

GH VERSLAG NO. 3583

HEREVALUASIE EN POTENSIAALBEPALING VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT
(WES-TRANSVAAL) MET BEHULP VAN DIE DRIEHOEKIGE EINDIGE ELEMENT METODE

H.J. VAN RENSBURG

MEI 1988

DIREKTORAAT GEOHIDROLOGIE
DEPARTEMENT WATERWESE

INHOUDSOPGAWE

BLADSY

LYS VAN FIGURE	i
LYS VAN TABELLE	iii
1.0 INLEIDING	1
2.0 KONSTRUKSIE VAN DIE MODEL	1
2.1 Opstel van die eindige element netwerk	1
2.2 Modelparameters	3
2.2.1 Onttrekkingssyfers en tydstepinkremente	3
2.2.2 Randvoorwaardes	3
2.2.3 Aanvangsvoorwaardes	3
2.2.4 Aanvulling van die kompartement	6
2.2.5 Transmissiwiteit en soortlike lewering	6
3.0 YKING VAN DIE MODEL	8
3.1 Tydperk September 1982 tot September 1984	8
3.2 Verifikasie van die modelvir die toetstydperk September 1984 tot September 1987	8
4.0 BEDRYFSOPSIES	13
4.1 Opsie 1	13
4.2 Opsie 2	27
4.3 Opsie 3	27
5.0 GRONDWATERPOTENSIAAL EN AANVULLING VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT	30
5.1 Grondwaterpotensiaal	30
5.2 Aanvulling	30
6.0 GEVOLGTREKKINGS	34
7.0 VERWYSINGS	37

LYS VAN FIGURE

BLADSY

1.	Driehoekige eindige element netwerk van die Grootfonteinkompartement.	2
2.	Grondwatervlakkontoerkaart van aanvangswatervlakke vir eindige element simulatie van die Grootfontein-kompartement - September 1982.	5
3.	Kontoerkaart van die aanvangswaardes van soortlike lewering in die Grootfonteinkompartement wat bereken is volgens aanvulling en watervlakstygings in observasieboorgate. ($S = 2,24\%$)	7
4.	Transmissiwiteitswaardes van die Grootfontein-kompartement soos verkry uit die yking van die eindige element model.	9
5.	Soortlike lewerings van die Grootfonteinkompartement soos verkry uit die yking met behulp van eindige element model ($S = 2,38\%$).	10
6.	Voorspelde grondwatervlakkontoerkaart vir September 1984 soos bereken tydens ykingsperiode met behulp van die eindige element model.	11
7.	Grondwatervlakkontoerkaart van ware watervlakke vir September 1984.	12
8.	Grondwatervlakkontoerkaart van die ware watervlakke vir September 1987.	14
9.	Voorspelde grondwatervlakkontoerkaart vir September 1987 met eindige element model.	15
10.	Vergelyking tussen die waargenome en die berekende watervlakskommeling by waarnemingsboorgate.	16-26
11.	Voorspelde grondwatervlakkontoerkaart vir September 1990 bereken met onttrekkingstempo van $2,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinoo en $8,07 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ vir 'n aanvullingstempo van $6,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (39 mm/a).	28
12.	Voorspelde grondwatervlakkontoerkaart van die Grootfonteinkompartement vir September 1990 bereken met 'n onttrekkingstempo van $2,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinoo en onttrekking deur die besproeiingsboere van $8,07 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ en geen aanvulling.	29
13.	Voorspelde grondwatervlakkontoerkaart van die Grootfonteinkompartement vir September 1990 bereken teen 'n onttrekkingstempo van $6,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinoo en $8,07 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ deur die besproeiingsboere en 'n aanvullingstempo van $6,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (39 mm/a).	31

14. Voorspelde grondwatervlakkontoerkaart van die Grootfonteinkompartement vir September 1990 bereken teen 'n onttrekkingstempo van $2,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinoog en $11,08 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ deur die besproeiingsboere en aanvullingstempo van $6,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (39 mm/a). 32
15. Verband tussen % aanvulling en reënval. 35
16. Verband tussen % aanvulling uitgedruk as % van jaarlikse gemiddelde reënval en reënval. 36

LYS VAN TABELLE

BLADSY

1. Jaarlikse onttrekkingstempo's ($\times 10^6 \text{ m}^3$) vir
bestaande produksieboorgate in die Grootfontein-
kompartement. 4
2. Berekende aanvulling in die Grootfonteinkompartement
vir die tydperk September 1980 tot Augustus 1987. 33

HEREVALUASIE EN POTENSIAALBEPALING VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT (WES-TRANSSVAAL) MET BEHULP VAN DIE DRIEHOEKIGE EINDIGE ELEMENT METODE

1.0 INLEIDING

'n Vierhoekige eindige element model (ISOQUAD) wat die grondwatertoestande in die Grootfonteinkompartement volgens historiese inligting simuleer, is gedurende 1985 daargestel (Janse van Rensburg, 1985). Hierdie navorsing is in samewerking met die Instituut vir Grondwaterstudies onderneem en die model is op die hoofrekenaar van die UOVS bedryf.

Aangesien die departement swaar steun op die gebruik van die model vir die bestuur en verdere beplanning van die grondwatersisteem, is die model oorgeplaas op die Direktoraat Geohidrologie se OLIVETTI M24 minirekenaar. Vir hierdie doel is gebruik gemaak van 'n driehoekige eindige element program, AQUAMOD. (Van Tonder en Cogho, 1987).

Die model is volgens die geohidrologiese inligting soos op September 1982 gepas om aanvangstoestande te kalibreer. Dit is daarna oor die tydperk September 1982 tot September 1984 geyk om die watervlak verandering met tyd betroubaar te voorspel. Die geykte model is gebruik om grondwatervlakreaksies onderhewig aan pomptrekkings en aanvulling vir die tydperk September 1984 tot September 1987 te toets. Die ooreenstemming tussen die waargenome en gesimuleerde watervlakkontoere is beoordeel op grond van subjektiewe visuele beoordeling van die kontoerlyne en algemene patroon. Goeie passing is verkry, en die model is as voldoende geyk aanvaar om die grondwaterstelsel se reaksie aan sekere bedryfsopsies te toets. Dit het hoofsaaklik die weglating van pompery op Blaauwbank en Mooimeisiesfontein en die verhoging van onttrekking by die Grootfonteinooi met of sonder aanvulling ingesluit.

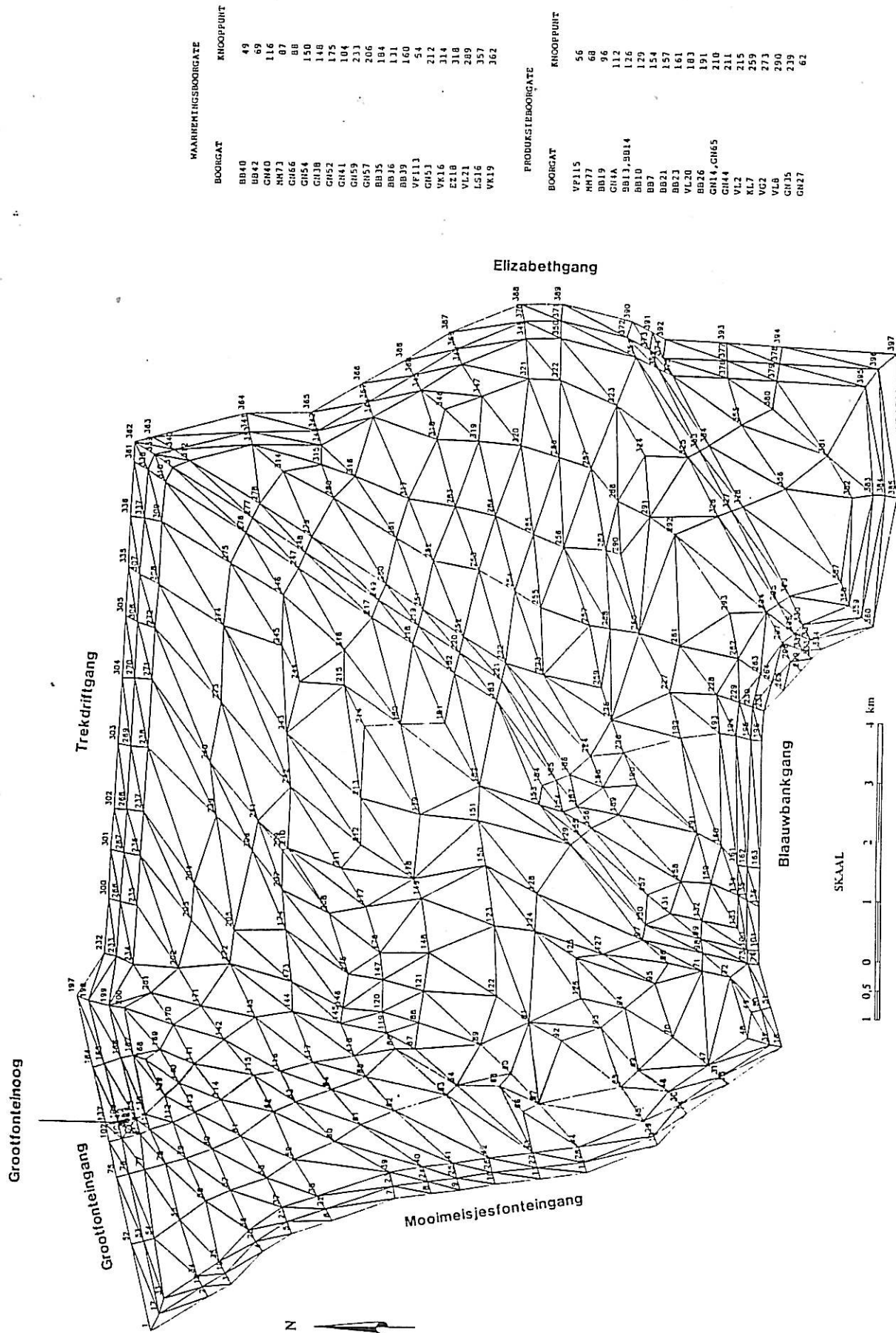
'n Bespreking van die volume grondwater opgeberg in die akwifer volgens berekening met behulp van 'n numeriese integrasietegniek, word gegee. Hieruit is eenvoudige grondwaterbalans berekeninge gemaak om die jaarlikse aanvulling oor die gebied te bereken.

2.0 KONSTRUKSIE VAN DIE MODEL

2.1 Opstel van die eindige element netwerk

Figuur 1 toon die driehoekige eindige element netwerk soos dit in die AQUAMOD-program gebruik is. Dit is identies aan die ISOQUAD-netwerk (Janse van Rensburg, 1985) behalwe dat elke vierhoekelement in die netwerk verdeel is om driehoeke te vorm.

By die opstel van die netwerk is fisiese verskynsels soos byvoorbeeld topografie, grondwatervlakke, geologie, fonteine, boorgatposisies en die grense van die sisteem, in ag geneem. So byvoorbeeld is die diabaasgange as 'n dubbele ry klein smal elemente voorgestel. Dit verseker dat die vloei van grondwater makliker beheer kan word deur eenvoudig die k-waardes of die T-waardes by die nodes te vergroot of te verklein. Verder is gepoog om die regionale grondwatervloeiopatroon na te boots deur die groottes van elemente ooreenkomstig die verspreiding in grondwatervlakkontoere te kies.



Figuur 1. Driehoekige element netwerk van die Grootfonteinkompartement.

Die posisies van produksie- en waarnemingsboorgate val saam met knooppunte op die netwerk.

Die laaste stap in die konstruksie van die eindige element netwerk is die nommering van knooppunte en elemente. Die maksimum verskil tussen twee knooppuntnommers in enige element (genoem die halfbandwydte), moet so klein moontlik gehou word sodat rekenaartyd en geheue so klein as moontlik is. Die halfbandwydte vir die Grootfonteinmodel is 69 met die aantal knooppunte en elemente onderskeidelik 397 en 732.

2.2 Modelparameters

2.2.1 Onttrekkingssyfers en tydstepinkremente

'n Oplossing van die grondwatervloei vergelyking is op 'n jaarlikse basis verlang dit wil sê by byvoorbeeld September 1982, September 1983, September 1984 ensovoorts. Die program bepaal self tussentydstappe byvoorbeeld 1 dag, 3 dae, 7 dae, 15 dae, 31 dae, 63 dae, 127 dae, 255 dae en ook op 365 dae waarna die proses herhaal word vir die volgende jaar. Oplossings op 'n maandelikse basis is verkieslik aangesien daar maandelikse watervlakgegewens en pomponttrekkingshoeveelhede beskikbaar was, maar dit was nie prakties nie aangesien die rekenaargeheue opgeneem word as gevolg van die veel groter aantal tussentydstappe wat bereken moet word.

Onttrekkingshoeveelhede is as m^3/dag ingelees by die spesifieke knooppunte wat saamval met onttrekkingsboorgate. Tabel 1 toon die onttrekkingssyfers by die onderskeie knooppunte op 'n jaarlikse basis vir die hidrologiese jare 1982/83 tot 1986/87. Die onttrekking by die Grootfonteinooog is met behulp van vloei-meterlesings verkry terwyl onttrekking by die onderskeie besproeiingspunte met behulp van kragverbruiksyfers bepaal is. (Verslag no. Gh3549).

2.2.2 Randvoorwaardes

Die randvoorwaardes in 'n eindige element model kan of as konstante waterdrukhoogte (Dirichlet) of konstante deurvloei (Neumann) voorwaardes of albei gespesifiseer word. Dirichlet randvoorwaardes spesifiseer dat grondwatervlakke by die grense van die sisteem op 'n bepaalde konstante vlak gehou word. By Neumann randvoorwaardes daarenteen varieer die watervlakke op die grense en kan verskillende in- en uitvloei gespesifiseer word. Neumann randvoorwaardes is toegepas by die Grootfonteinkompartement aangesien die inligting aandui dat die watervlakke op die grense van die kompartement varieer. So byvoorbeeld moes 'n invloei van ($2\,600\,m^3/d$) in die suidooste oor die Blaauwbankgang volgens model ingevoer word terwyl die uitvloei as nul aanvaar is.

2.2.3 Aanvangsvoorwaardes

Die grondwatervlakstand van September 1982 (Figuur 2) is as aanvangswatervlakke in die model geneem. Die redes hiervoor is dat:

- (i) Die grondwatervlak gedurende hierdie periode van lae reënval, 'n algemene daling getoon het en is aanvaar dat aanvulling se effek minimaal sou wees.
- (ii) Die Grootfonteinooog nie meer gevloei het nie sodat slegs pompery in ag geneem moes word. Hiervoor was betroubare onttrekkingssyfers beskikbaar.

TABEL 1: JAARLIKSE ONTTREKKINGSTEMPO'S ($\times 10^6 \text{ m}^3$) VIR BESTAANDE PRODUKSIEBOORGATE IN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT

Boorgat	Grootfonteinooig produksie boorgate																						
	BB7	BB10	GN4A	MM77	KL7	VL20	VF115	GN27	VL8	VL2	BB21	BB23	GN35	GN65 + 14	GN44	BB26	BB19	BB13 + 14	VG2				
Knooppunt	107	108	109	110	154	129	112	68	259	183	56	67	290	215	157	161	239	210	211	191	96	126	273
1982/83	1,087	1,087	1,087	1,087	0,085	0,322	0,377	0,499	0,081	0,224	0	0	0,122	0,336	0,420	0,496	0	0,963	0,806	0,894	0,564	0,852	0,225
1983/84	1,870	1,870	1,870	1,870	0,331	0,683	0,493	0,545	0,094	0,241	0,066	0	0,231	0,475	0,569	0,374	0	1,115	1,434	0,709	0,749	1,215	0,068
1984/85	1,587	1,587	1,587	1,587	0,365	0,566	0,389	0,689	0,272	0,243	0,110	0	0,187	0,568	0,524	0,559	0,485	0,995	1,284	0,896	0,515	1,065	0
1985/86	1,426	1,426	1,426	1,426	0,318	0,442	0,673	0,757	0,245	0,288	0,078	0,452	0,116	0,434	0,522	0,564	1,372	0,233	1,309	1,046	0,814	1,185	0
1986/87	0,613*	0,613*	0,613*	0,613*	0,338	0,564	0,518	0,664	0,204	0,257	0,085	0,493	0,178	0,492	0,538	0,499	1,100	1,070	1,342	0,884	0,693	1,155	0

* Totale onttrekking by Grootfonteinooig verdeel tussen 4 nodes.

2.2.4 Aanvulling van die kompartement

Die aanvulling van 'n akwifereer speel 'n baie belangrike rol in die ekonomiese ontginningspotensiaal daarvan. Vorige ondersoeke het aangetoon dat die aanvulling wissel tussen 4,5% en 8,6% van die gemiddelde jaarlikse reënval (Bredenkamp, 1978) terwyl meer onlangse ramings toon dat dit tussen 0% en 20% kan wissel afhangende van die mate van afwyking van die reënval vanaf die gemiddelde jaarlikse reënval.

Berekening van die aanvulling volgens die vergelyking van Bredenkamp is soos volg:

$$RE(I) = A(RF(I) - B) \quad (1)$$

waar $RE(I)$ = aanvulling vir spesifieke jaar
 $RF(I)$ = reënval vir spesifieke jaar.

Vir waardes van A tussen 0,28 en 0,35 en B tussen 310 en 360 volg dat vir 'n gemiddelde jaarlikse reënval van 560 mm die beraamde aanvulling kan wissel tussen 10% en 15,6%.

Daar is egter besluit op 'n aanvullingssyfer van 9% van die jaarlikse reënval aangesien die reënval die afgelope jare deurgaans minder as die gemiddelde reënval was. Dit het geblyk dat hierdie aanname redelik betroubaar was soos later volledig bespreek sal word. (Seksie 5)

2.2.5 Transmissiwiteit en soortlike lewering

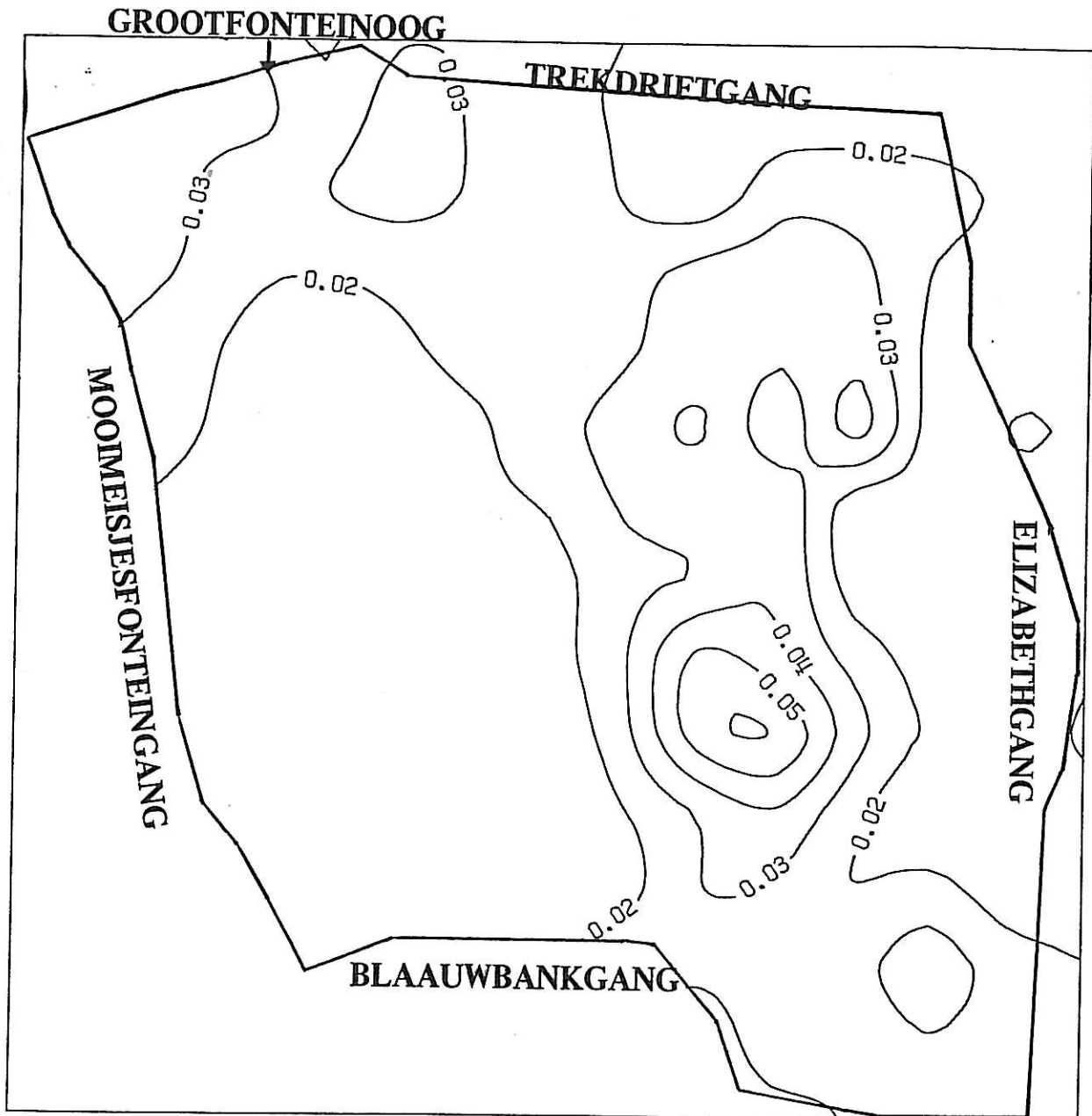
Die transmissiwiteit ($T = kD$) bepaal die grondwatervloei terwyl die hoeveelheid water wat in die grondwatersisteem opgeberg is deur die soortlike lewerings beheer word. Hierdie parameters is van kardinale belang in die konstruksie van 'n numeriese model, aangesien hul, naas die aanvangswatervlakke en aanvulling, die enigste parameters is wat verander kan word om die watervlakreaksie in die sisteem te verander.

Dieselfde bergingswaardes wat vir die vierhoekige eindige element model (Janse van Rensburg, 1985) gebruik is, is ook vir die huidige model gebruik. Dié waardes is verkry deur die watervlakstyging wat deur die beraamde aanvulling veroorsaak is te gebruik:

$$S\text{-waarde} = \text{insyfering (mm)} / \text{styging in watervlak (mm)}$$

Die S-waarde só verkry by die 22 waarnemingsboorgate, is met behulp van 'n statistiese tegniek (Kriging), na die 397 knooppunte van die netwerk geïnterpoleer. Figuur 3 toon die kontoerkaart van die soortlike lewering (S) wat by aanvangstoestande gebruik is en wat 'n gemiddelde waarde $S = 2,24\%$ vir die kompartement gee.

Aangesien die dolomietsisteem heterogeen en anisotroop is, is 'n verteenwoordigende gemiddelde waarde vir die transmissiwiteit nie sinvol nie. Waardes bereken uit pomptoetse dui op transmissiwiteitswaardes wat wissel vanaf 20 000 m^2/d (by die Grootfonteinoo) tot 2 000 – 5 000 m^2/d (gebied tussen Blaauwbank en Grootfonteinoo) en 1 m^2/d – 16 m^2/d vir diabaasgange wat die kompartementgrense vorm.



FIGUUR 3. KONTOERKAART VAN DIE AANVANGSWAARDES VAN SOORTLIKE LEWERING IN DIE GROOTFONTEIN KOMPARTEMENT WAT BEREKEN IS VOLGENS AANVULLING EN WATERVLAKSTYGINGS IN OBSERVASIEBOORGATE.
(Gem. $S=2,235\%$)

Transmissiwiteitswaardes vir die netwerk is toegeken op grond van die digtheidsverspreiding van grondwatervlakkontoere, dit wil sê waar 'n groter digtheid van grondwatervlakkontoere voorkom, is kleiner transmissiwiteite toegeken teenoor groter waardes waar die grondwatervlakkontoere verder uitmekaar is, wat laer gradiënte impliseer.

Die finaal verstellde waardes vir die transmissiwiteit en soortlike lewering (S) soos verkry uit die yking van die model word in Figure 4 en 5 onderskeidelik getoon. Die gemiddelde S-waarde is behou op 2,38%.

3.0 YKING VAN DIE MODEL

3.1 Tydperk September 1982 tot September 1984

Voordat 'n grondwatermodel vir bestuursdoeleindes gebruik word moet dit eers geyk word teen waargenome data. 'n Model word as geyk aanvaar indien die waargenome en voorspelde grondwatervlakke, volgens die oordeel van die modelleerder, voldoende ooreenstem.

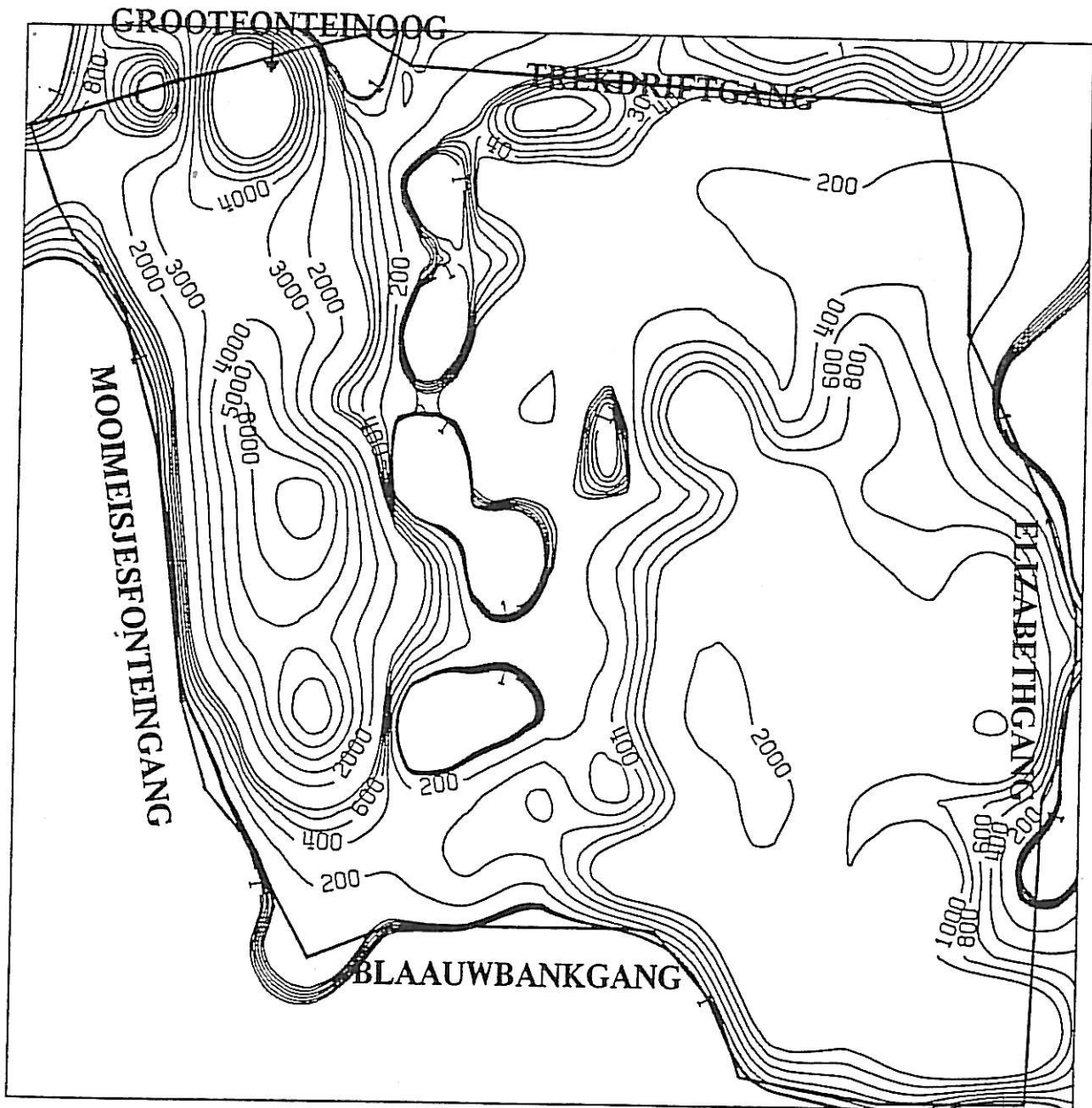
In hierdie geval is die model geyk deur die grondwatervlakdalings van 22 waarnemingsboorgate te vergelyk met die daling wat deur die model gesimuleer is.

Volgens die geykte parameters (S en T) wat met behulp van die kalibrasie van die model verkry is (September 1982 as aanvangswatervlakke) is voorspellings van watervlakke vir September 1984 (Figuur 6) gemaak. Die gemete watervlakkontoere vir September 1984 (Figuur 7) toon goeie ooreenstemming met die voorspelde waardes (Figuur 6) wat in die lig van die heterogeniteit van die dolomiet verbasend is. Die algemene vloei patroon van grondwaterbeweging word goed nageboots terwyl die noord-suid strekkende versteiling van kontoere in die Grootfontein-Blaauwbankomgewing ook na vore kom. Die gebied van hoë vloei (hoë transmissiwiteit) tussen Blaauwbank en die Grootfonteinooi word deur vlak gradiënte verteenwoordig soos duidelik gesien kan word.

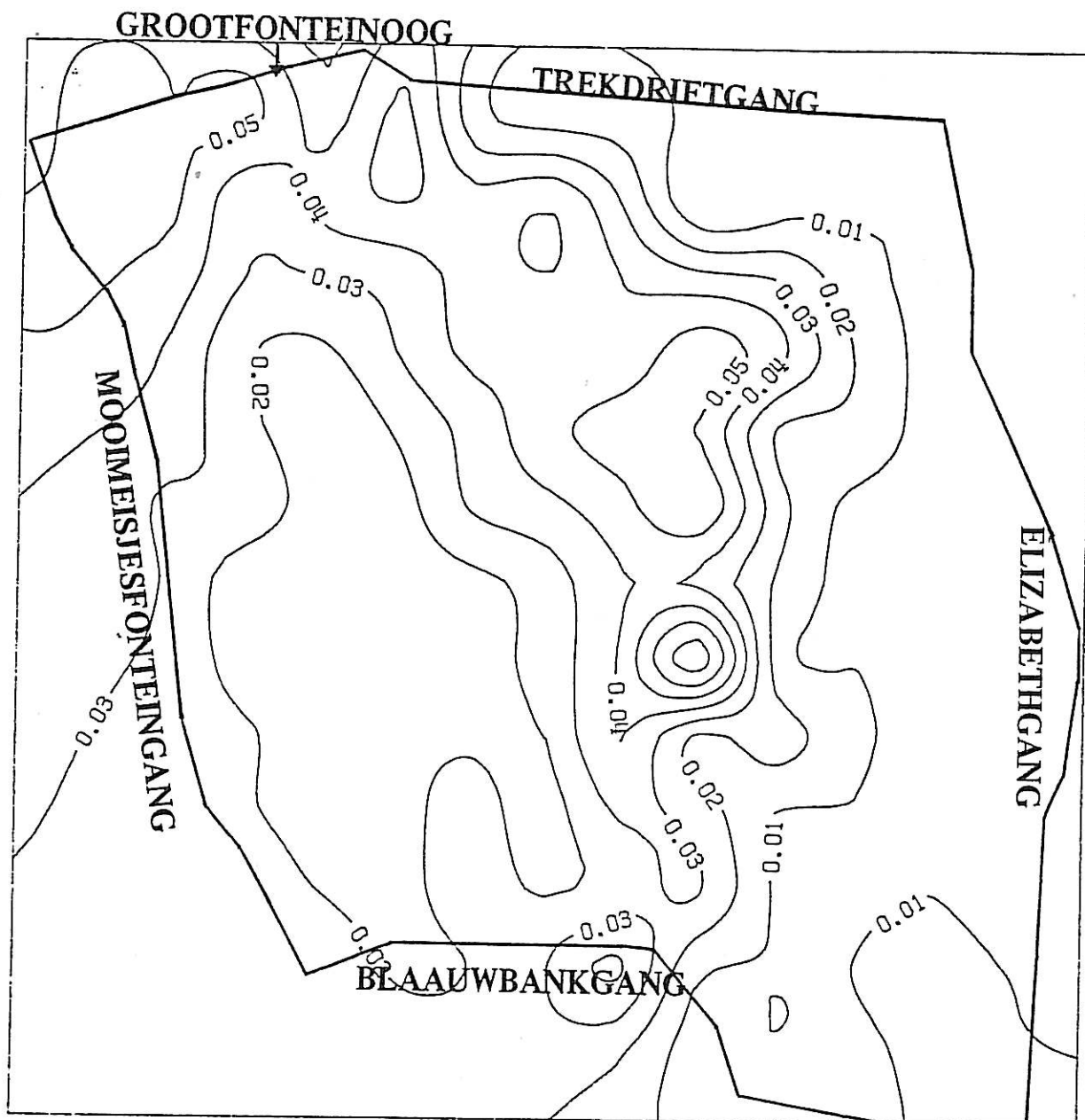
'n Invloei van 2 600 m³/d na die sisteem oor die suidoostelike gedeelte van die Blaauwbankgang moes toegevoeg word, terwyl die aanvullings op 9% van die jaarlikse reënval aanvaar is.

3.2 Verifikasie van die model vir die toetstydperk September 1984 tot September 1987

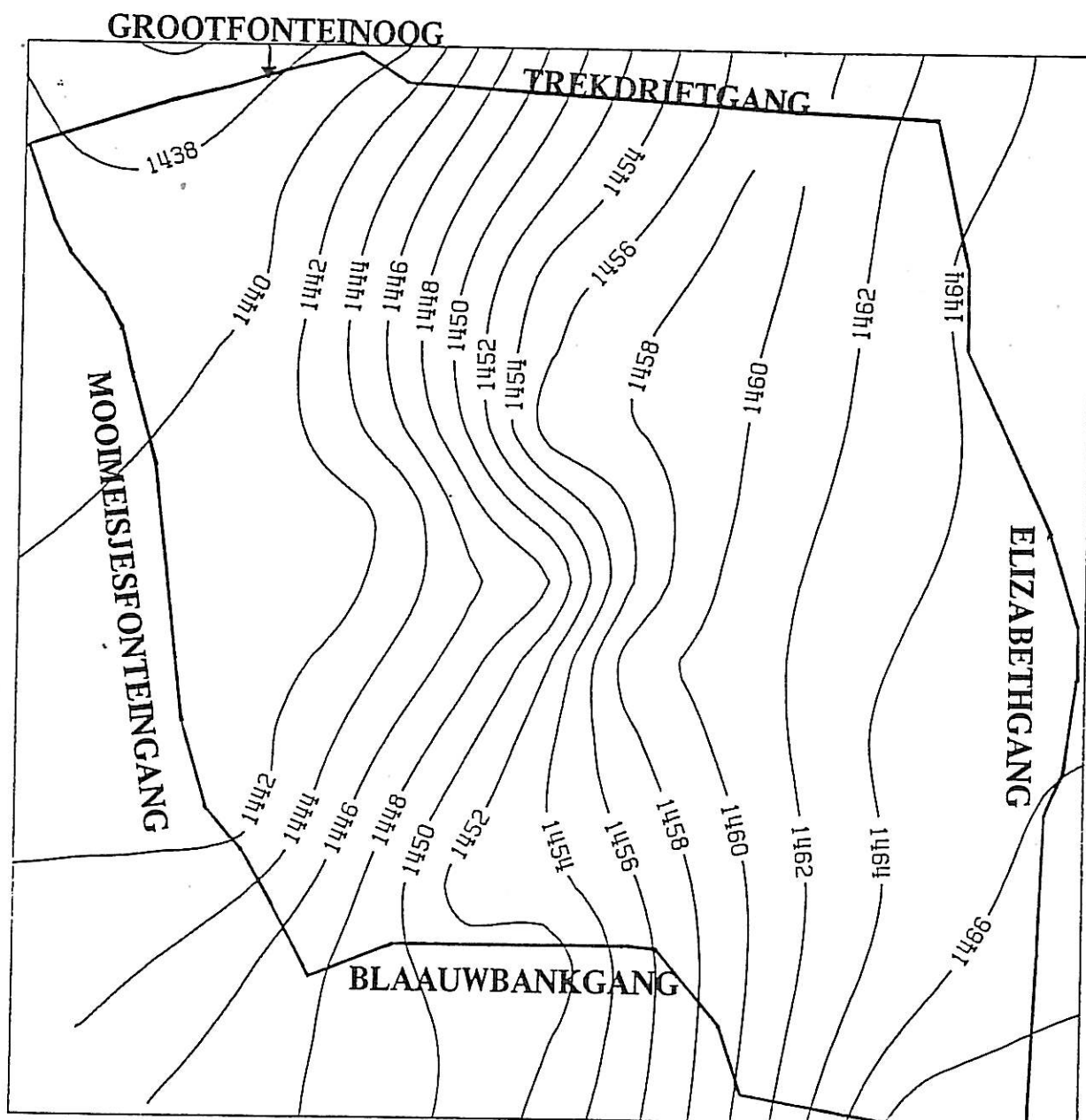
Aangesien dit noodsaaklik is om die gedrag van die model te toets aan data vir 'n periode wat buite die ykingsperiode voorkom is die tydperk September 1984 tot September 1987 as toetstydperk geneem. Daardeur is bevestig dat die voorspelde dalings steeds die waargenome dalings volg. In so 'n geval is die waarskynlikheid groter dat die modelparameters (volgens yking) wel in ooreenstemming met die werklike parameters is.



FIGUUR 4. TRANSMISSIWITEITSWAARDES VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT SOOS VERKRY UIT DIE YKING VAN DIE EINDIGE ELEMENT MODEL



FIGUUR 5. SOORTLIKE LEWERINGS VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT SOOS VERKRY UIT
DIE YKING MBV EINDIGE ELEMENT MODEL
(Gem. $S=2,38\%$)



FIGUUR 7. GRONDWATERVLAKKONTOERKAART VAN WARE WATERVLAKE VIR SEPTEMBER 1984.

Vir die voorspelling is -

- . die parameters k en S dieselfde gehou as vir die ykingsperiode maar aangesien die versadigde dikte D wissel verander $T = kD$ ooreenstemmend
- . die pompsyfers aangepas soos in Tabel 1 getoon,
- . die aanvulling as 9% van die reënval aanvaar.

Die waargenome watervlakke vir September 1987 word in Figuur 8 getoon terwyl die gesimuleerde watervlakke vir September 1987 op grond van die model in Figuur 9 getoon word. Hiervolgens is dit duidelik sigbaar dat die model die waargenome watervlakverloop goed naboots.

Die algemene reaksies van die gesimuleerde watervlakke vir die ykings- en die toetsperiode kan die beste volgens die hidrografieke van individuele waarnemingsboorgate beoordeel word. Dit toon dat:

1. By die Grootfonteinoog (boorgat GN41 - Figuur 10(a)), die algemene neiging van dalende grondwatervlak voortgesit word ten spyte van die verlaging in onttrekking gedurende die 1986/87-periode.
2. Die watervlaktendens by die observasieboorgate ooreenstem met die waargenome vlakke (Figuur 10(a) tot Figuur 10(k)).

Uit die goeie ooreenstemming wat verkry is word aanvaar dat die model voldoende geëk is en gebruik kan word om korttermynvoorspellings te doen van die effek van verskillende bedryfsopsies op die grondwaterstelsel.

4.0 BEDRYFSOPSIES

Die verskillende bedryfsopsies wat gesimuleer is, verteenwoordig pomp en aanvulling scenarios wat evalueer moes word, naamlik:

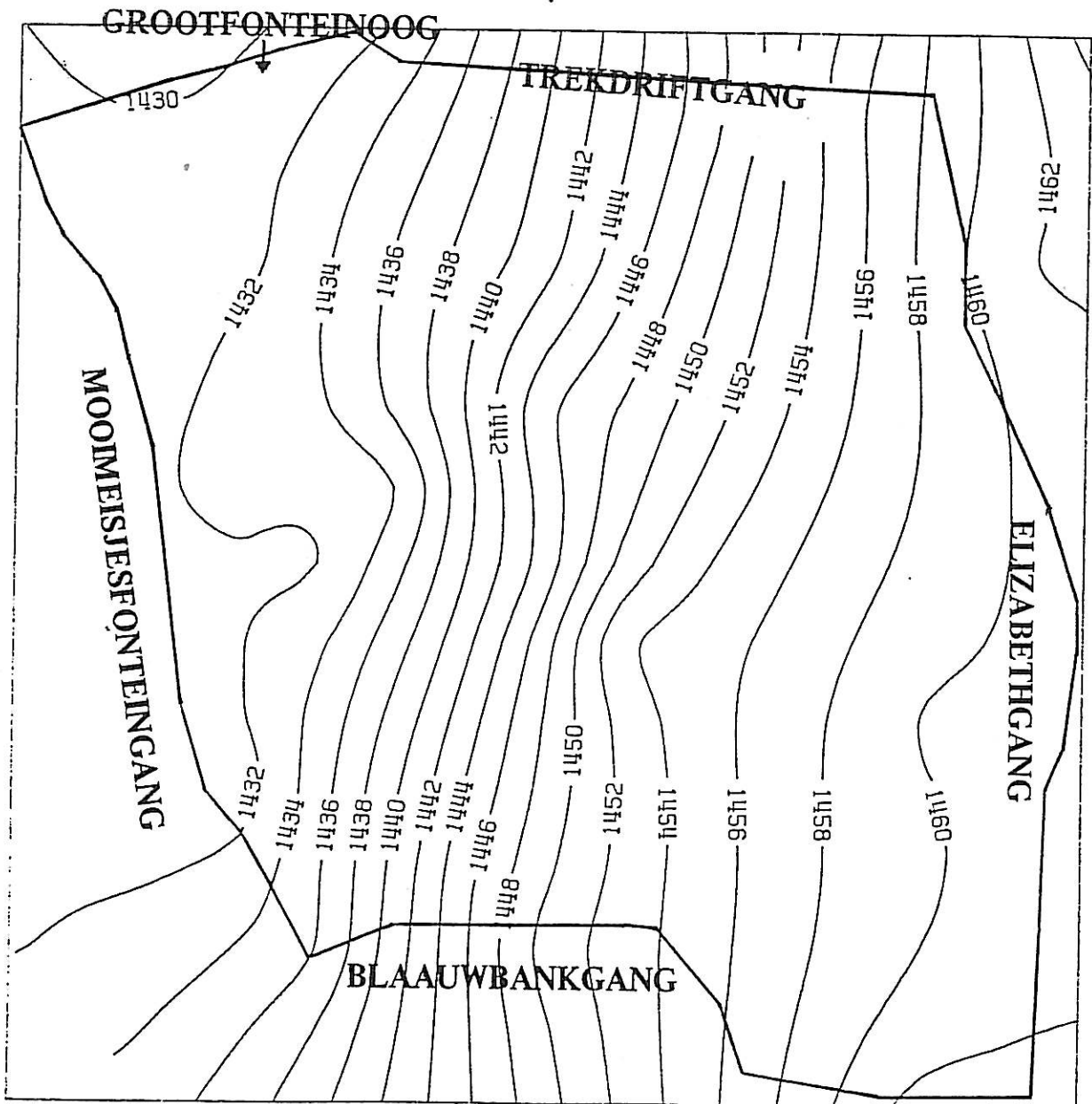
4.1 Opsie 1

Die voorspelde dalings in die Grootfonteinkompartement na drie jaar vir 'n onttrekkingstempo van $2,45 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinoog en onttrekking deur die besproeiingsboere van $8,07 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ vir -

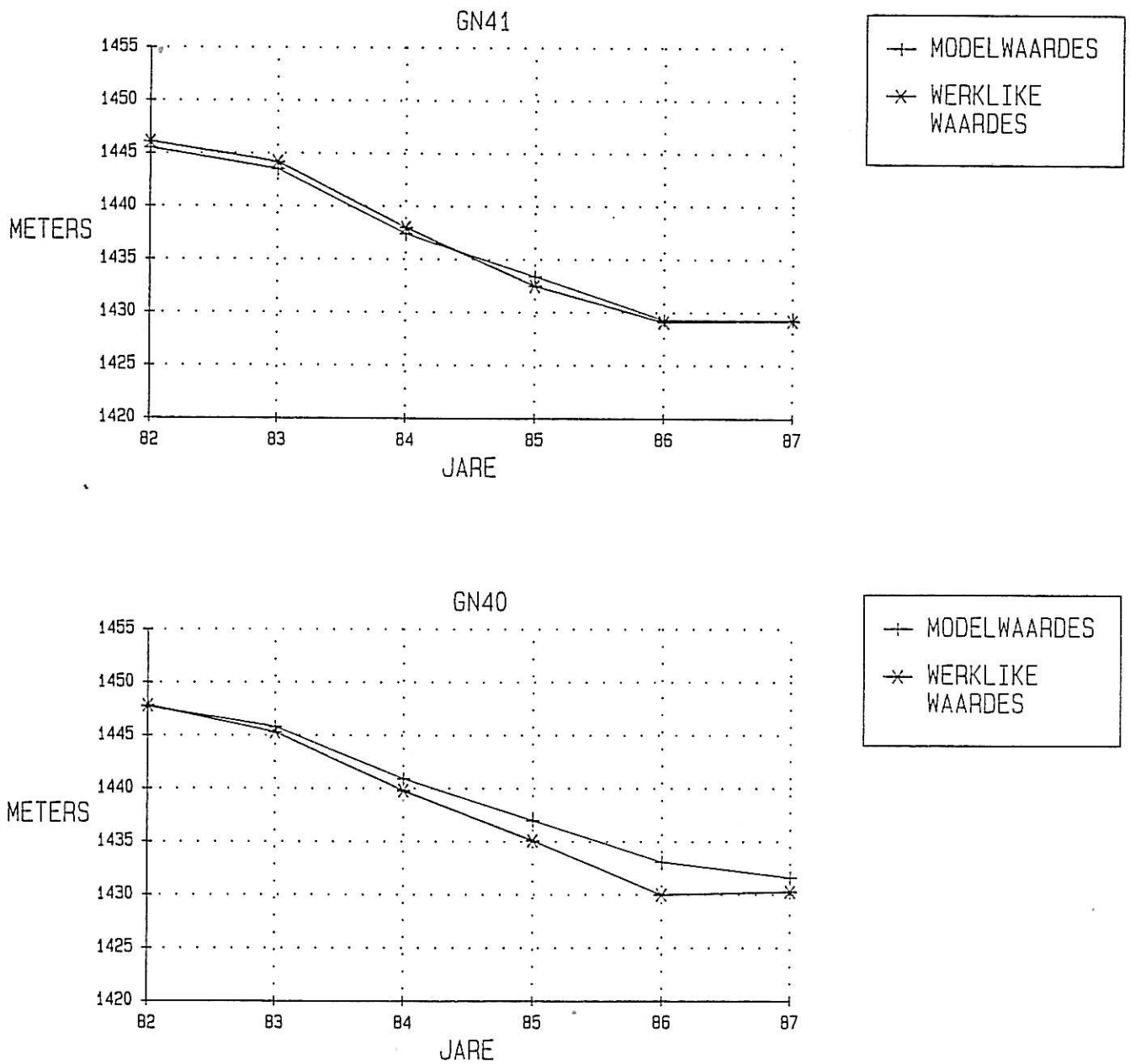
- (a) 'n aanvullingstempo van $6,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$,
- (b) geen aanvulling.

Die onttrekking van $2,45 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinoog stel die hoeveelheid voor wat gepomp is tydens die 1986/87-seisoen na die inbedryfstelling van die Molopo-Oog- staatswaterskema. Hierdie onttrekking sal waarskynlik gehandhaaf word solank oorloopwater vanaf die Molopo-Oog nog in die behoeftes van Mafikeng/Mmabatho voldoen. Die onttrekking is veel minder as vir die 1983/84-seisoen toe $7,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ by die fontein onttrek is.

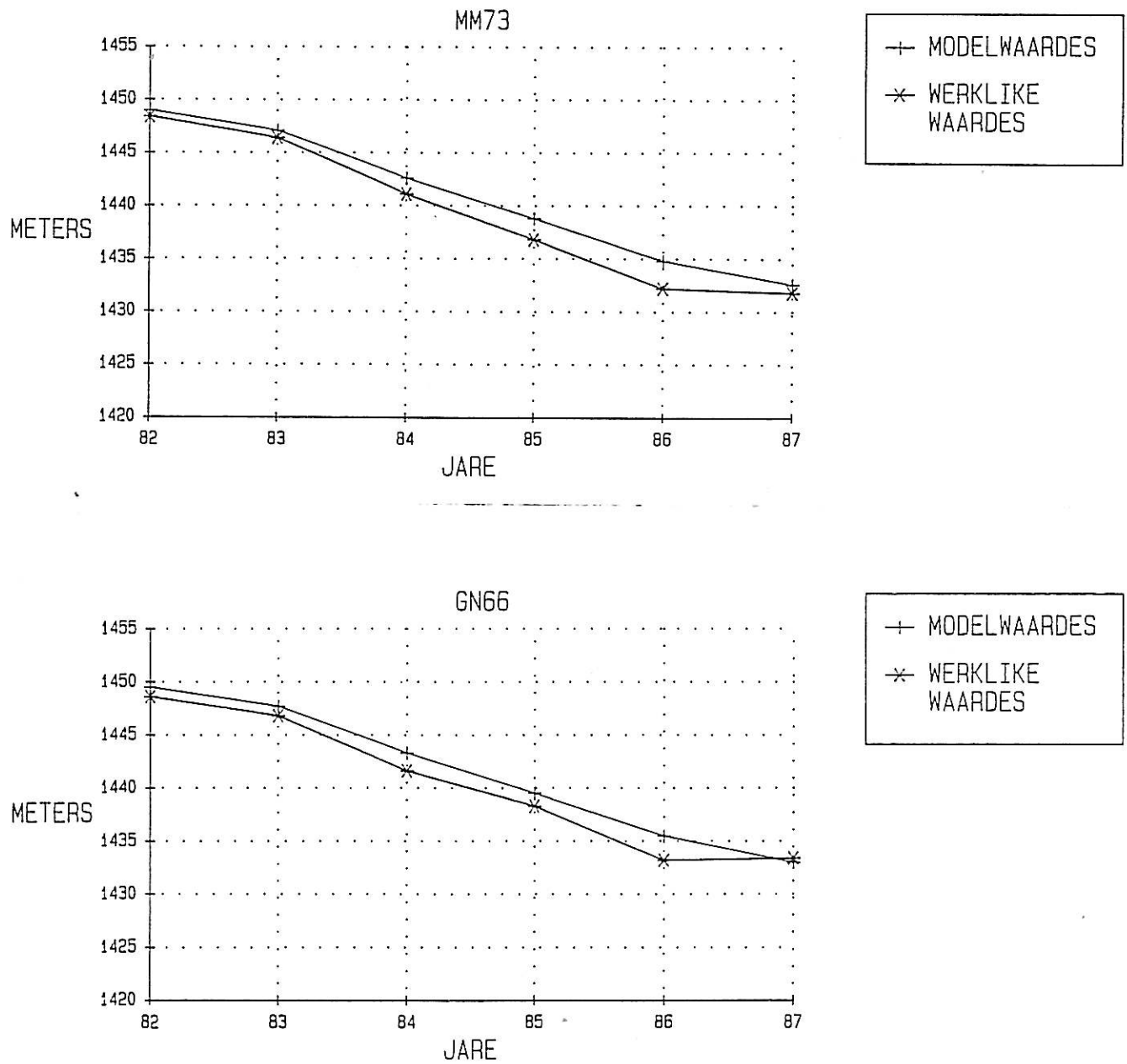
Die onttrekking van $8,07 \times 10^6 \text{ m}^3$ deur die besproeiingsboere is die verwagte onttrekkingstempo indien aanvaar word dat daar nie water deur die boorgate MM77, BB19, BB13 en BB14 onttrek gaan word nie.



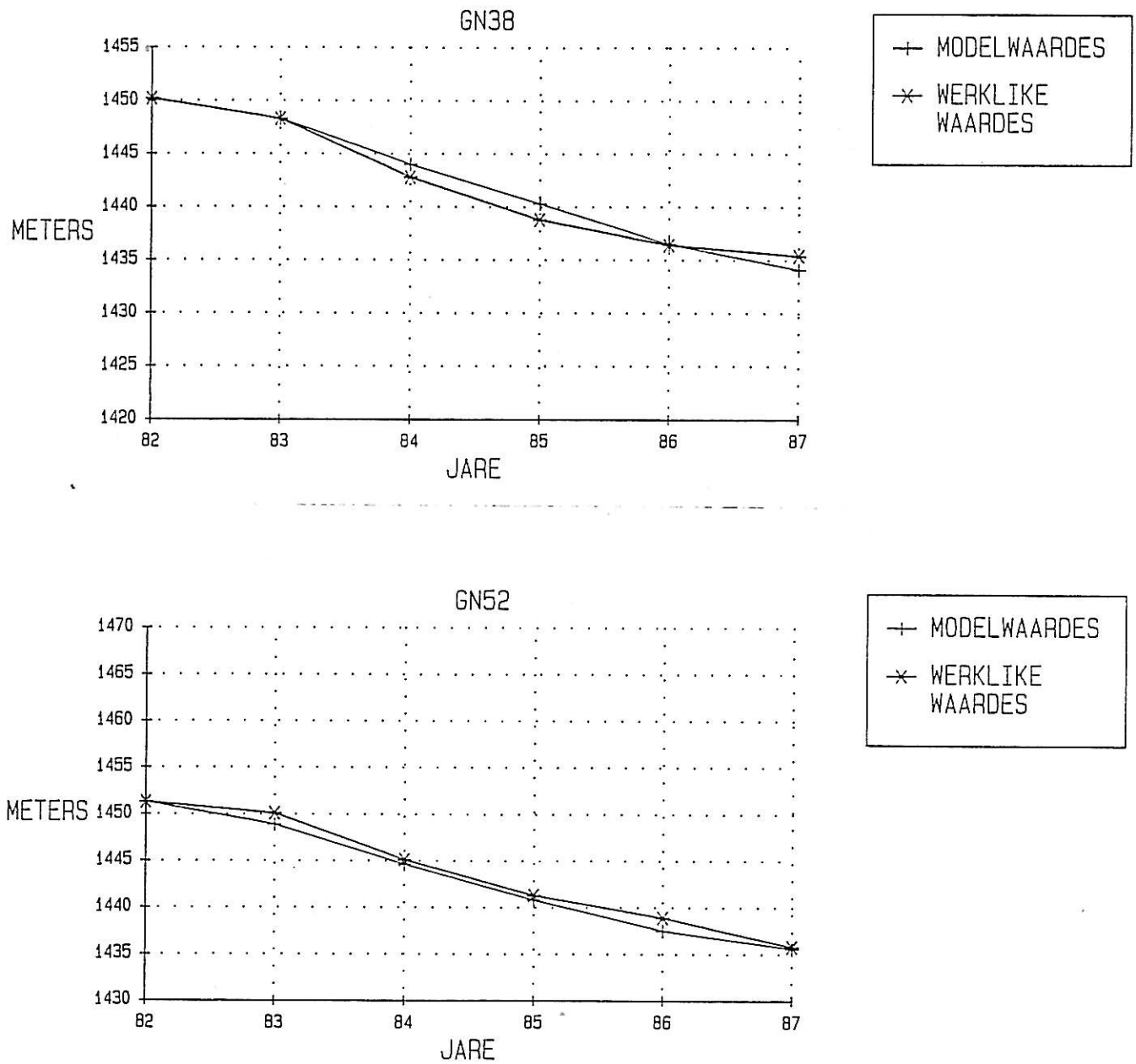
FIGUUR 9. VOORSPELDE GRONDWATERVLAKKONTOERKAART VIR SEPTEMBER 1987
MET EINDIGE ELEMENT MODEL.



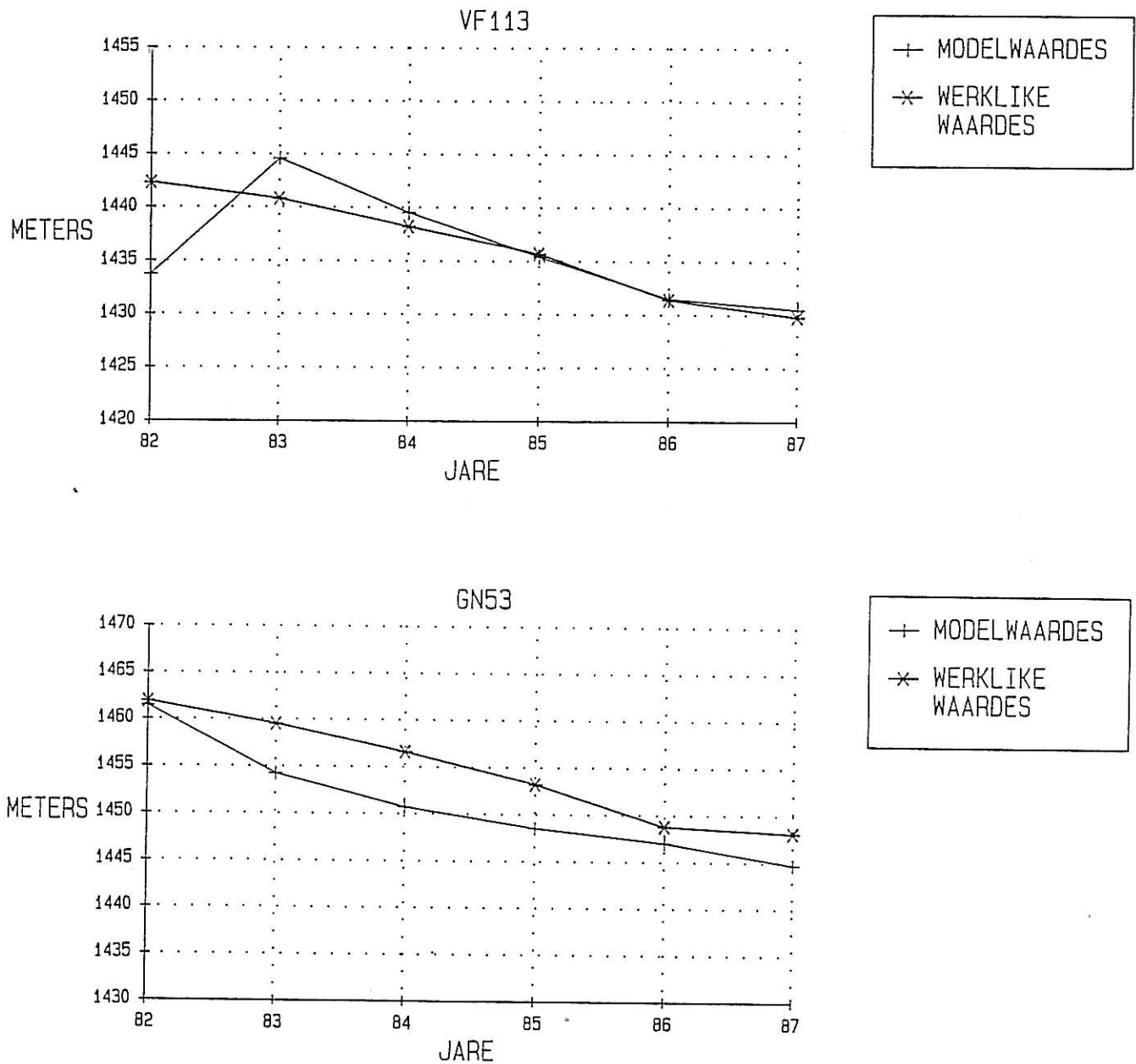
FIGUUR 10 (a). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERSVLAKSKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



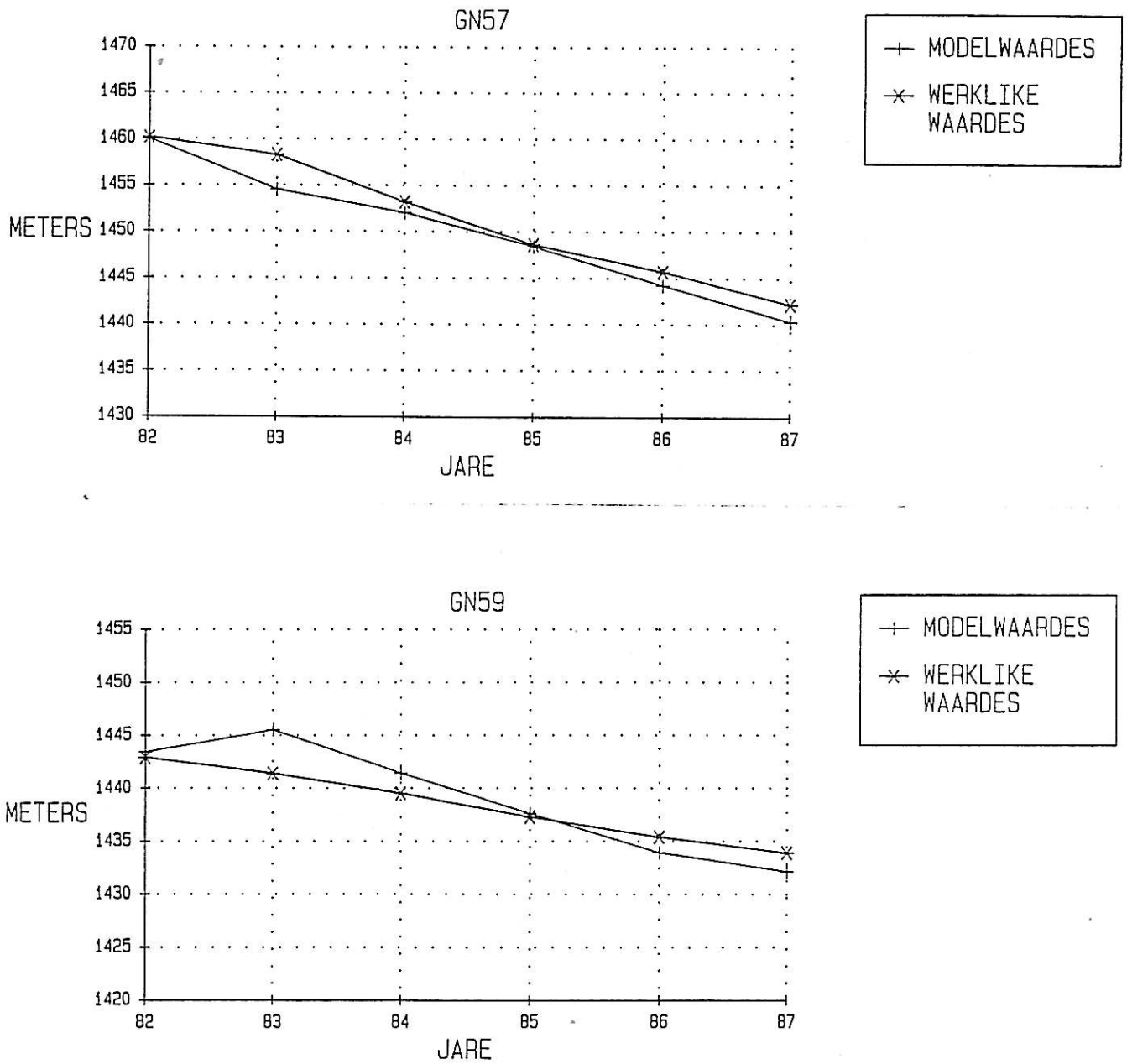
FIGUUR 10 (b). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAKS KOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



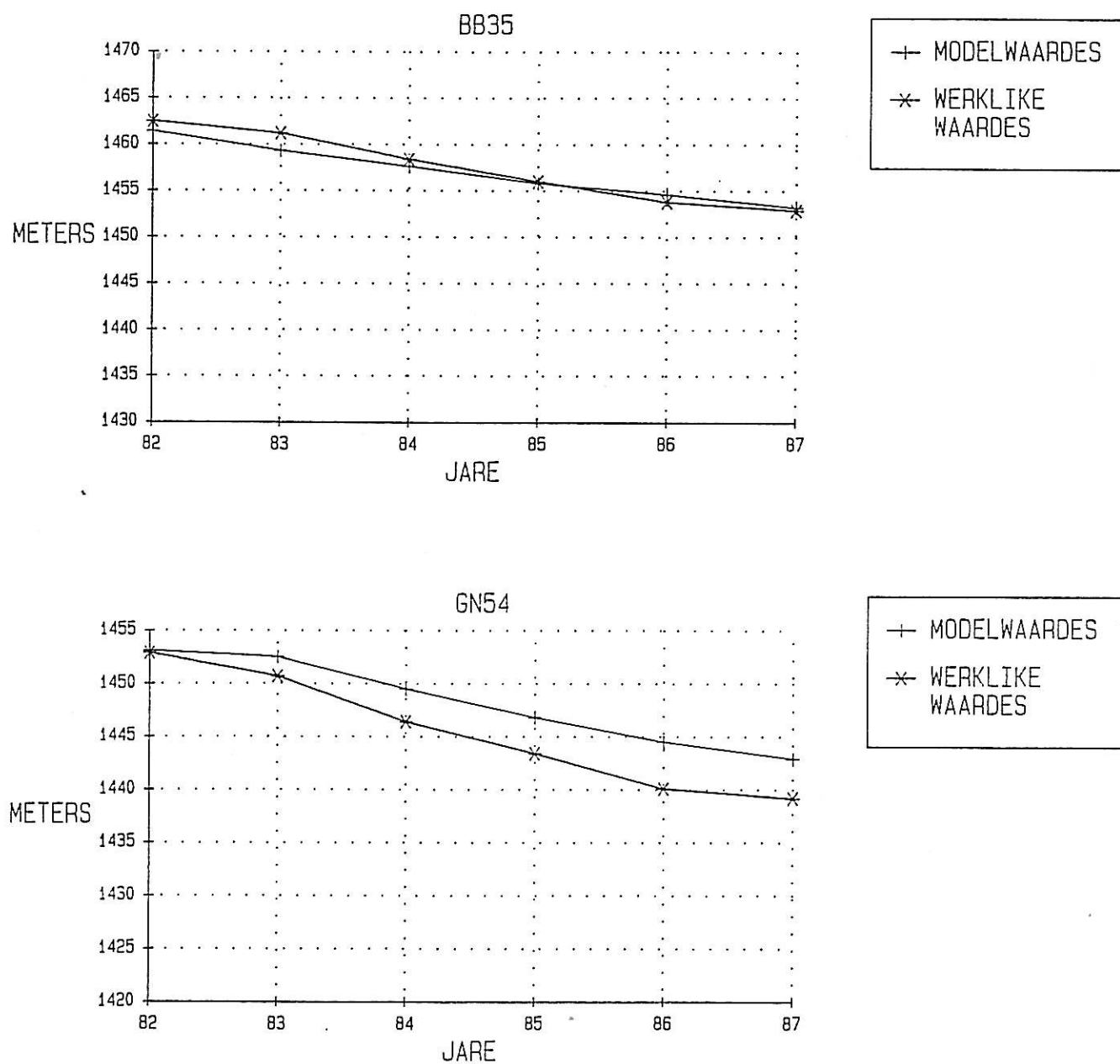
FIGUUR 10 (c). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAJESKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



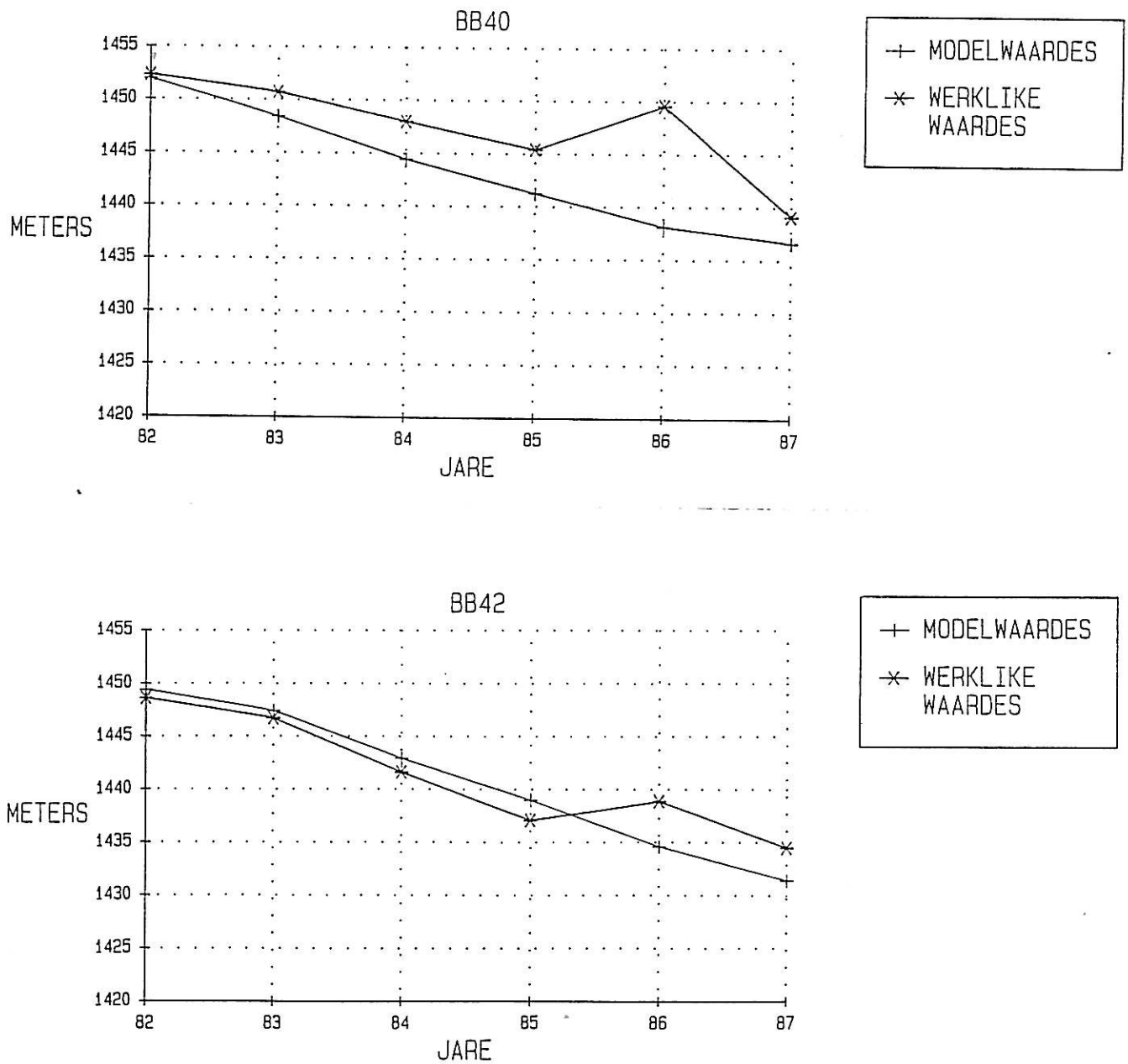
FIGUUR 10 (d). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAKSKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



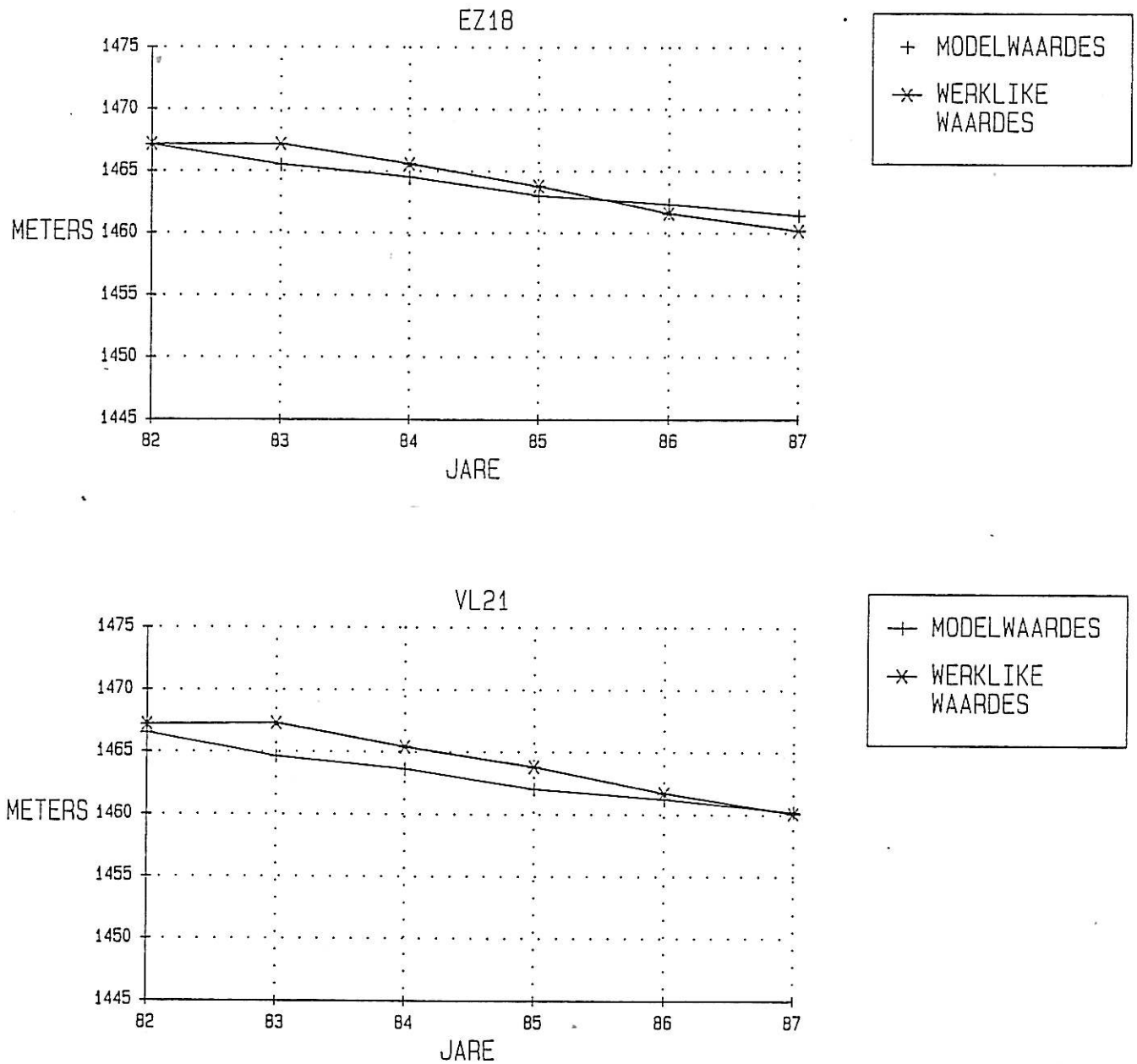
FIGUUR 10(e). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAKSKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



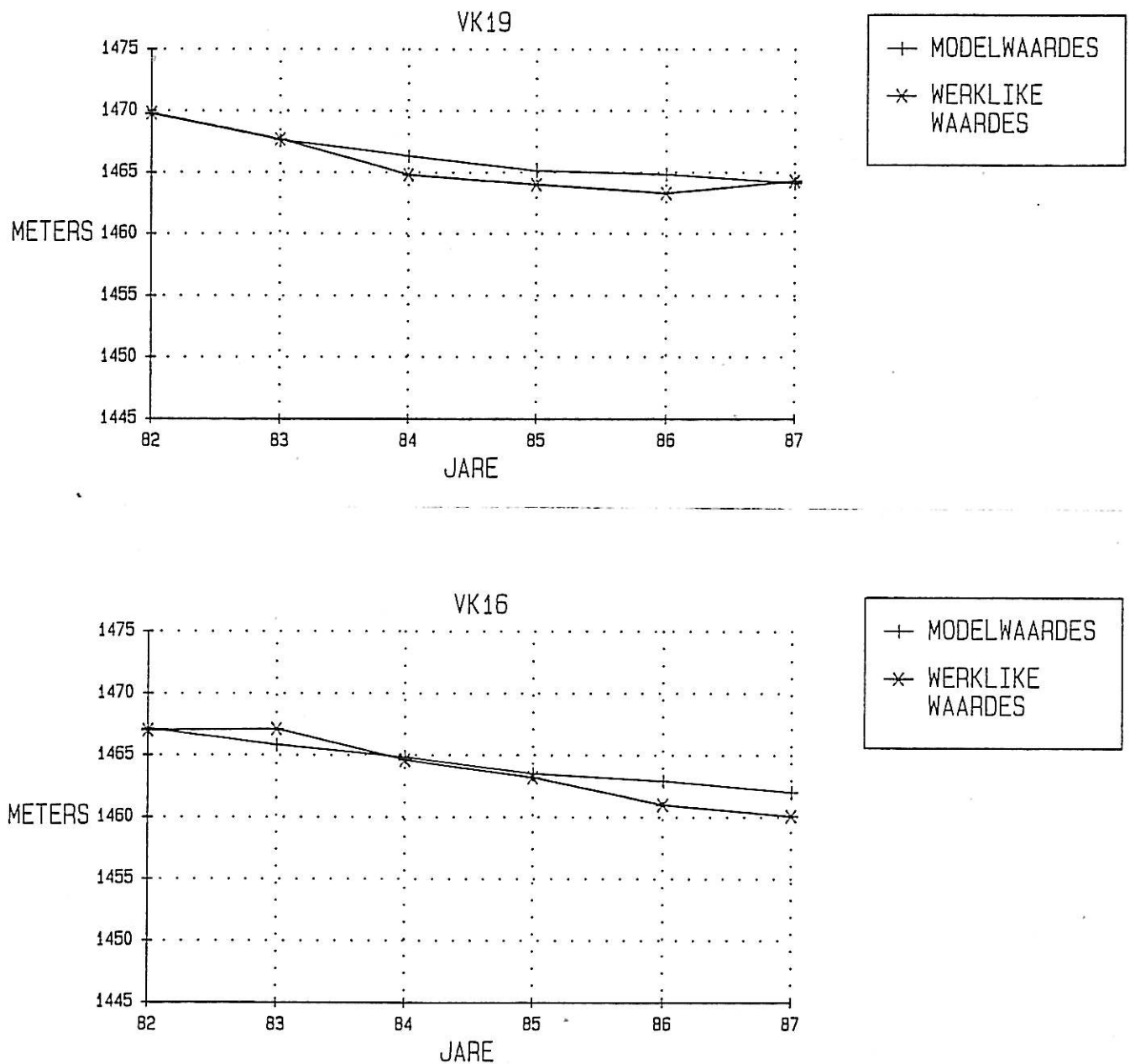
FIGUUR 10 (f). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAKSKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



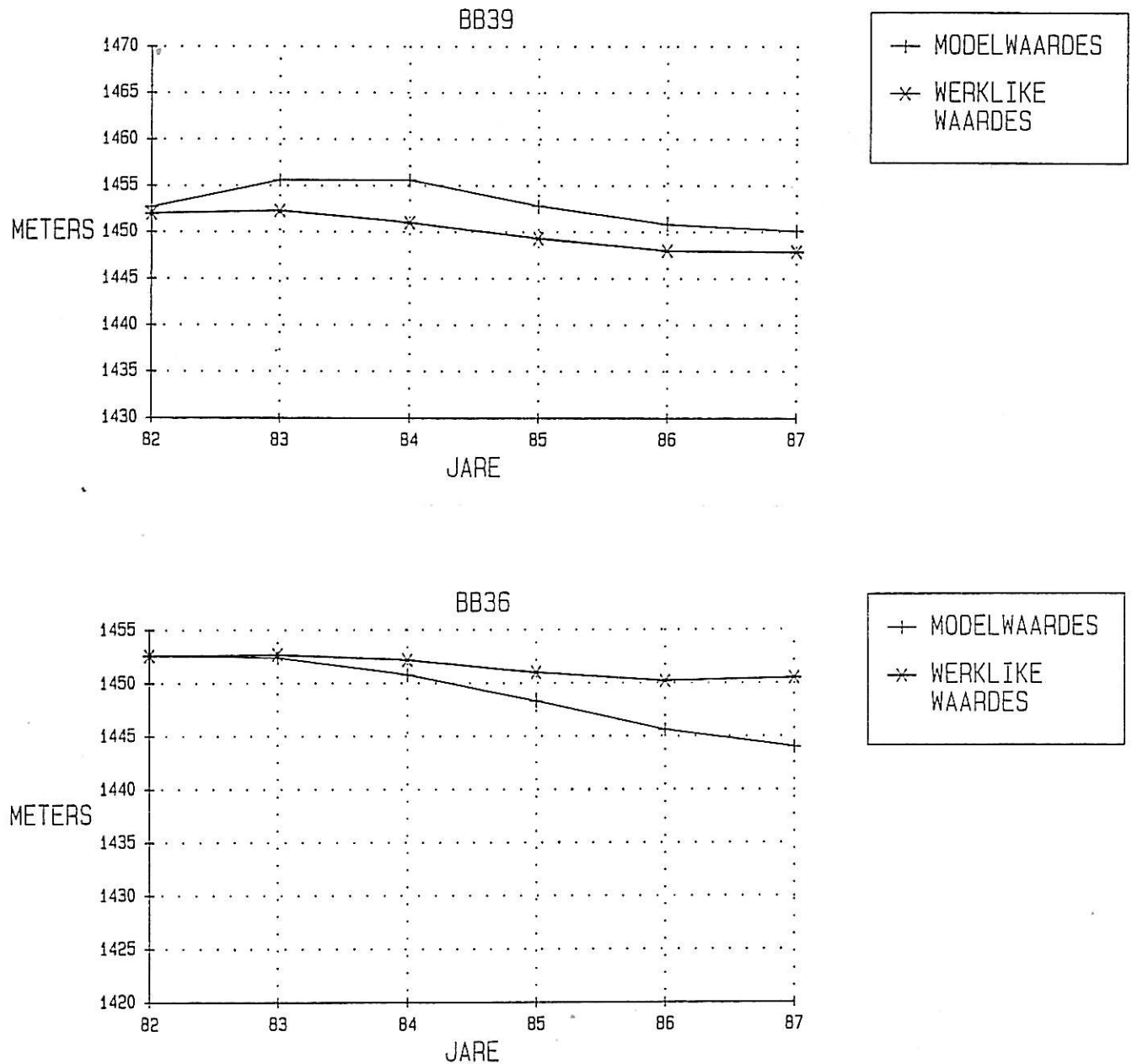
FIGUUR 10 (g). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAKS KOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



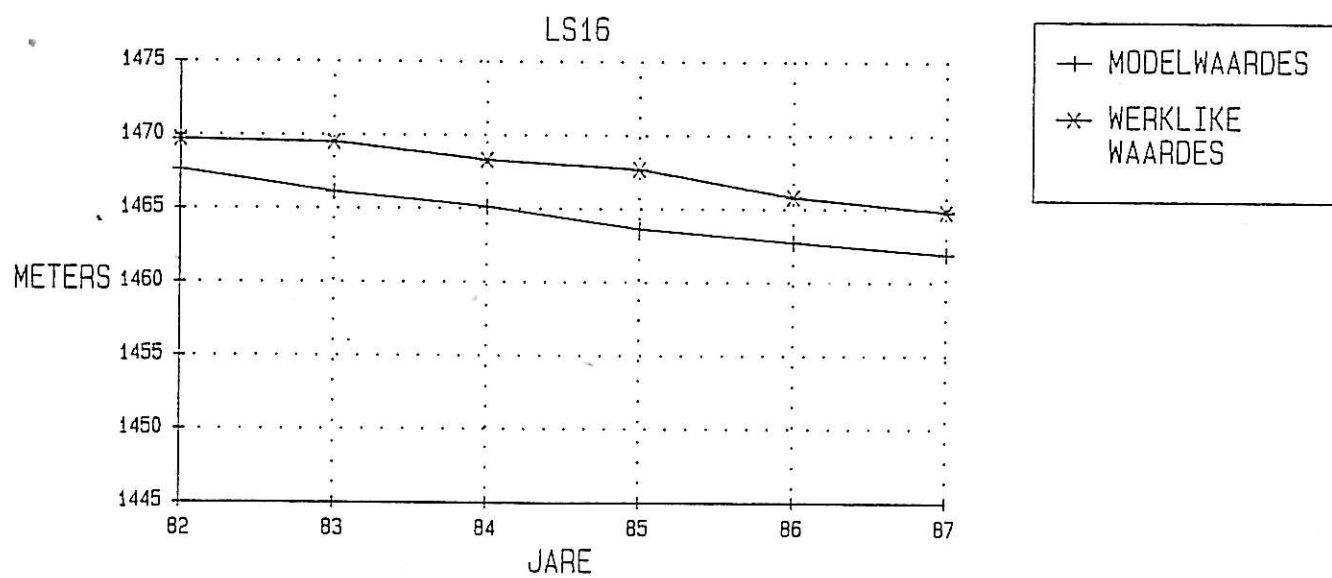
FIGUUR 10(h). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAASKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



FIGUUR 10 (i). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE WATERVLAKSKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



FIGUUR 10 (j). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE
WATERVLAKSKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.



FIGUUR (k). VERGELYKING TUSSEN DIE WAARGENOME EN DIE BEREKENDE
WATERVLAASKOMMELING BY WAARNEMINGSBOORGATE.

Figure 11 en 12 toon die voorspelde watervlak na drie jaar indien onderskeidelik $6,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ aanvulling en geen aanvulling aanvaar word.

Uit 'n vergelyking van die twee figure is dit duidelik dat die grondwaterstelsel beslis sensitief vir aanvulling is. 'n Verskil van 4 tot 6 meter kom gemiddeld na drie jaar voor indien zero aanvulling gespesifiseer word.

Die opvallendste kenmerk van die kontoerkaart is die duidelike kones van ontwatering wat vorm rondom boorgate GN35, GN65 en GN44. Die posisies van hierdie boorgate stem min of meer ooreen met die versteiling van grondwatervlakkontoeure in die omgewing van 'n massiewe chertband (Janse van Rensburg, 1985). Dit is duidelik uit die model dat daar in die omgewing van genoemde boorgate probleme kan ontstaan binne die volgende drie jaar (met of sonder aanvulling). 'n Bepaalde aanduiding hiervan, is die feit dat boorgate op die plaas Grootfontein (GN35) reeds tekens begin toon het dat die huidige onttrekking nie volgehou kan word nie. By die Grootfonteinooog toon die model dalings van 2 m indien aanvulling plaasvind en 6 m wanneer geen aanvulling voorkom nie.

4.2 Opsie 2

Die onttrekkingshoeveelheid van $6,95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Oog, vir Mmabatho, verteenwoordig die totaal van die gemiddelde vloei van die oog ($4,26 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) plus die oorspronklike permittoekenning van $2,69 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ van mmre. A.S. Beyers op die plase Blaauwbank, Mooimeisiesfontein en Grootfontein (verwys verslag Gh3549).

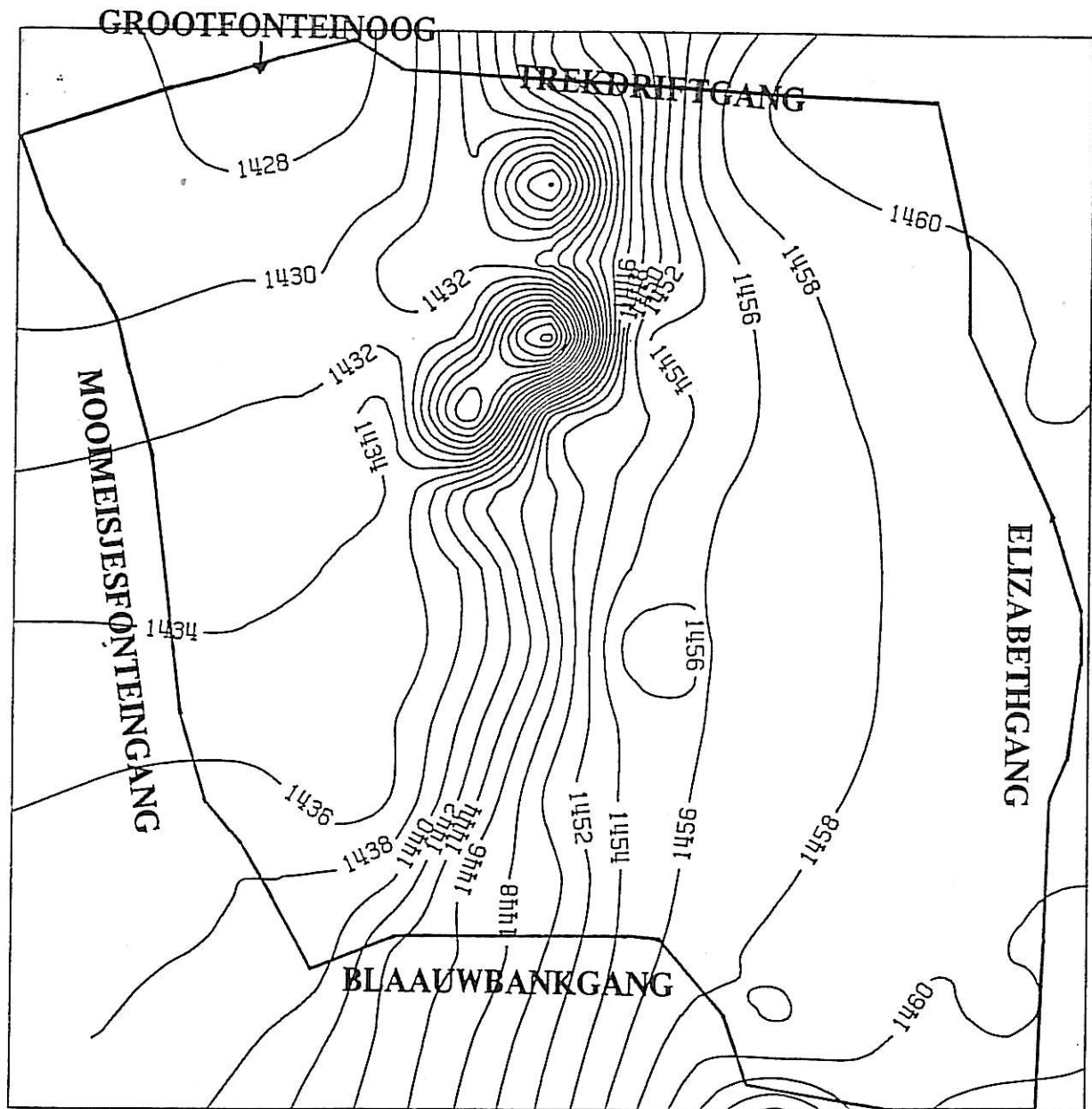
Die doel van hierdie lopie was om die effek te bepaal indien die besproeiingskwota (A.S. Beyers) na die Grootfonteinooog verskuif sou word, met ander woorde of die pompe sal begin lug skep by die fontein.

Uit Figuur 13 is dit duidelik dat die onttrekkingstempo van $6,95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ 'n skerp versteiling van grondwatervlakke by die Grootfonteinooog tot gevolg het. In die simulاسie blyk dit dat sommige van die nodes in die model rondom die Grootfonteinooog, reeds drooggetrek word teen September 1990. Hiervolgens is dit duidelik dat dit nie moontlik is om 'n onttrekkingstempo van $6,95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinooog te handhaaf nie, wat ook beteken dat die onttrekking van $7,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ van 1983/84 ook nie weer moontlik sal wees tensy die watervlakke geleentheid kry om te herstel deur pompery in te kort.

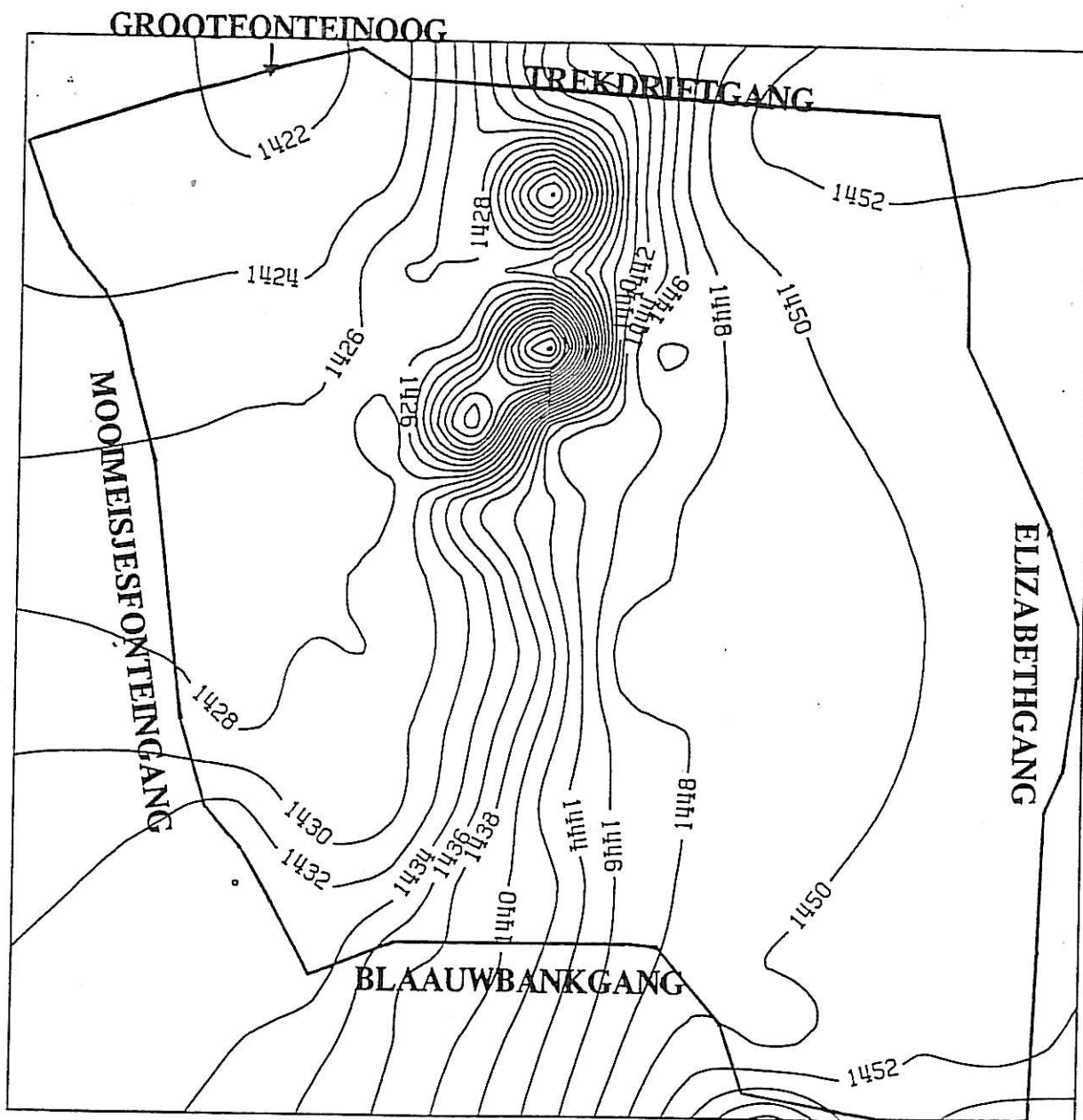
4.3 Opsie 3

Hierdie lopie is gedoen ten einde die grondwatervlakreaksie te voorspel indien die huidige onttrekking van $2,45 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die Grootfonteinooog en $11,08 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ vir besproeiing voortgesit sou word.

Figuur 14 toon die watervlaktoestande vir die scenarios aan. Die onttrekkingstempo van $2,45 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ veroorsaak nie probleme by die Grootfonteinooog nie, maar ontwateringskones kom voor op Blaauwbank wat geassosieer is met die onttrekking uit BB19, BB13 en 14 asook MM77. Die kones wat vroeër as gevolg van die onttrekking uit GN35, GN65 en GN44 ontstaan het, kom ook nog steeds voor.



FIGUUR 11. VOORSPELDE GRONDWATERVLAKKONTOERKAART VIR SEPTEMBER 1990 BEREKEN MET ONTTREKKINGSTEMPO VAN $2,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ BY DIE GROOTFONTEINOOG EN $8,07 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ VIR 'N AANVULLINGSTEMPO VAN $6,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (39mm/a)



FIGUUR 12. VOORSPELDE GRONDWATERVLAKKONTOERKAART VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT VIR SEPTEMBER 1990 BEREKEN MET 'N ONTTREKKINGSTEMPO VAN $2,45 \cdot 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ BY DIE GROOTFONTEINOOG EN ONTTREKKING DEUR DIE BESPROEIINGSBOERE VAN $8,07 \cdot 10^6 \text{m}^3/\text{a}$ EN GEEN AANVULLING.

5.0 GRONDWATERPOTENSIAAL EN AANVULLING VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT

5.1 Grondwaterpotensiaal

Om die potensiële lewering van die Grootfonteinkompartement te bepaal, is dit essensieel om 'n beraming van die hoeveelheid grondwater wat opgeberg is, sowel as van die aanvulling tot die sisteem te maak.

Indien die versadigde volume materiaal en die soortlike lewering bekend is, is dit moontlik om die volume grondwater te bereken wat op 'n gegewe tydstip in 'n akwifoor geberg word. Die volume versadigde materiaal word bereken volgens die bodemhoogte van die akwifoor en die grondwaterhoogtes op 'n spesifieke tydstip. Die verskil tussen die bodemrotselewasie van die akwifoor en die grondwatervlak vermenigvuldig met die gemiddelde soortlike lewering, gee die volume grondwater wat op 'n gegewe tydstip in die akwifoor opgeberg is.

Die volume water in Grootfonteinkompartement (September 1987) is hiervolgens bepaal. 'n Volume versadigde materiaal van $3,033 \times 10^9 \text{ m}^3$ is verkry en met 'n aanvaarde soortlike lewering van 0,0238 gee dit 'n opberging van $72 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Indien aanvaar word dat 66% van die opgebergde water ekonomies ontgin kan word, beteken dit dat hierdie volume naamlik $48 \times 10^6 \text{ m}^3$ (September 1987) nog sowat 3 jaar in 'n jaarlikse aanvraag van $15 \times 10^6 \text{ m}^3$ sal kan voorsien sonder dat aanvulling plaasvind. Indien die kompartement met sy oppervlakte van 169 km^2 teen 'n tempo van 9% van die gemiddelde jaarlikse reënval (560 mm) aangevul word, kan dit vir nog 6 jaar in die aanvraag voldoen. In beide gevalle word aanvaar dat addisionele pompgate nodig mag wees om die tempo van $15 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ te kan lewer omdat die bestaande produksieboorgate se lewerings mag afneem.

5.2 Aanvulling

Vir die berekening van die aanvulling is daar gebruik gemaak van die vereenvoudigde vorm van die grondwaterbalansvergelyking naamlik.

$$A = P + \Delta V_w$$

waar

A = aanvulling

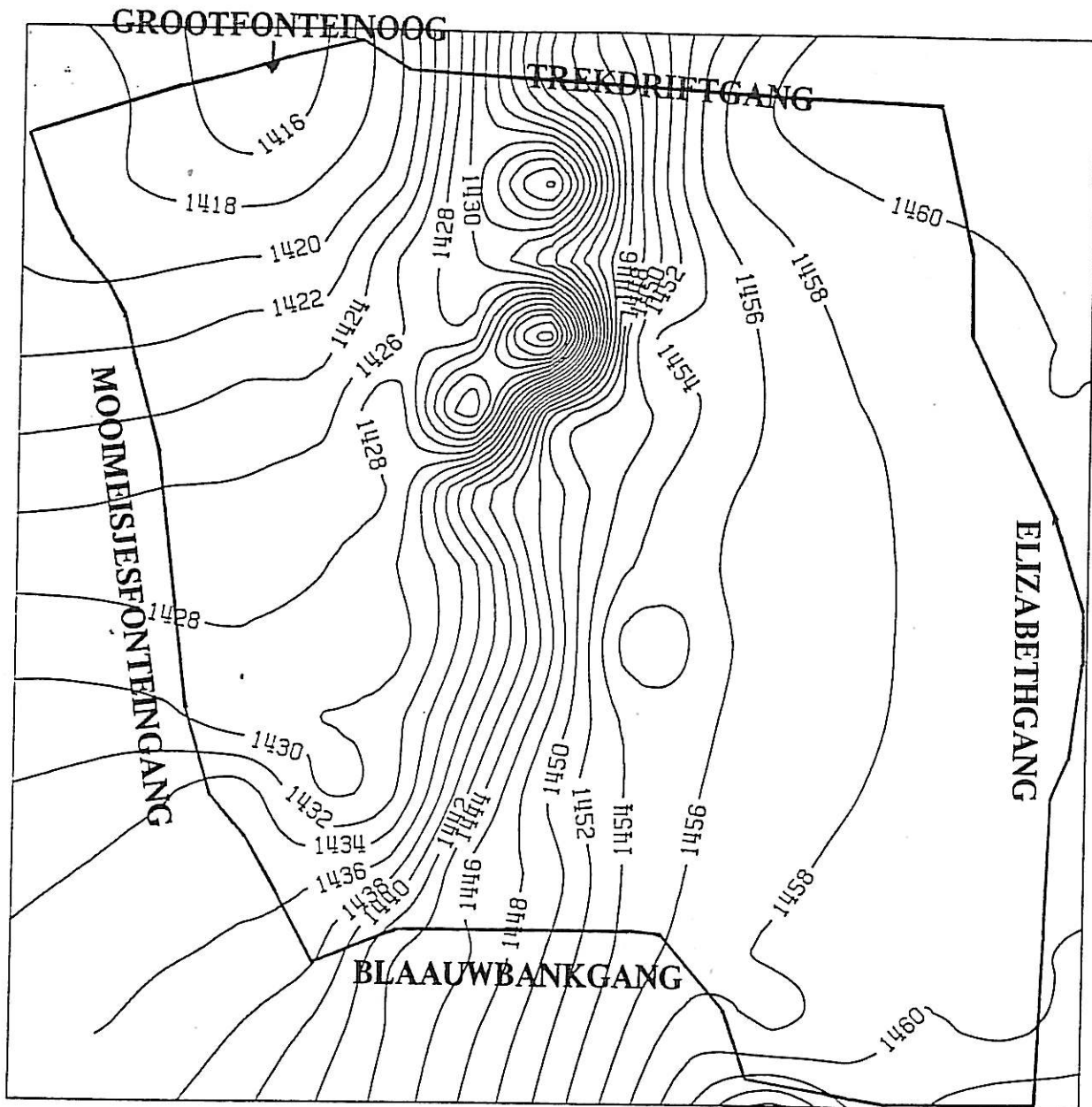
P = onttrekking uit die sisteem, en

ΔV_w = verandering in grondwater geberg gedurende 'n periode.

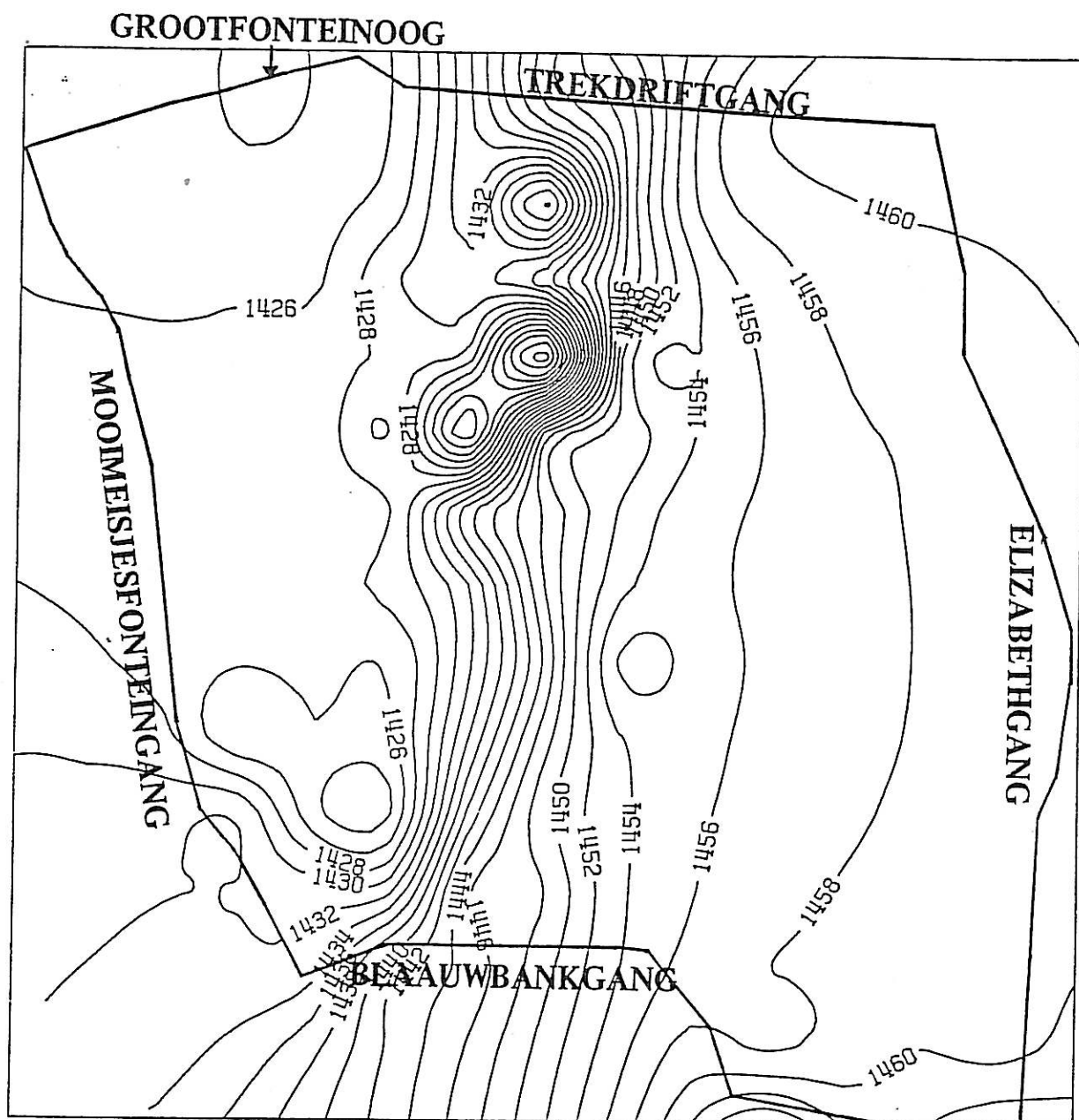
Die enigste onbekende aan die regterkant van die vergelyking is ΔV_w omdat P redelik akkuraat bekend is. ΔV_w kan egter bereken word en net soos die volume grondwater in paragraaf 5.1 bereken is, is die volumes opgebergde water vir elk van die hidrologiese jare vanaf September 1980 tot September 1987 bereken, waaruit A bereken word.

$$A^i = V_w^{i+1} - V_w^i$$

Sien Tabel 2.



FIGUUR 13. VOORSPELDE GRONDWATERVLAKKONTOERKAART VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT VIR SEPTEMBER 1990 BEREKEN TEEN 'N ONTTREKKINGSTEMPO VAN $6,95 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ BY DIE GROOTFONTEINOOG EN $8,07 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ DEUR DIE BESPROEIINGSBOERE EN 'N AANVULLINGSTEMPO VAN $6,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (39mm/a)



FIGUUR 14. VOORSPELDE GRONDWATERVLAKKONTOERKAART VAN DIE GROOTFONTEINKOMPARTEMENT VIR SEPTEMBER 1990 BEREKEN TEEN 'N ONTTREKKINGSTEMPO VAN $2,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ BY DIE GROOTFONTEINOOG EN $11,08 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ DEUR DIE BESPROEIINGSBOERE EN AANVULLINGSTEMPO VAN $6,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (39 mm/a)

TABEL 2: Berekende aanvulling in die Grootfonteinkompartement vir die tydperk September 1980 tot Augustus 1987.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Periode	Onttrek- king (P)	Reënval (R) ⁽⁺⁾	ΔV_w	Aanvulling (A ⁱ)			
	$m^3 \times 10^6$	mm	$m^3 \times 10^6$	$m^3 \times 10^6$	mm	% van R	% van Gem. reënval
Sep. 80 - Aug. 81	9,9	815	4,6	14,5	86	10,6	17,0
Sep. 81 - Aug. 82	11,8	584	- 4,1	7,7	46	7,9	9,1
Sep. 82 - Aug. 83	12,2	570	- 6,2	6,0	36	6,3	7,1
Sep. 83 - Aug. 84	16,8	353	-10,4	6,4	38	10,8	7,5
Sep. 84 - Aug. 85	15,9	295	-10,3	5,6	33	11,2	6,5
Sep. 85 - Aug. 86	16,3	447	-10,7	5,6	33	7,4	6,5
Sep. 86 - Aug. 87	13,5	482	- 7,1	6,4	38	7,9	7,5
Gemiddeld	13,8	506		7,5	44	8,9	8,7

(+) Gemiddelde reënval van Slurry en Grootfonteinoog.

Uit Tabel 2 kolom (5) is dit duidelik dat die gemiddelde aanvulling gedurende die afgelope sewe jaar sowat $7,5 \times 10^6 m^3$ per jaar was met die hoogste waarde van $14,5 \times 10^6 m^3$ wat voorgekom het gedurende die 1980/81-hidrologiese jaar. Bogemiddelde neerslag het gedurende hierdie periode voorgekom.

Kolom (7) toon die aanvulling as persentasie van die reënval vir die spesifieke jaar (Kolom (3)). Uit die tabel is dit duidelik dat die gemiddelde aanvulling as persentasie van die reënval 8,9% is, wat baie na aan die gemiddelde syfer van 9% is soos gebruik in die model.

Indien Kolom (7) teen Kolom (3) uitgestip word (Figuur 15) is dit duidelik dat daar geen verband bestaan tussen die aanvulling en jaarlikse reënval nie. Indien die aanvulling as 'n persentasie van die gemiddelde reënval (506 mm) bereken word (Kolom 8) en geplot word teen Kolom (3) is 'n duideliker verband tussen hierdie twee parameters verkry (Figuur 16).

Alhoewel aanvaar is dat daar baie min laterale uitvloei plaasvind veral gedurende die afgelope droë periode en ook as gevolg van die geologiese begrensing aan die westekant van die Grootfonteinkompartement, bestaan daar onsekerheid aangaande die hoeveelheid laterale invloei vanaf die ooste en suide. Verskillende hoeveelhede laterale invloei tot die sisteem op verskillende tye kan moontlik verantwoordelik wees vir die feit dat daar geen verband bestaan tussen die aanvulling (Kolom (7)) en die reënval nie (Kolom (3)) (Kyk Figuur 15). Volgens die huidige kalibrasie van die model blyk dit egter dat daar nie veel invloei na die sisteem plaasvind nie.

Volgens die grondwaterbalansberekeninge blyk dit dat die aanvulling gemiddeld 9% van die reënval is. Deur gebruik te maak van data voor 1980 kan die aanvulling vir verdere jare bepaal word wat moontlik meer lig op die verband tussen reënval en aanvulling sal werp.

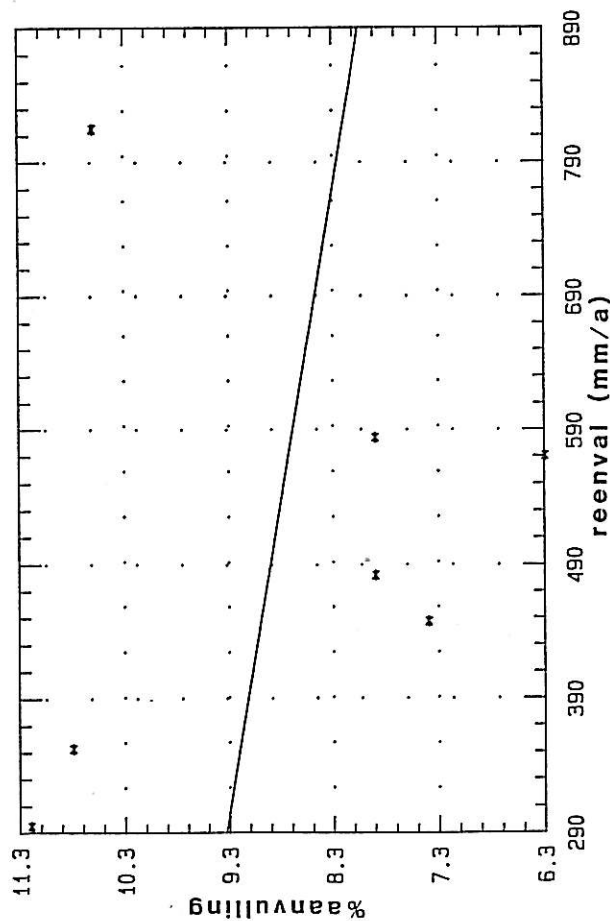
6.0 GEVOLGTREKKINGS

Uit die bedryfsopsies blyk dit dat:

- Teen die huidige onttrekking ($8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) daar by boorgate GN44, GN65 en GN35 ontwateringskeëls ontstaan wat beteken dat pompery nie volgehou kan word nie. Dit is reeds bevestig deur boorgate by GN35 wat verswak het;
- die huidige totale onttrekking naamlik $11,08 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ en $2,45 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ by die oog kan tot September 1990 volgehou word sonder dat enige probleme sal voorkom;
- indien die permittoekenning vir A.S. Beyers plase en die gemiddelde vloei van die Grootfontein oog (gesamentlik $6,95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$) by die oog onttrek word sal probleme ontstaan vanweë skerp versteelings in grondwaterhellings by die Grootfontein oog;
- indien die huidige onttrekking van besproeiing by boorgate BB19, BB13, BB14 en MM77 (A.S. Beyers) voortgesit sou word sal ontwateringskeëls teen September 1990 ontstaan en is dit te betwyfel of die onttrekkingstempo volgehou sal kan word, indien groot hoeveelhede aanvulling nie plaasvind nie.

Die volume water geberg in die Grootfonteinkompartement (September 1987) is bereken as $72 \times 10^6 \text{ m}^3$, indien 'n soortlike lewering van 0,0238 soos verkry uit die kalibrasie van die model, aanvaar word. Dit beteken dat indien aanvaar word dat slegs 66% van 'n akwifere ekonomies ontwater kan word die Grootfonteinkompartement sonder aanvulling 'n lewering van $15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ vir nog sowat 3 jaar kan voorsien.

Indien die kompartement teen 'n tempo van 9% van die gemiddelde jaarlikse reënval (560 mm) aangevul word, kan die kompartement vir u verdere 3 jaar in die vraag voldoen, as aanvaar word dat oor die tydperk gemiddelde reënval ondervind word.

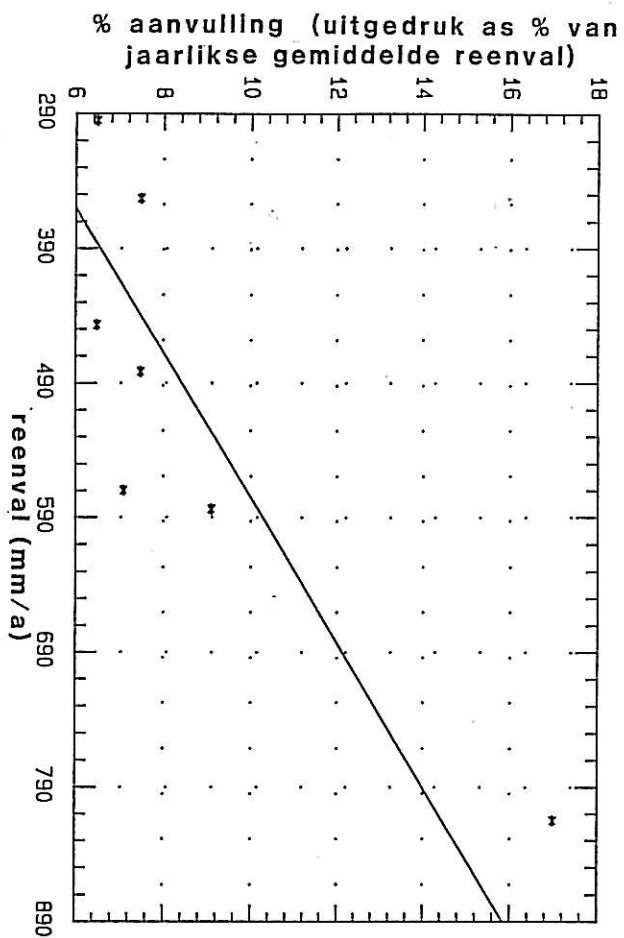


Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept	5.58242	2.54106	5.7201	0.018951
Slope	-2.4593E-3	4.9735E-3	-0.43913	0.683116

Analysis of Variance			
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square
Model	.000000	1	.000000
Error	21.97073	5	4.39415
Total (Corrected)	21.97073	6	

Correlation coefficient = -0.18173
 Std. Error of Est. = 2.09582

Figuur 15. Verband tussen % aanvulling en reenvol



Figuur 16. Verband tussen % aanvulling uitgedruk as % van de jaarlijkse gemiddelde reenval en reenval

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. > T
Intercept	-0.000000	0.000000	-0.000000	0.999999
Slope	0.020000	0.000000	2.000000	0.049999

Analysis of Variance				
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio
Model	61.291705	1	61.291705	13.402696
Error	22.969433	5	4.593887	
Total (Corrected)	84.261138	6		

Correlation Coefficient = 0.992405
Std. Error of Est. = 2.13343

h j v r / g h / 0 9 7 7 C / 0 7 6 6 A

7.0 VERWYSINGS

- BREDENKAMP, D.B., 1978: Quantitative estimation of groundwater recharge with special reference to the use of natural radio-active isotopes and hydrological simulation. Ongepubliseerde PhD-tesis, UOVS, Bloemfontein, 367 p.
- BREDENKAMP, D.B., 1987: Quantitative estimation of groundwater recharge in dolomite. Verrigtinge: Internasionale Werkgroep oor bepaling van grondwateraanvulling, Antalya, Turkye, Maart 1987.
- JANSE VAN RENSBURG, H., 1985: 'n Onderzoek na die benutting van grondwater in die Grootfonteinkompartement (Wes-Transvaal) Ongepubliseerde MSc-tesis, UOVS, Bloemfontein, 205 p.
- JANSE VAN RENSBURG, H., 1987: Die berekening van grondwateronttrekking aan die hand van elektrisiteitsverbruiksyfers in die Grootfonteinkompartement (Vertroulik). Ongepubliseerde. Verslag GH 3549, Dir. Geohidrologie, Departement van Waterwese, Suid-Afrika.
- VAN TONDER, G.J., EN COGHO, V.E., 1987: AQUAMOD: 'n Twee-dimensionele Galerkin eindige element simulasiëprogram vir mikrorekenaars vir die voorspelling van versadigde grondwatervloei en besoedeling. Water SA, Vol. 13, No. 3, Julie 1987.