,5 \leq x \leq 8,5$	
Geleidbaarheid	$\mu\text{S/cm}$	906	400	
Temperatuur				
Lucht	$^{\circ}\text{C}$	19,0		
Water	$^{\circ}\text{C}$	12,1		
<b>Laboratoriumresultaten</b>				
TA	$^{\circ}\text{F}$	0		
TAC	$^{\circ}\text{F}$	23,00		
Geleidbaarheid	$\mu\text{S/cm}$	840	400	-
Redoxpotentiaal	mV	90		
Totale hardheid	mg/l	158,2		
pH		7,14	$6,5 \leq x \leq 8,5$	-
Na <sup>+</sup>	mg/l	29,66	20	150
K <sup>+</sup>	mg/l	2,47	10	12
Ca <sup>2+</sup>	mg/l	149	100	-
Mg <sup>2+</sup>	mg/l	9,2	30	50
Fe <sup>3+</sup> (Fe <sup>2+</sup> )	mg/l	<b>1,15</b>	0,05	0,2
Mn <sup>2+</sup>	mg/l	<b>0,32</b>	0,02	0,05
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	<b>0,8</b>	0,05	0,5
Cl <sup>-</sup>	mg/l	70,66	25	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	146,8	25	250
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3,3	25	50
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,02	-	0,1
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	280,6	-	-
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0	-	-
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	0,64	0,4	5

Legende: M.T.C.: maximaal toegelaten concentratie  
cursief: overschrijding van de richtnorm  
VET: Overschrijding van de M.T.C.

Aan de hand van de analyseresultaten kan besloten worden dat de maximaal toegelaten concentratie voor Fe<sup>(tot)</sup>, Mn<sup>2+</sup>, en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> overschreden zijn.

Voor de parameters Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> wordt de richtnorm overschreden.



## 8 BESLUIT

Aan de hand van de boorstaat en de boorgatmetingen uitgevoerd op het terrein van N.V. Jabell werd de geologische en hydrogeologische opbouw van de ondiepe ondergrond nagegaan.

Er werden twee geologische eenheden aangeboord: een quartaire afzetting en een tertiaire afzetting. Het Quartair bestaat uit fijn lemig zand waarin vooral onderaan lagen met fijn tot middelmatig zand voorkomen. De dikte van het Quartair bedraagt 15,8 m.

Onder het Quartair treft men tertiaire afzettingen aan. De eerste tertiaire afzetting is de Formatie van Kortrijk. Deze formatie bestaat voornamelijk uit grijze zandige klei. Met de diepte neemt het kleigehalte toe.

In het boorgat werd een filter geplaatst. De filterlengte bedraagt 3 m en komt voor op een diepte van 12,8 tot 15,8 m.

Op 26 juni werd een stapsgewijze putproef uitgevoerd op de put SB2. De gegevens werden volgens verschillende methoden geïnterpreteerd.

Hieruit bleek dat de specifieke putcapaciteit gelijk is aan 1,312 m<sup>3</sup>/h per m verlaging in het geteste debietsbereik van 0 tot 2,7 m<sup>3</sup>/h. Dit betekent dat men voor elke m<sup>3</sup> water die men per uur uit de put wenst op te pompen het waterpeil in de pompput met ca. 0,76 m zal doen dalen. De specifieke putcapaciteit kan niet a-priori doorgetrokken worden voor langere pomptijden (langer dan 1 uur) en hogere pompdebieten (buiten het geteste bereik).

Volgens de methode van Hantush-Bierschenk wordt de maximale verlaging (9,9 m) na 60 minuten bereikt bij een pompdebiet van ca. 12,3 m<sup>3</sup>/h.

Aan de hand van de methode van Eden-Hazel werd berekend dat men gedurende 20 jaar met een maximaal debiet van 6 m<sup>3</sup>/h (144 m<sup>3</sup>/d) moet pompen opdat het grondwaterpeil daalt tot de top van de filter.

De verlaging op een afstand van 1000 m tot de pompput, berekend met de formule van Theis, voor een debiet van 6 m<sup>3</sup>/dag gedurende 5 jaar bedraagt ca.  $4,2 \cdot 10^{-2}$  m. Deze verlaging is van dezelfde orde als de natuurlijke schommelingen van de grondwatertafel en is dus verwaarloosbaar.

Rekening houdend met de analysesresultaten kan gesteld worden dat het onttrokken water hard en zoet is. De analysesresultaten tonen aan dat de maximaal toegelaten concentratie voor Fe<sup>(tot)</sup>, Mn<sup>2+</sup>, en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> overschreden zijn; de richtnorm overschreden wordt voor de parameters geleidbaarheid, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>2-</sup> en SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Het grondwater dient waarschijnlijk aan voorafgaande behandelingen onderworpen te worden indien het als proceswater gebruikt wordt.

Er kan besloten worden dat ter hoogte van het studiegebied het grondwaterreservoir in het Quartair geschikt is voor een waterwinning. Daarom wordt voorgesteld om twee bijkomende pompputten te plaatsen waarvan de filter in dezelfde watervoerende laag als SB2 voorkomt. Het onttrokken debiet van 4 m<sup>3</sup>/h in elke pompput zal een geringe invloed veroorzaken op de omgeving.

Gezien de kwaliteit van het water dient het waarschijnlijk behandeld of gemengd te worden vooraleer het in productie kan genomen worden.

---

## LITERATUURLIJST

KRUSEMAN, G.P. & DE RIDDER, N.A. (1994). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data (second edition). Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 377p.

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 9th Salt Water Intrusion Meeting, Delft, p.641 – 655.

STUYFZAND, P.J. (1993). Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Amsterdam, Academisch proefschrift. KIWA, 366p.

# BIJLAGE 1

## **Boorstaat**



Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie  
Universiteit Gent - ProfDr. W. De Breuck

Krijgslaan 281 - B-9000 Gent  
tel: 09/264.46.47 fax: 09/264.49.88

<b>PROJECT:</b> Jabell	<b>PROJECT No:</b> TGO 98/06 (fase 2)
<b>Opdrachtgever:</b> Verbond van Groenteverwerkende Bedrijven	<b>Date:</b> 22 april 1998

**Boring:** SBI  
**Krt.:** 29/2 Harelbeke  
**Boorsysteem/-toestel:** SPOBO 2: gespoeld  
**Boormeester:** RB  
**Maaiveld:** ca. +14,75 (m T.A.W.)  
**Top peilbuis:** ?  
**Geofysische boorgatmetingen:** standaardpakket

**Plaats:** Bavikhove  
**X:** 75.750 - **Y:** 173.670  
**Boorploeg:** RB/EP/KM  
**Grondbeschrijving door:** KM  
**Einddiepte:** 22 m -mv  
**Type:** filterput

Boorwijze	Diameter boring in mm	Diepte onder mv in m	Doel
Gespoeld	220	0 - 22,00	boorgatmeting, uitbouw tot peilbuis, putproef

	Diepte van - tot m diepte	Lengte in m	Diam. in mm	Materiaal	Kenmerken
Stijgbuis	0,00 - 12,80	12,80	125	PVC	
Filter	12,80 - 15,80	3,00	125	PVC	zaagsnede 0,30 mm
Filteromstorting	22,00 - 12,25 10,30 - 5,70 4,70 - 0,50	9,75 4,60 4,20		Gecal. zand	0,7 - 1,25 mm
Stop	12,25 - 10,30 5,70 - 4,70 0,50 - 0,00	2,90 1,00 0,50		kleistop	compactonit
Afwerking	PVC-buizen ca. 20 cm boven het maaiveld, afgesloten met dop				

Diepte (in m - mv)		Grondbeschrijving	Interpretatie
Van	tot		
0,00	2,00	Aangevoerd materiaal	Quartair
2,00	2,50	Bruine leem, weinig fijn zand, kwartskorrels	Quartair
2,50	5,00	Bruin fijn zandig materiaal met enkele leembrokjes	Quartair
5,00	8,50	Bruingrijs fijn lemig zand, glauconiet, kwarts, grijze leembrokjes	Quartair
8,50	9,90	Bruingrijs fijn zand, glauconiet, grijze kleilensjes	Quartair
9,90	11,50	Grijs fijn lemig zand, glauconiet	Quartair
11,50	12,50	Grijs fijn lemig zand met leemlenzen, organisch materiaal	Quartair
12,50	14,50	Grijsgroen fijn tot middelmatig zand, schelpmateriaal, glauconiet	Quartair
14,50	15,80	Grijsgroen middelmatig zand, glauconiet	Quartair
15,80	15,80	Basisgrind	Quartair
15,80	17,00	Grijsgroene zandige klei, glauconiet	Formatie van Kortrijk
17,00	19,50	Grijze weinig zandhoudende klei, glauconiet	Formatie van Kortrijk
19,50	19,70	Kleilaagje	Formatie van Kortrijk
19,70	21,00	Grijze weinig zandhoudende klei, glauconiet	Formatie van Kortrijk
21,00	22,00	Grijze slappe klei, glauconiet	Formatie van Kortrijk
22,00		Einde boring	Formatie van Kortrijk

**Interpretatie** (diepte in m):

0,00 - 2,0 m: Aangevulde en vergraven gronden  
2,00 - 15,80 m: Quartair  
15,80 - einde boring: Formatie van Kortrijk



Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie  
Universiteit Gent - ProfDr. W. De Breuck

Krijgslaan 281 - B-9000 Gent  
tel: 09/264.46.47 fax: 09/264.49.88

<b>PROJECT:</b> Jabell	<b>PROJECT No:</b> TGO 98/06 (fase 2)
<b>Opdrachtgever:</b> Verbond van Groenteverwerkende Bedrijven	<b>Date:</b> 18 juni 1998

**Boring:** SB2  
**Krt.:** 29/2 Harelbeke  
**Boorsysteem/-toestel:** SPOBO 2: gespoeld  
**Boormeester:** RB  
**Maaiveld:** ca. +14,75 (m T.A.W.)  
**Top peilbuis:** ?  
**Geofysische boorgatmetingen:** geen

**Plaats:** Bavikhove  
**X:** 75.751 - **Y:** 173.671  
**Boorploeg:** RB/EP  
**Grondbeschrijving door:** RB  
**Einddiepte:** 16,20 m -mv  
**Type:** filterput

Boorwijze	Diameter boring in mm	Diepte onder mv in m	Doel
Gespoeld	220	0 - 16,20	boorgatmeting, uitbouw tot peilbuis, putproef

	Diepte van - tot m diepte	Lengte in m	Diam. in mm	Materiaal	Kenmerken
Stijgbuis	0,00 - 12,80	12,80	125	PVC	
Filter	12,80 - 15,80	3,00	125	PVC	zaagsnede 0,30 mm
Filteromstorting	22,00 - 12,10 9,80 - 6,00 4,50 - 0,80	9,90 3,80 3,70		Gecal. zand	0,7 - 1,25 mm
Stop	12,10 - 9,80 6,00 - 4,50 0,80 - 0,30	2,90 1,50 0,50		kleistop	compactonit
Afwerking	PVC-buizen ca. 20 cm boven het maaiveld, afgesloten met dop				

Diepte (in m - mv)		Grondbeschrijving	Interpretatie
Van	tot		
0,00	2,00	Aangevoerde grond + steenbrokken	Quartair
2,00	2,30	Bruine leem	Quartair
2,30	5,70	Bruin fijn zandig materiaal met enkele leembrokjes.	Quartair
5,70	6,00	Idem, maar meer leembrokjes.	Quartair
6,00	6,05	Steenlaagje?	Quartair
6,05	8,50	Bruin fijn zand, grijze leembrokjes	Quartair
8,50	12,00	Iets donkerder, fijn lemig zand met meer leembrokken	Quartair
12,00	15,00	Grijs fijn zand met wat schelgruis + kleibrokjes	Quartair
15,00	15,80	Grijs middelmatig zand met schelpgruis	Quartair
15,80	15,80	Basisgrind	Quartair
15,80	16,20	Grijze klei	Formatie van Kortrijk
16,20		Einde boring	Formatie van Kortrijk

**Interpretatie (diepte in m):**

0,00 - 2,0 m: Aangevulde en vergraven gronden  
2,00 - 15,80 m: Quartair  
15,80 - einde boring: Formatie van Kortrijk