

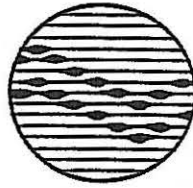
TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

**HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN DE BEDRIJFS-
TERREINEN VAN B.A.S.F. ANTWERPEN N.V.
FASE 3: MATHEMATISCH MODEL**



UNIVERSITEIT GENT

**HYDROGEOLOGISCHE STUDIE VAN
DE BEDRIJFSTERREINEN VAN
B.A.S.F. ANTWERPEN N.V.
FASE 3: MATHEMATISCH MODEL**



Laboratorium
voor
Toegepaste Geologie
en
Hydrogeologie

Geologisch Instituut
Krijgslaan 281, S8
B-9000 Gent

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

Opdrachtgever

**B.A.S.F. Antwerpen N.V.
Scheldelaan
2040 Antwerpen**

Leiding: Prof. Dr. W. DE BREUCK

**Studie en verslag: Lic. D. DE SMET
Lic. M. MAHAUDEN
Lic. M. VAN CAMP**

Projectnummer: TGO94/20

Datum: juni 1996

HOOFDSTUK 1 : INLEIDING

Door BASF Antwerpen N.V. werd aan de Universiteit Gent , het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie , Vakgroep Geologie en Bodemkunde , gevraagd een mathematisch grondwaterstromingsmodel van de bedrijfsterreinen van BASF op te stellen. Deze opdracht vormde de fase 3 van de "Hydrogeologische studie van de bedrijfsterreinen van BASF Antwerpen N.V.". Onderhavig verslag bevat de resultaten van de studie.

Het kontrakt omvatte het uitvoeren van volgende werkzaamheden:

- de logistieke werkzaamheden voor de uitvoering van 4 peilputten (in de omgeving van Zandvliet en Berendrecht en in de polders in Nederland)
- de nivellering van de bijkomende peilputten en de punten aan de oppervlaktewaters
- de waterstandsmetingen buiten het bedrijfsterrein
- het opstellen en kalibreren van het grondwaterstromingsmodel
- het simuleren van één ingreep met het grondwaterstromingsmodel
- het opstellen van het verslag

Bovendien werd de verwerking en interpretatie gevraagd van de waterstandsmetingen. De resultaten moesten omvatten:

- kaart van de watertafel
- kaart van de grondwaterstroming in laag 2
- evolutie van de stijghoogten in functie van de tijd

Deze resultaten werden ook in dit verslag opgenomen.

Tabel 2.1

Resultaten peilmetingen LTGH

meetpunt	Lambert-koord.		peil maaiveld (mTAW)	peil meetpunt (mTAW)	waterpeil 11/08/1994	waterpeil 25/08/1994	waterpeil 07/09/1994
	x-koord.	y-koord.					
LTGH 1	146085	229790	+4.051	+3.950	+2.490	+2.508	+2.480
LTGH 2	144575	229925	+5.044	+4.995	+2.899	+2.919	+2.900
LTGH 3	146328	226700	+5.077	+4.905	+3.381	+3.377	+3.359
LTGH 4	145513	227925	+4.485	+4.353	+3.071	+3.105	+3.107
LTGH O1	146205	230472	-	+2.377	+1.787	+1.341	+1.302
LTGH O2	144455	230690	-	+4.993	+2.013	+2.063	+1.521
LTGH O3	146065	229724	-	+4.530	+2.040	+2.107	+1.946
BASF A	145409	228309	-	+3.60	+3.28	+3.29	+3.28
BASF B	145454	228080	-	+3.39	+2.76	+2.77	+2.76
BASF C	145454	228071	-	+3.25	+2.71	+2.73	+2.72
BASF D	145379	227841	-	+3.04	+1.40	+1.42	+1.38

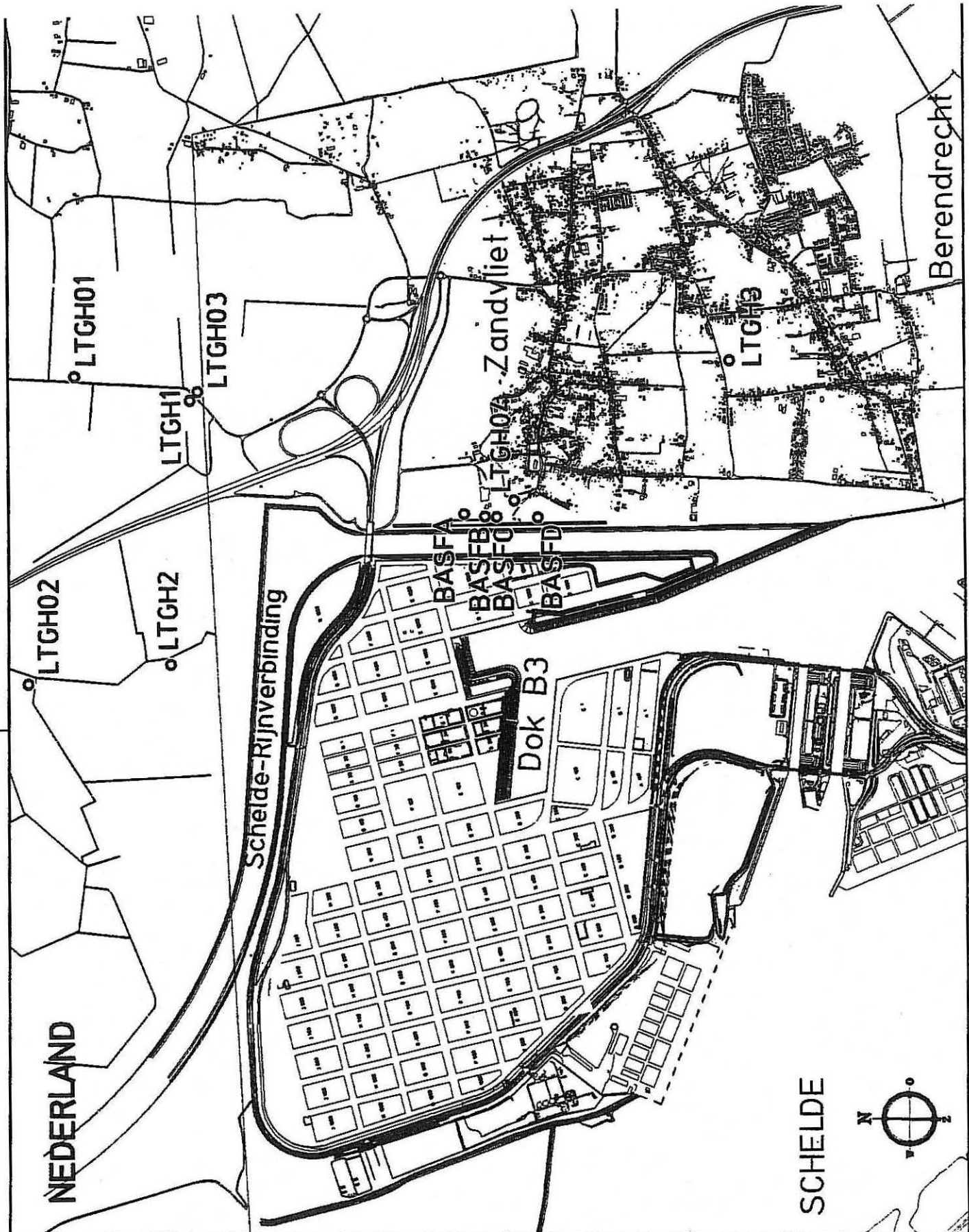
HOOFDSTUK 2 : SUPPLEMENTAIRE PEILPUTTEN

In juli 1994 werden 4 supplementaire peilputten geplaatst buiten de BASF-terreinen (Fig 2.1). Daarmee konden aanvullende gegevens over de litologische bouw en het stijghoogtepatroon verkregen worden. Er bevinden zich 2 peilputten op Nederlands grondgebied, LTGH1 langsheen de Belgisch-Nederlandse grens tussen de Armendijk en de kabeljauwbeek en LTGH2 langsheen de Nieuwe Dijk in de Vijdt polder. De filter werd hier aangebracht onder het klei-veen complex. Een derde peilput LTGH3 werd geplaatst ten noordwesten van de dorpskom van Zandvliet en een vierde LTGH4 tussen de dorpskommen van Zandvliet en Berendrecht. Op deze laatste twee plaatsen komt het klei-veen complex niet voor. Hier werd de filter in de grofzandige pleistocene afzettingen geplaatst. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 1. Na afwerking werd van de top van alle peilbuizen de hoogteligging bepaald.

In deze 4 peilputten werden op 11 en 25 augustus en op 7 september 1994 waterstandsmetingen uitgevoerd. De resultaten zijn opgenomen in tabel 2.1. Uit deze metingen blijken de peilen in de piëzometers LTGH1 en LTGH2 vrij laag te zijn. De waarden kunnen niet omgerekend worden naar zoetwaterstijghoogten, aangezien er geen analyses op het water uit deze putten gebeurd zijn. Gezien de beperkte diepte van de filters zullen de correcties maximaal slechts enkele cm bedragen. Peilbuis LTGH1 heeft het laagste peil, ongeveer +2.50, LTGH2 ongeveer +2.90. Deze laatste peilbuis ligt dicht bij het Schelde-Rijn kanaal, waarin het waterpeil +4.25 bedraagt. Peilbuis LTGH3 heeft de hoogste peilen, tussen +3.35 en +3.40, LTGH4 is iets lager, ongeveer +3.10. Overigens blijken de waargenomen peilen gedurende de waarnemingsperiode weinig te fluctueren. Aangezien de 3 metingen in de zomer zijn uitgevoerd, zullen de gemeten peilen lager zijn dan de jaargemiddelden.

Op 3 plaatsen werden waterstandsmetingen op waterlopen uitgevoerd (Fig 2.1). Het eerste meetpunt LTGHO1 bevindt zich in de Putterkreek. Het tweede punt LTGHO2 bevindt zich op een zijbeek van de "Kil". Het derde meetpunt LTGHO3 bevindt zich op de Kabeljauwbeek, die langsheen de Belgisch-Nederlands grens loopt. De metingen zijn in tabel 2.1 opgenomen.

Tenslotte werden ook nog metingen op 4 peilbuizen uitgevoerd die zich tussen de Schelde-Rijn verbinding en de dorpskom van Zandvliet bevinden (Fig 2.1). De laagste peilen werd in de



Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000



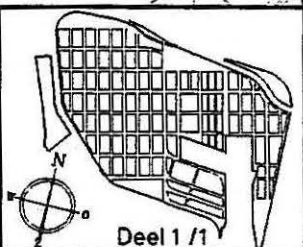
BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 21:
Ligging van de supplementaire peilputten

CODE
00.01

zM18 MER-Hydrogeologische putten



Deel 1 / 1

ssier
um

BASF

meest zuidelijke peilbuis opgemeten.

HOOFDSTUK 3 : VERWERKING VAN DE STIJGHOOGTEMETINGEN

3.1 Inleiding

De stijghoogtegegevens werden verwerkt tot tijd-stijghoogtegrafieken en stijghoogtekaarten.

Tijd-stijghoogtegrafieken geven het verloop van de stijghoogten in functie van de tijd weer. Ze zijn geschikt om evoluties en trends in het stijghoogteverloop op te sporen. Men kan aldus de opvul- en afvloeiperioden bepalen.

Stijghoogtekaarten tonen het grondwaterstromingspatroon. Men kan eruit afleiden in welke richting en hoe snel het grondwater stroomt.

3.2 Evolutie van de stijghoogten

3.2.1 Inleiding

Bij de verwerking van de stijghoogtegegevens is vastgesteld dat een aantal meetreeksen opvallend abnormale waarden bevatten ("outliers"). Deze kunnen aan verschillende oorzaken te wijten zijn.

- In enkele gevallen werden gedurende de eerste maanden diepe en ondiepe filters verwisseld; in dit geval werden de meetreeksen aangepast.
- Soms ligt een meetwaarde één meter hoger dan de voorgaande en de volgende meetwaarde; aangezien een plotselinge stijging veel minder waarschijnlijk is dan een plotselinge daling is dit toegeschreven aan een foute diepteaflezing en werd de waarde met één meter verlaagd.
- Soms ligt de stijghoogte drie meter lager dan de voorgaande en volgende peilen; mogelijk is dit te wijten aan een tikfout waarbij de toetsen van 1 en 4 werden verwisseld.
- Soms ligt een meetwaarde één meter lager dan uit interpolatie tussen de vorige en volgende meting kan verwacht worden; mogelijk is hier een foute diepteaflezing gebeurd.

De tijd-stijghoogtegrafieken zijn opgenomen in bijlage 2. Ze worden hier besproken in de volgorde waarin ze zijn opgenomen.

3.2.2 Peilputten in laag 1

In deze laag zijn slechts drie peilputten aanwezig, nl 6W1, 17W1 en 31W1. Ze vertonen alle drie hetzelfde patroon: geringe peilvariaties en een afwezigheid van seizoenschommelingen. In 1992 zijn de stijghoogten 3 tot 5 m lager door een bemaling. De laagste peilen komen voor in 6W1, de hoogste in 31W1. Vanaf 20 maart 1995 wordt in 17W1 en 31W1 een peildaling waargenomen. In 6W1 is dit vanaf 17 april te merken. Deze daling wordt veroorzaakt door een bemaling. In peilbuis 6W1 werd op 28 november 1994 een verlaging van ongeveer 1 m vastgesteld. Op hetzelfde moment vertoonde 17W1 een daling van ongeveer 30 cm. Waarschijnlijk is dit te wijten aan een tijdelijke lokale bemaling. Zowel in 6W1 als in 17W1 werden de hoogste peilen gemeten op 2 april 1994.

3.2.3 Peilputten in laag 2

De peilbuizen in deze laag vertonen hetzelfde algemeen stijghoogteverloop als de peilbuizen in laag 1: kleine variaties en een afwezigheid van seizoenschommelingen. Zowel in laag 1 als in laag 2 worden de stijghoogten vooral bepaald door het gemiddelde waterpeil in de Schelde, de dokken en de Schelde-Rijnverbinding. Deze laatste zijn vrij konstant; het Scheldepeil varieert onder invloed van de getijden.

In alle peilbuizen is in 1992 de invloed van een bemaling in laag 2 duidelijk te zien. De laagste stijghoogten zijn in het noorden van het BASF-terrein waargenomen, in peilbuis 31W2. Tijdens de bemaling fluctueren de peilen, mogelijk veroorzaakt door wijzigingen in pompdebieten en/of bemalingsplaatsen. Zo vertonen de zuidelijk gelegen peilputten 3W2, 6W2 en 17W2 een peilstijging in juli 1992. Het einde van de bemaling is merkbaar in november 1992. Peilbuizen 21W2, 30W2, 31W2, 36W2 en 38W2 vertonen in april 1992 een daling (vooral merkbaar in 31W2), en een snelle stijging in juli 1992. In peilbuis 6W2 werd op 28 november 1994 een laag peil gemeten. Ook in 3W2 is een kleine verlaging merkbaar. Waarschijnlijk werd in deze periode een lokale bemaling in de omgeving uitgevoerd. Vanaf 20 maart 1995 is er de invloed van een nieuwe bemaling te merken, vooral in peilbuis 17W2. Hier wordt een verlaging van ongeveer 2 m vastgesteld. De invloed van de bemalingen is het geringst in 36W2 en 38W2. Deze zijn in het westen van het gebied gelegen. De waargenomen verlagingen zijn

echter kleiner dan in 1992.

In perioden zonder bemalingen bedragen de peilschommelingen minder dan een halve meter. Hoewel deze schommelingen niet seizoensgebonden zijn, is het patroon in alle peilbuizen hetzelfde. Dergelijke schommelingen worden kleiner in noordelijke richting.

Mogelijk worden de peilen beïnvloed door de getijden in de Schelde. Bij de getijdenwerking komen er twee cycli voor: een cyclus van hoog- en laagwater die ongeveer 12,5 uur duurt en een grote amplitude heeft (ongeveer 5 m), en een cyclus van springtij en doottij die ongeveer 28 d duurt en de amplitude van de eerste cyclus moduleert. De amplitude van deze tweede cyclus is kleiner (grootteorde ongeveer één meter). Deze getijdenschommelingen planten zich vanuit de Schelde in het grondwaterreservoir voort. Dit is waargenomen in peilbuis 6W1 en 6W2 tijdens de continue peilregistratie. Hierbij treedt een faseverschuiving op waardoor de hoge en lage waterstanden op toenemende afstand van de Schelde later bereikt worden. De getijdenschommelingen worden in het reservoir gedempt. Hogere frequenties (de dagelijkse hoog- en laagwatercyclus) worden sneller gedempt dan de lagere frequenties (de maandelijkse doottij-springtij cyclus). De mate van demping hangt af van hydraulische parameters.

De invloed van de getijdenwerking op de stijghoogten in de peilbuizen is complex en hangt af van o.a. het tijdstip en de dag van de meting (m.a.w. wanneer er precies in de twee cycli gemeten wordt), en de afstand van de peilbuis tot de Schelde. De schijnbaar willekeurige schommelingen in het stijghoogteverloop van de peilbuizen in de lagen 1 en 2 kan op zijn minst gedeeltelijk worden toegeschreven aan de invloed van de getijdenwerking. In hoofdstuk 4 wordt getracht met een vereenvoudigd matematisch model deze invloed te kwantificeren.

3.2.4 Peilputten in laag 4

Het algemeen patroon van de tijd-stijghoogtegrafieken van de peilbuizen in laag 4 wordt gekenmerkt door seizoenschommelingen, door de variatie in nuttige neerslag, natte winters en droge zomers, zijn de winterpeilen hoger dan de zomerpeilen. Elk hydrologisch jaar bestaat uit een opvulperiode, wanneer de stijghoogten in de winter een stijgende trend vertonen, ge-

volgd door een afvoerperiode , wanneer de stijghoogten in de zomer dalen vertonen. De meeste peilbuizen bereikten hun hoogste peil sinds 1992 in februari 1995.

Peilbuis 1W4 ligt dicht tegen het kanaaldok. De watertafel staat bijna steeds boven +5.00. Er komen seizoenschommelingen tot 80 cm voor. Er is hier geen goed hydraulisch contact tussen het reservoir en de dokken. In peilbuis 2W4 zijn de schommelingen kleiner. In 3W4 wordt een normaal patroon waargenomen. In mei en juni 1995 komen lage waterstanden voor. De invloed van de bemaling in 1992 is gering. Dat is wel het geval in peilbuizen 4W4 en 5W4. Hier staat de watertafel tijdens de bemaling ongeveer 1 m lager dan normaal. Deze beide peilbuizen vertonen ook in mei en juni 1994 een plotselinge verlaging , mogelijk veroorzaakt door een kleine lokale bemaling. In peilbuis 6W4 zijn vooral de lage zomerstanden van 1994 opvallend. Deze zijn juist in 7W4 afwezig. Peilbuis 8W4 ligt vlak naast de Schelde-Rijn verbinding. De seizoenschommelingen bedragen hier slechts ongeveer 30 cm. In 9W4 werd in april 1994 een verlaging gemeten. Ook in 1992 kwamen lage standen voor. In de grafiek van 10W4 komt één uitzonderlijke lage waarde voor in september 1992. Peilbuis 11W4 heeft een wat abnormaal verloop aangezien de peilen gedurende 1992 en 1993 bijna continu stijgen. In 12W4 werd de laagste stand gemeten in september 1993. Peilbuis 13W4 vertoont in 1992 en 1993 grotere fluctuaties dan in 1994 en 1995. In 14W4 werden in het voorjaar van 1992 lage peilen waargenomen. Ook in februari 1994 werden enkele lagere waarden gemeten. De seizoenschommelingen zijn kleiner dan in de omringende peilbuizen. In het verloop van peilbuis 15W4 zijn de lage waarden in de zomer van 1994 opvallend. Merkwaardig is de vrijwel lineaire daling van april tot juli. Peilbuis 16W4 heeft een zeer onregelmatig verloop. Op vier data werden abnormaal lage stijghoogten gemeten. De reden is onduidelijk. In maart 1993 is er een plotse daling met ongeveer 1,5 m. Sindsdien is er tot op heden een stijgende trend. In peilbuis 17W4 werd op 3 oktober 1994 een abnormaal lage waarde gemeten , mogelijk een meetfout. Afgezien hiervan is het tijd-stijghoogteverloop heel normaal. De seizoenschommelingen bedragen 50 cm. In peilbuis 18W4 , niet ver van de Schelde-Rijnverbinding gelegen , zijn de seizoenschommelingen vrij groot , ongeveer 1 m. Dit wijst op een slecht hydraulisch contact tussen het grondwaterreservoir en het kanaal. In 19W4 zijn de schommelingen klein en het peil vrij constant , meestal tussen +6.10 en +6.40. In het voorjaar van 1992 en op 17 mei 1993 lag het peil ongeveer 2 m lager. Peilbuis 20W4 toont normale seizoenschommelingen , maar de stijghoogten zijn in de winter van 1993 - 1994 wat hoger. In peilbuis 21W4 werd op 8 januari

1994 een abnormaal hoge waarde van +7.00 gemeten. Voor het overige vertoont deze filter een patroon met normale seizoenschommelingen. Peilbuis 22W4 heeft grote seizoenschommelingen (tot 1 m). Gedurende de eerste drie metingen is een snelle stijging met ongeveer één meter te zien. Peilbuis 23W4 heeft een stijgende trend. De waterpeilen in 1995 zijn bijna twee meter hoger dan in 1992. Er is een afwisseling van hoge en lage standen, maar de minima vallen niet steeds in de zomer. Peilbuis 24W4 heeft de laagste peilen in de zomer van 1992. Een abnormaal lage waarde werd op 3 oktober 1994 genoteerd. Mogelijk betreft het een meetfout. Peilbuis 25W4 heeft in de zomer van 1992 en in 1995 abnormaal lage peilen, misschien t.g.v. bemalingen. Peilbuizen 26W4, 27W4 en 28W4 hebben een volledig normaal verloop. Opvallend in het stijghoogteverloop van peilbuis 29W4 zijn de lage waterstanden tot november 1992. Deze zijn wellicht veroorzaakt door de bemaling in die periode. De verlaging is ongeveer 1 m. Op enkele data zijn abnormaal hoge peilen gemeten, mogelijk zijn het meetfouten. De peilbuis 30W4 werd tijdens 1992 - 1993 niet gemeten. De winterstanden van 1993 - 1994 liggen bijna 1,5 m hoger dan de zomerstanden van 1994. Peilbuis 31W4 heeft ook lage stijghoogten in 1992. De winterstanden in 1993 - 1994 en 1994 - 1995 zijn ongeveer één meter hoger dan in 1992 - 1993. Peilbuis 31W4 heeft in 1992 sterk wisselende peilen. Vanaf 1993 zijn de variaties normaal. De seizoenschommelingen in 33W4 bedragen ongeveer 1 m; in 34W4 zelfs nog iets meer. In de omgeving van 35W4 is in november 1993 waarschijnlijk een bemaling uitgevoerd. In 36W4 stijgen de winterstanden in de loop der tijd. Dit is ook waargenomen in 34W4 en 35W4. Peilbuis 37W4 heeft een abnormaal verloop waarbij de watertafel in 1992 en 1994 vrij laag en in 1993 en 1995 vrij hoog staat. Peilbuis 38W4 heeft hiaten in de meetreeks en is daardoor moeilijk te interpreteren. Peilbuis 39W4 ligt in het zuidwesten tegen de Scheldedijk. Opmerkelijk is dat de peilen vanaf februari 1993 ongeveer twee meter lager liggen. De reden hiervan is geheel onduidelijk. In 40W4 nemen de wintermaxima, evenals in een aantal andere peilbuizen, met de jaren toe. De jaren voor aanvang van de peilmetingen in deze studie, vooral 1989 en 1990, werden gekenmerkt door lage grondwaterstanden. De toename van de wintermaxima heeft wellicht te maken met het opvullen van het grondwatertekort na deze drogere periode.

Het gemeten peil in de dokken werd grafisch voorgesteld. De laagste waterstand werd gemeten op 23 maart 1992 (+3.98). De hoogste stand op 21 februari 1994 (+4.60), maar dit is een eerder uitzonderlijk hoge stand, ongeveer 30 cm boven andere hoge waarden.

3.3 Grondwaterstromingspatroon

3.3.1 Inleiding

Op stijghoogtekaarten worden de lijnen van gelijke stijghoogte op een bepaald tijdstip voorgesteld. Het grondwater stroomt van hoge naar lage stijghoogten, loodrecht op de stijghoogtelijnen. De stijghoogtekaarten van lagen 2 en 4 met de meeste peilbuizen zijn voorgesteld. De stijghoogten werden omgerekend naar zoetwaterstijghoogten. Vooral in laag 2 zijn deze correcties van belang; in laag 4 bedragen ze maximaal enkele cm. Voor elke laag zijn verschillende representatieve kaarten opgesteld. De keuze van de tijdstippen gebeurde a.h.v. de tijdstijghoogtegrafieken. Aangezien de stijghoogten in lagen 2 en 4 bijna onafhankelijk fluctueren, zijn de gekozen tijdstippen verschillend voor laag 2 en 4. Binnen de terreinen van BASF zijn de stijghoogten steeds hoger in laag 4 zodat er een neerwaartse stroming van laag 4 naar laag 2 plaatsvindt.

3.3.2 Stijghoogtekaarten van laag 2

Aangezien er geen duidelijke seizoenschommelingen in laag 2 optreden (zie 3.2.3) wijzen grote peilveranderingen of veranderingen in het stromingspatroon hier veeleer op kunstmatige ingrepen (bemalingen). Er werden 3 stijghoogtekaarten opgesteld.

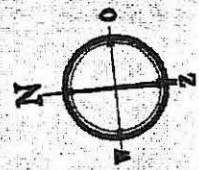
De eerste kaart (Fig 3.1) geeft de grondwaterstroming op 27 juli 1994 weer. Dit is een tamelijk lage waterstand in een periode zonder bemalingen. Zowel vanuit het noordwesten, het noorden als het noordoosten vindt er een stroming in zuidelijke richting plaats. De laagste stijghoogten zijn gemeten in peilbuis 6W2. Ook in 17W2 en 31W2 zijn vrij lage peilen waargenomen. Tussen peilbuis 31W2 in het noorden en 6W2 in het zuiden is de stromingsgradiënt klein. De oorzaak hiervan is niet duidelijk. Zowel vanuit de Schelde-Rijn verbinding als vanuit de dokken treedt er een uitstroming naar de BASF-terreinen op.

De tweede kaart (Fig 3.2) geeft de grondwaterstroming op 6 september 1994 weer. Dit is een tamelijk hoge waterstand in een periode zonder bemalingen. Hoge stijghoogten komen voor



LEGENDE

-  Grondwaterstromingsrichting
-  Grondwaterstijghoogte in m boven TAW referentievlak



Schaal: A3=1/12500 A4=1/15000 0m 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

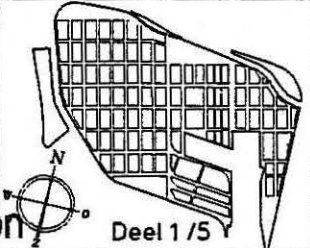
BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF
CODE

Fig 3.1: Grondwaterstromingspatroon
Stijghoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W2 op 27/07/1994 (peil lussen -25 en -10m TAW)

BASF

00.01 wM21 MER-Grondwaterstromingspatroon

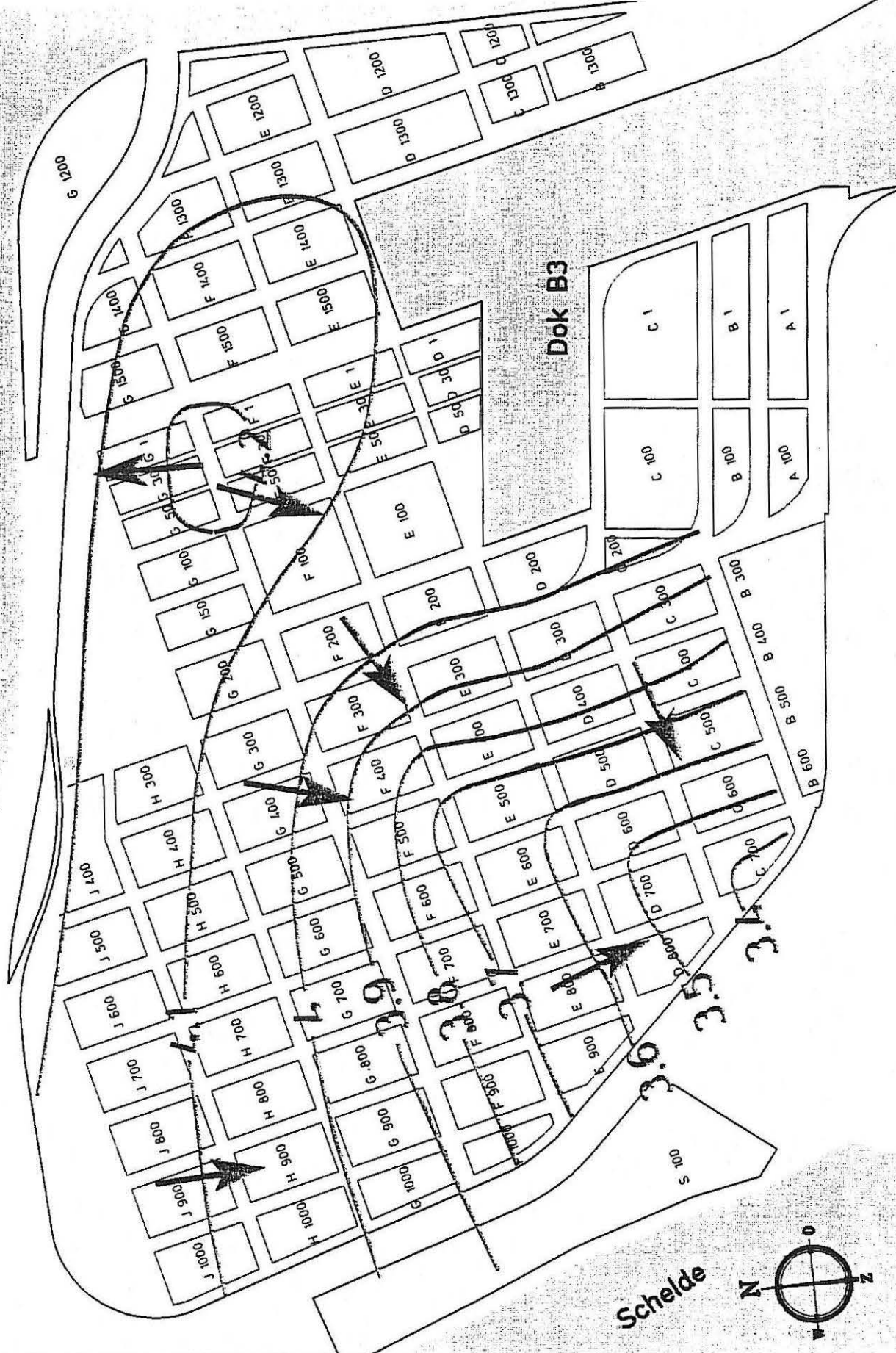


volgens een west-oost gerichte strook in het noorden van de terreinen van BASF , langsheen de Schelde-Rijn verbinding , in de peilbuizen 38W2 in het westen en 21W2 en 16W2 in het oosten. De zoetwaterstijghoogten in 36W2 en 21W2 zijn hoger dan het waterpeil in de dokken (+4.16). Ook in peilbuis 31W2 , langsheen de Schelde-Rijn verbinding zijn hoge stijghoogten gemeten (+4.05). De stijghoogten in laag 2 onder de Schelde-Rijn verbinding zijn niet gekend. Het is mogelijk dat deze strook een waterscheidingskam vormt. Dit is bij het tekenen van de stijghoogtekaart aangenomen. Van het gebied ten noorden van de kam vindt er een stroming plaats in noordelijke en oostelijke richting naar de Schelde-Rijn verbinding toe. Aangezien de polders ten noorden van de Schelde-Rijn verbinding (in Nederland) lager zijn gelegen kan het water in laag 2 tot onder deze polders doorstromen. Ten zuiden van de waterscheidingskam gebeurt de stroming naar het zuiden. De laagste stijghoogten worden waargenomen in peilbuis 6W2 (+3.36). Opvallend is de tamelijk lage stijghoogte in peilbuis 17W2 (+3.70). De stijghoogten blijken hier steeds vrij laag te zijn. Hoogstwaarschijnlijk stroomt er vanuit het dok B3 water in het reservoir.


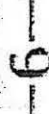
De derde kaart (Fig 3.3) geeft de grondwaterstroming op 15 mei 1995 weer. Uit de tijdstijghoogtegrafieken blijkt dat er sinds maart 1995 een bemaling wordt uitgevoerd in de omgeving van peilbuizen 17W2 en 30W2. Volgens de opdrachtgever werd er gepompt op de percelen E1500 , G500 , E400 , F600 en A0 (totaal debiet 450 m³ per uur). Op 15 mei 1995 werd in peilbuis 17W2 de laagste stijghoogte waargenomen. Het stromingspatroon tijdens de pumping verschilt totaal. Centraal op de BASF terreinen komen de laagste stijghoogten voor. De grootte van de afpompingsstrecther rond de percelen G500 , F600 en E400 kan met de bestaande peilbuizen niet precies vastgesteld worden. Peilbuis 17W2 tussen perceel F600 en E400 heeft een zoetwaterstijghoogte van +1.56. Waarschijnlijk komen rond de bemalingen peilen van minder dan +1.00 voor. Er treedt een radiaal stromingspatroon naar de bemaling op. Water vanuit de Schelde-Rijn verbinding stroomt naar de bemaling toe. Ook vanuit de richting van de Schelde komt water toegestroomd. Het is mogelijk dat bij sterke bemaling Scheldewater via laag 2 wordt aangetrokken.

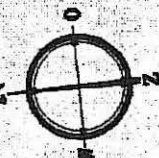
3.3.3 Stijghoogtekaarten van laag 4

Aangezien er in laag 4 duidelijke seizoenschommelingen optreden , werden stijghoogtekaarten



LEGENDE

-  Grondwaterstromingsrichting
-  Grondwatersliijghoogte in m boven TAW referentievlak



Schelde

Schaal: A3=1/12500 A4=1/15000 0m 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

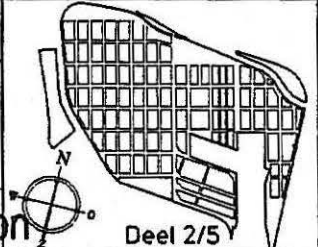
BLOKVELD
BASF

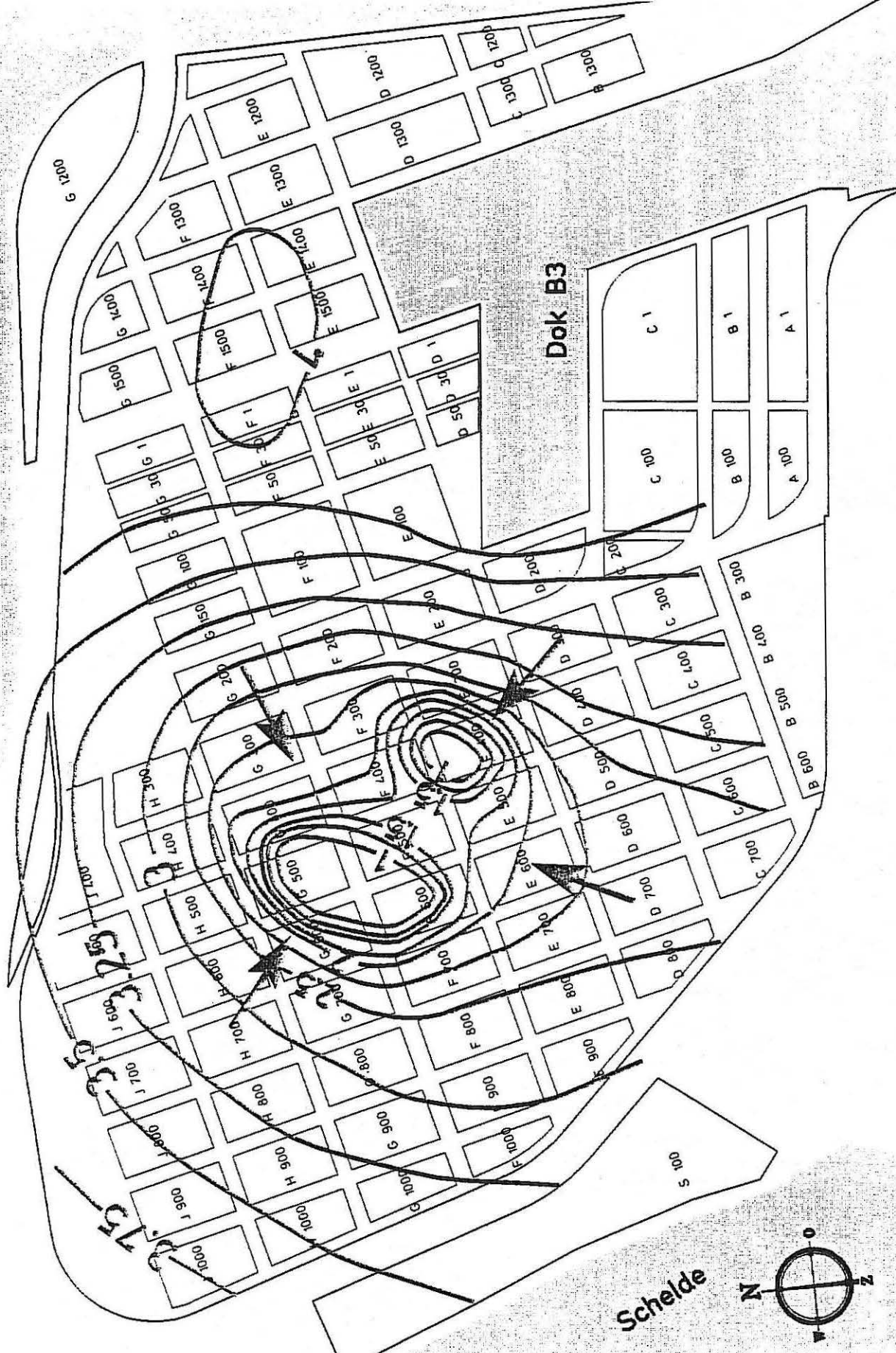
Fig 3.2 : Grondwaterstromingspatroon
Stijghoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W2 op 06/09/1994 (peil tussen -25 en -10m TAW)

BASF


CODE
00.01

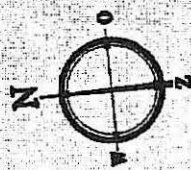
vM21 | MER-Grondwaterstromingspatroon





LEGENDE

-  Grondwaterstromingsrichting
-  Grondwaterstijghoogte in m boven TAW referentievlak



Schelde

Schaal: A3=1/12500 A4=1/15000 0m 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

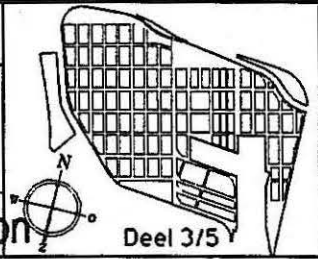
BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF
CODE

Fig 3.3 : Grondwaterstromingspatroon
Stijghoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W2 op 15/05/1995 (peil tussen -25 en -10m TAW)

BASF

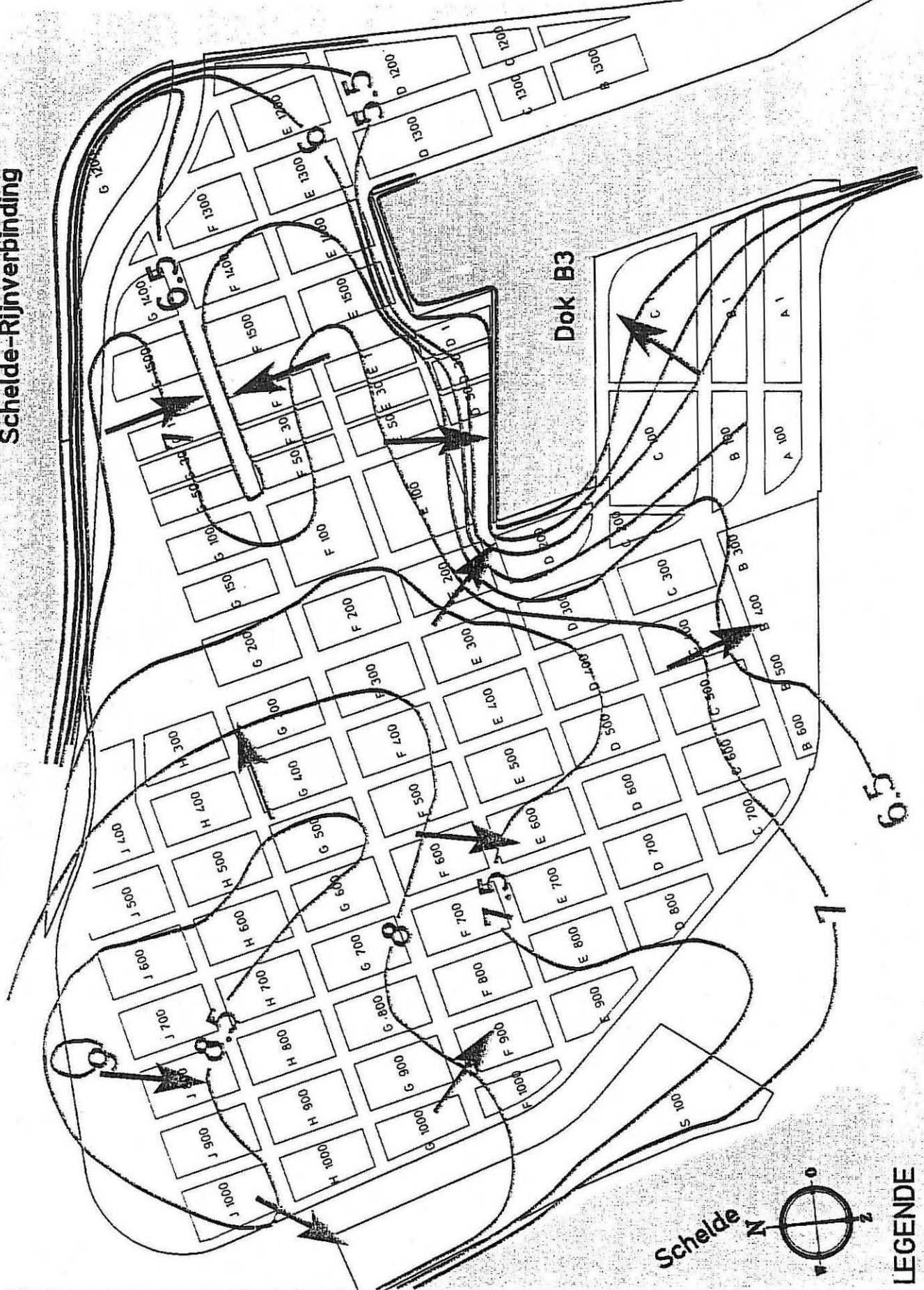
00.01 uM21 MER-Grondwaterstromingspatroon



Deel 3/5

Schelde-Rijnverbinding

Dok B3



LEGENDE

Grondwaterstromingsrichting

Grondwatersijphoogte in m boven TAW referentievlak

Schaal: A3=1/12500 A4=1/15000 0m 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

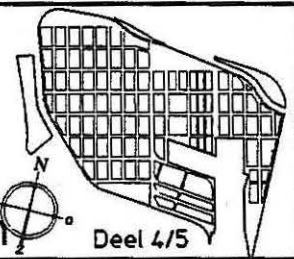
BASF

BLOKVELD
BASF
CODE

00.01

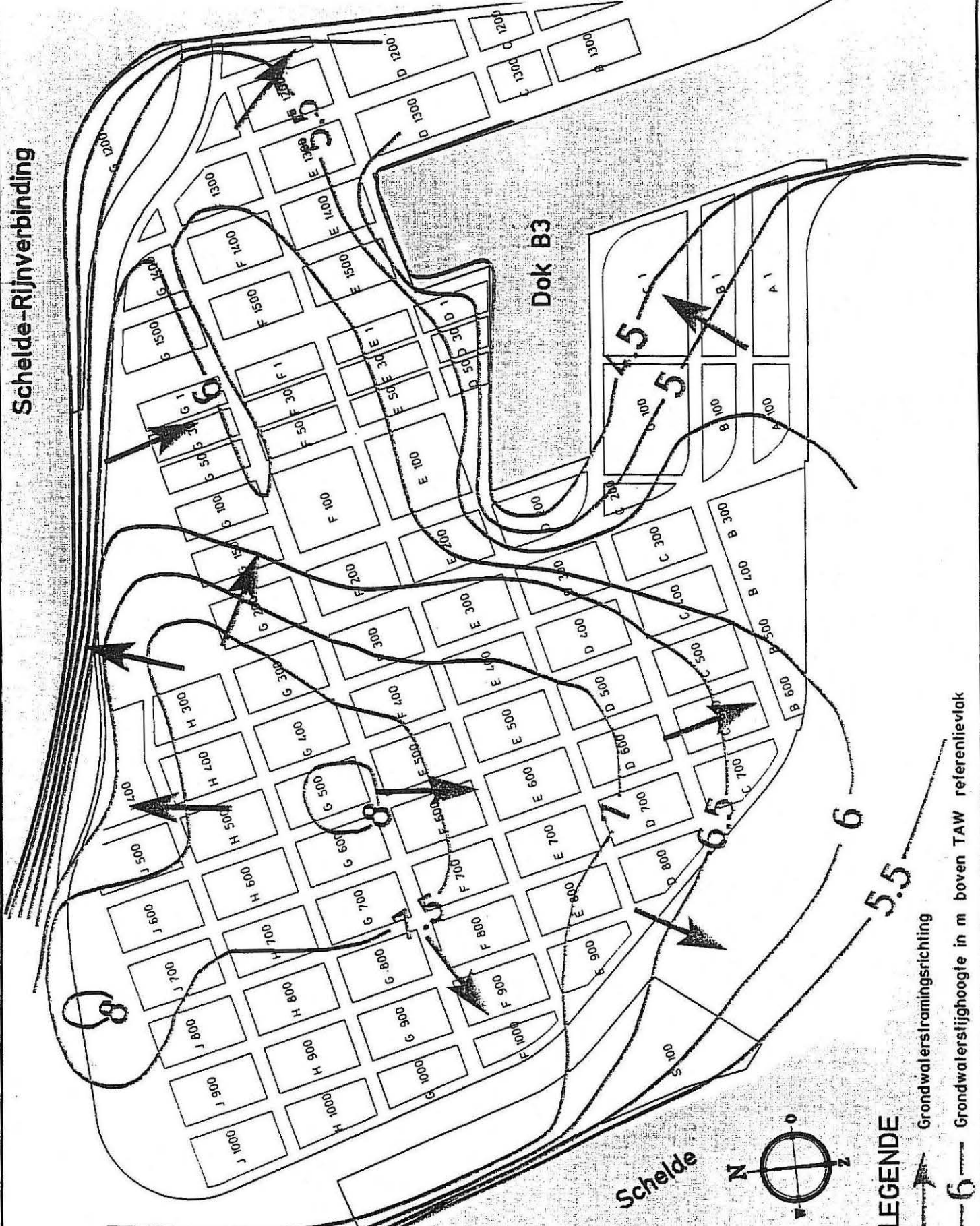
Fig 3.4 : Grondwaterstromingspatroon
Stijphoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W4 op 20/02/1995 (peil tussen +4 en +10m TAW)

IM21 MER-Grondwaterstromingspatroon



Deel 4/5

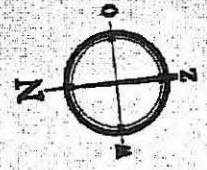
Schelde-Rijnverbinding



LEGENDE

→ Grondwaterstromingsrichting

—6— Grondwaterstijghoogte in m boven TAW referentievlak

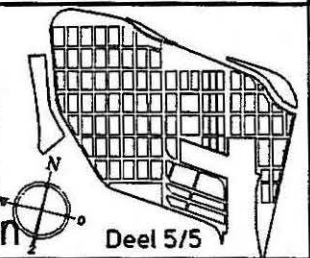


Schaal: A3=1/12500 A4=1/15000 0m 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4
BASF

BLOKVELD
BASF
CODE
00.01

Fig 3.5 : Grondwaterstromingspatroon
Stijghoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W4 op 06/09/1994 (peil tussen +4 en +10m TAW)
SM21 | MER-Grondwaterstromingspatroon



Deel 5/5

opgesteld van de gemiddeld hoogste en laagste stand van het laatste jaar , nl voor 20 februari 1995 en 6 september 1994 (Fig 3.4 en 3.5). Het stijghoogtepatroon op beide tijdstippen is ongeveer hetzelfde. De hoogste stijghoogten , ongeveer +8 in de zomer en +9 in de winter , komen voor in het noordwesten van de BASF-terreinen volgens een noordwest-zuidoost gerichte strook tussen peilbuizen 35W4 en 23W4. In dit gebied is de nuttige neerslag waarschijnlijk groter door het ontbreken van bedekking. De aanwezigheid van een oude dijk nabij de grens met Nederland kan de stroming naar het noorden beperken en een opstuwung van de watertafel veroorzaken. Vanaf het noordwesten treedt een radiale stroming op naar de Schelde-Rijnverbinding in het noorden , naar de onbebouwde percelen in het oosten , naar het dok B3 in het zuidoosten , naar de bebouwde percelen in het zuiden en naar de Schelde in het westen.

Op de kaart van 20 februari 1995 komt er in de omgeving van peilbuis 14W4 een verlaging van de watertafel voor. Uit de tijdstijghoogtegrafiek blijkt die peilbuis slechts kleine seizoenschommelingen te vertonen waarbij de stijghoogten bijna nooit boven +7.30 stijgen. Misschien heeft tijdens hoge waterstanden hier een drainage naar het rioleringsstelsel plaats.

Op beide kaarten vertonen de peilbuizen 19W4 , 20W4 en 21W4 , in het noordoosten van het gebied , steeds lagere peilen dan de omringende peilbuizen . Mogelijk vindt ook hier een afwatering plaats naar het rioleringsstelsel.

3.4 Samenvatting en conclusies

De stijghoogten in de lagen 1 en 2 fluktuieren vrijwel onafhankelijk van de watertafel (laag 4).

In lagen 1 en 2 komen vrijwel geen seizoenschommelingen voor. Het stijghoogteverloop wordt gekenmerkt door twee perioden waarin grote bemalingen in laag 2 zijn uitgevoerd . Deze hebben in de meeste peilbuizen aanzienlijke peildalingen veroorzaakt . De peilen schommelden afhankelijk van de pompdebieten en de bemalingsplaatsen . Buiten deze bemalingsperioden komen schommelingen van een halve meter voor , die echter niet seizoensgebonden zijn. Perioden van hogere en lagere peilstanden wisselen elkaar af maar duren nooit langer dan enkele maanden. Deze schommelingen kunnen tenminste gedeeltelijk aan de invloed van de

getijdenwerking in de Schelde worden toegeschreven.

In laag 4 doen zich duidelijke seizoenschommelingen voor. Sommige peilbuizen vertonen abnormaliteiten ; lokale bemalingen kunnen hiervan de oorzaak zijn. Uitzonderlijke waarden zijn waarschijnlijk meetfouten . Peilbuizen met een normaal patroon geven aan dat de winter-maxima met de jaren groter worden. In enkele peilbuizen werden tijdens de bemaling van 1992 van één meter opgemerkt.

Van de lagen 2 en 4 konden stijghoogtekaarten opgesteld worden.

Het stromingspatroon in laag 2 verschilt bij hoge en lage waterstanden. Bij lage waterstanden stroomt water van noord naar zuid plaats. Er treedt vanuit de Schelde-Rijn verbinding en vanuit de dokken een instroming in het reservoir plaats. Bij hoge waterstanden komt er langs de Schelde-Rijn verbinding een waterscheidingskam voor die uitstroming vanuit het kanaal verhindert. Vanuit de dokken (o.a. dok B3) stroomt water in het reservoir. De hoge en de lage waterstanden zijn niet seizoensgebonden. In laag 2 veranderen bemalingen het stromingspatroon volledig. Bij sterke bemalingen doet zich een radiale stroming naar de pompplaats voor waarbij water vanuit de Schelde-Rijn verbinding en de dokken wordt aangetrokken. Bij hoge bemalingsdebieten misschien zelfs Scheldewater.

In laag 4 komen de hoogste peilen in het noordwesten voor. Van hieruit is er een stroming naar het zuiden in de richting van de Schelde , naar het zuidoosten in de richting van het dok B3 en naar het oosten in de richting van de Schelde-Rijn verbinding. Het stromingspatroon kan lokaal wat afwijken , misschien door drainage naar het rioleringsstelsel. Wanneer ondiepe bemalingen worden uitgevoerd kunnen deze het stromingspatroon lokaal veranderen.

Binnen de terreinen van BASF staat de watertafel (laag 4) steeds hoger dan de stijghoogte in laag 2. Er treedt dus een neerwaartse stroming op naar de onderliggende lagen.

HOOFDSTUK 4 : HET MATEMATISCH MODEL

4.1 Inleiding

Het opstellen van een mathematisch grondwaterstromingsmodel heeft tot doel de stroming in een grondwaterreservoir met de hulp van een digitale rekenmachine na te bootsen. Een mathematisch model bestaat enerzijds uit een rekenprogramma en anderzijds uit een hoeveelheid gegevens die in het rekenprogramma worden ingevoerd. Deze ingevoerde gegevens zijn een beschrijving en karakterisatie van de hydrogeologische opbouw van het gebied dat met het model wordt gesimuleerd. Met een dergelijk model kan een meer gedetailleerd beeld van de grondwaterstroming worden verkregen dan uit veldwaarnemingen kan afgeleid worden. Bovendien kunnen met een dergelijk model ingrepen in de grondwaterhuishouding worden gesimuleerd, waaruit dan de effecten van die ingrepen kunnen geëvalueerd worden. Uiteraard hangt de nauwkeurigheid van het model af van de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid waarmee het grondwaterreservoir in het model wordt beschreven. Essentieel hierbij is de kennis van de hydraulische parameters van het reservoir. Ter controle van de berekende resultaten moeten de berekende stijghoogten en stromingen kunnen vergeleken worden met waarnemingen. Belangrijk hierbij is dat er op voldoende plaatsen stijghoogtemetingen zijn uitgevoerd, en dit liefst gedurende verschillende hydrologische jaren, zodat een precies beeld van de gemiddelde stijghoogteverdeling voorhanden is.

4.2 Het gebruikte rekenprogramma

In deze studie is gebruik gemaakt van het rekenprogramma RMOQ3D (LEBBE e.a, 1985). Dit programma werd in het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Universiteit Gent ontwikkeld.

Steunend op de wet van Darcy (grondwaterstromingssnelheid = gradiënt x doorlatendheid) en het continuïteitsprincipe, kan men de differentiaalvergelijking opstellen die de grondwaterstroming in het reservoir beschrijft. Deze differentiaalvergelijking kan slechts voor een klein aantal zeer eenvoudige gevallen exakt analytisch worden opgelost. Het is eerder aangewezen de differentiaalvergelijking benaderend op te lossen met een numerieke methode. Hiertoe kan men

gebruik maken van een mathematisch model steunend op de eindig-verschil methode.

Door het mathematisch model wordt de stijghoogte slechts voor een eindig aantal punten uit het reservoir berekend. De differentiaalvergelijking die de grondwaterstroming in het reservoir beschrijft, wordt omgezet in een eindig-verschilvergelijking, die iteratief wordt opgelost. Iteratief wil zeggen dat bij het begin van het rekenproces aan elk punt een initiële waarde voor de stijghoogte toegekend wordt en dat daarna de eindig-verschilvergelijking herhaaldelijk wordt opgelost volgens een bepaald algoritme. Na elke cyclus van berekeningen is bij convergentie de bekomen stijghoogte iets dichter bij de oplossing van de differentiaalvergelijking gekomen. De berekeningen worden onderbroken van zodra het verschil tussen twee opeenvolgende berekende stijghoogten niet groter is dan een vooraf bepaalde afwijking.

Bij de eindig-verschilmethode wordt het grondwaterreservoir in een eindig aantal kubusjes of cellen ingedeeld. Deze komen voor in kolommen, rijen en lagen.

Om de oriëntatie van het grondwaterreservoir ondubbelzinning vast te stellen, gebruikt men de richtingen "noord", "zuid", "west" en "oost". De nummering gebeurt voor de kolommen van west naar oost, voor de rijen van noord naar zuid, en voor de lagen van onder naar boven. De middelpunten van de cellen heten nodale punten. Het nodale punt van de cel gevormd door de kolom I, de rij J en de laag K geven we de coördinaat (I,J,K).

Men veronderstelt dat in het mathematisch model de hydraulische parameters in iedere cel konstant zijn. Zo bijvoorbeeld wordt de hydraulische stijghoogte in een cel als konstant verondersteld. In een cel wordt slechts één stijghoogte beschouwd, namelijk de stijghoogte in het nodale punt. Deze stijghoogte geeft het gemiddeld peil van het grondwater in de cel aan.

Het aantal lagen in het model komt overeen met het aantal doorlatende lagen in het reservoir. De slecht-doorlatende lagen komen in de ruimtelijke voorstelling van het model niet expliciet voor. In dit model beschouwt men de stroming in een doorlatende laag uitsluitend horizontaal en in een slecht-doorlatende laag uitsluitend vertikaal. Door deze vereenvoudiging kan het aantal lagen in het model worden beperkt. De eindig-verschilvergelijkingen worden iteratief met de afwisselende richtingstechniek opgelost. Deze bestaat erin dat de vergelijkingen achter-

eenvolgens eens per laag, eens per kolom en eens per rij worden opgelost. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het Thomas algoritme. De breedte van de kolommen en de rijen, alsook de dikte van de lagen hoeven niet konstant te zijn.

Voor de doorlatende lagen moet de horizontale doorlatendheid worden ingevoerd, voor de slecht-doorlatende lagen de hydraulische weerstand.

Bij de berekeningen is de dikte van de bovenste niet-afgesloten watervoerende laag (freatisch reservoir) afhankelijk van de stijghoogte in de laag, d.w.z. de watertafel min het peil van de top van de bovenste slecht-doorlatende laag. Als de watertafel zich onder de top van die slecht-doorlatende laag bevindt, dan is er geen horizontale stroming van water naar aangrenzende cellen in de niet-afgesloten laag mogelijk en is er enkel verticale stroming van en naar de onderliggende lagen.

Grenzen kunnen in het model ondoorlatend zijn of een vaste stijghoogte hebben. In het modelgebied zelf kunnen cellen met vaste stijghoogte worden gedefinieerd.

In de niet-afgesloten watervoerende laag kunnen ook waterlopen voorkomen. Deze kunnen in het mathematisch model drainerend of irrigierend werken, afhankelijk van waar de watertafel zich bevindt t.o.v. het waterpeil in de waterloop. In geval de rivier irrigeert houdt het model rekening met het debiet dat elke cel stroomopwaarts ontvangt.

Het model kan permanente stromingen berekenen of tijdsafhankelijke simulaties uitvoeren. In het laatste geval moeten de elastische bergingscoëfficiënten van de doorlatende lagen en de bergingscoëfficiënt nabij de watertafel ingegeven worden. Bij tijdsafhankelijke berekeningen kunnen tijdstappen van verschillende duur opgegeven worden.

Als resultaat van elke berekening geeft het model de stijghoogte in elke cel van het reservoir. Uit deze stijghoogten en de hydraulische parameters kunnen de horizontale stromingsdebieten in de doorlatende lagen en de verticale stromingsdebieten die tussen deze lagen uitgewisseld worden, bepaald worden. Ingeval er vaste stijghoogtecellen in het gebied voorkomen geeft het model aan hoeveel water deze cellen draineren of in het reservoir brengen. Tevens bekomt men

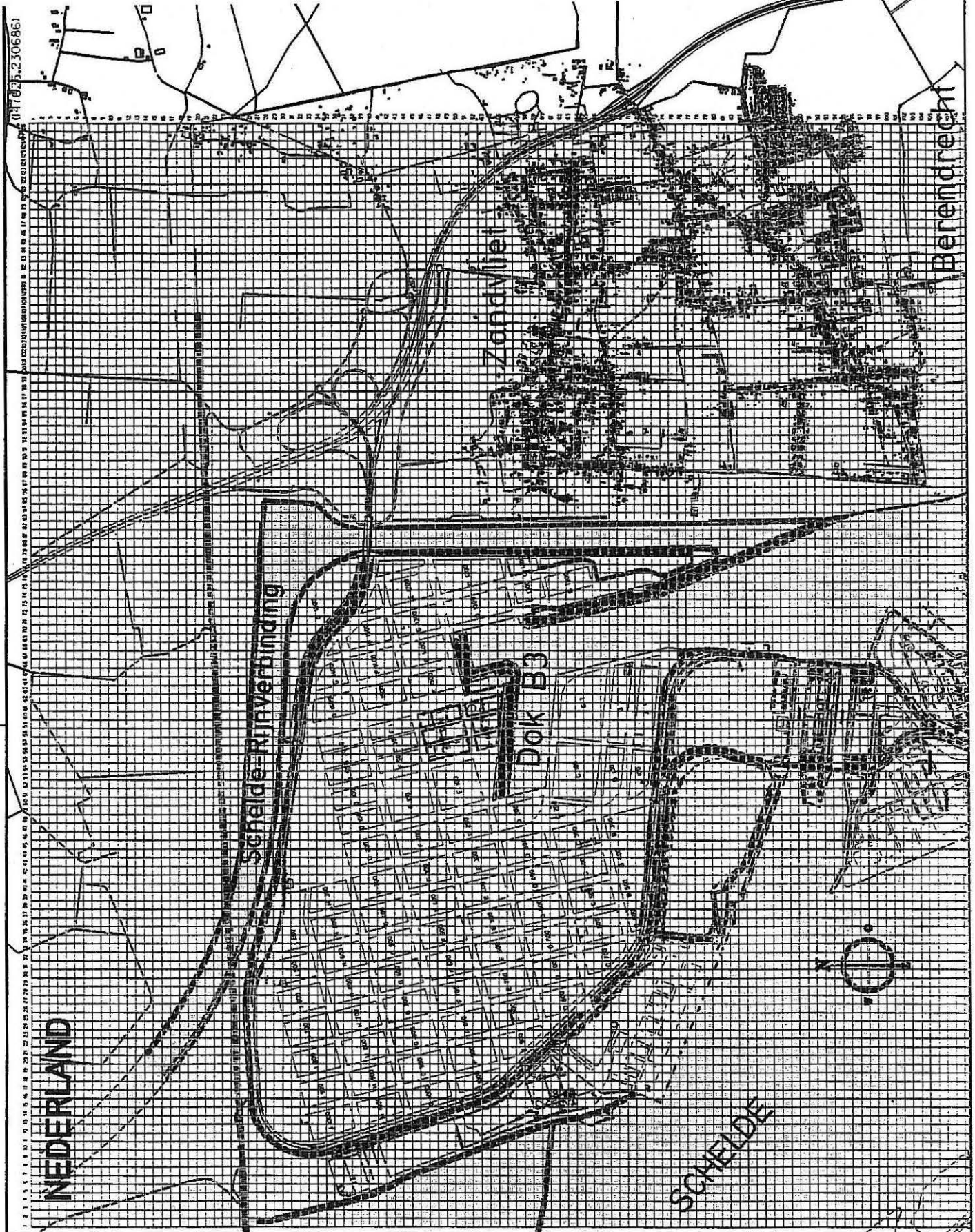
voor elke cel , waard een waterloop door stroomt , de hoeveelheid water die deze draineert of irrigiert. Als controle op de berekeningen wordt de totale balans per laag afgedrukt : hieruit leidt men af hoeveel water over de grenzen van het model stroomt. Desgewenst kan ook een balans per cel worden opgesteld.

4.3 Ligging en begrenzing van het modelgebied

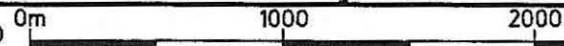
De grenzen van het mathematisch model zijn gekozen op grond van hydrogeologische criteria. Het modelgebied ligt op de kaartbladen 7/2 (Oud-Noordlandpolder) , 7/3 (Kalmthoutse Hoek) , 7/6 (Doel) en 7/7 (Ekeren) van het NGI. Het gemodelleerde gebied heeft een maximale breedte van 12.4 km en een maximale lengte van 12 km (Fig 4.1).

De grenzen van het gebied zijn evenwijdig met het geografisch Lambert-coördinatenstelsel. De westgrens heeft Lambert-coördinaat $X=141225$, de oostgrens $X=147625$. De noordgrens ligt op coördinaat $Y=230686$ en de zuidgrens op $Y=224686$.

De noordgrens van het gebied ligt ten noorden van de Schelde-Rijn verbinding in de Nederlandse polders. In het noordwesten volgt de modelgrens de waterloop Kil van aan het Schelde-Rijn kanaal tot nabij de Nieuwe dijk. Van hier loopt de noordgrens west-oost doorheen de Zuidpolder onder Ossendrecht en volgt dan de Putterkreek. In het noordoosten ligt de grens nabij de oostgrens van de Kabeljauwpolder , ten westen van de Kleine en Grote Stoppelbergen. De oostgrens kruist de Armendijk nabij Noordhoek en loopt door de Oud-Noordlandpolder. De oostgrens loopt dan ten oosten van de dorpskommen van Zandvliet en Berendrecht via de wijk Molengeest tot aan het verlegd tracé van het oude militair defensiekanaal en volgt dit in westelijke richting. De zuidgrens sluit aan op het kanaaldok B2 onder het Reigerbos. De zuidwestgrens volgt het midden van dok B2 tot aan de Zandvlietsluis en volgt dan het midden van de Schelde tot aan het natuureservaat Groot Buitenschoor. Hier loopt de westgrens noord-zuid doorheen het schorregebied langs de oostgrens van een Scheldegeul tot aan de meest westelijke punt van de opgehoogde terreinen en volgt dan de dijk tot de plaats , waar die het dichtst bij de Schelde-Rijnverbinding komt. Hier loopt de noordgrens door het kanaal naar het zuidwesten tot waar de rand van het modelgebied de Kil op Nederlands grondgebied volgt.



Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000



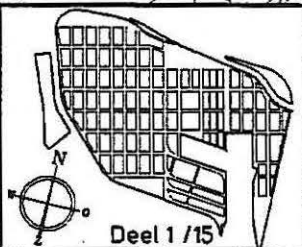
BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF
CODE

Fig 4.1: Ligging en begrenzing van het modelgebied en modelnetwerk

BASF

00.01 eM21 MER-Grondwaterstromingspatroon



Deel 1 / 15

ssier
um

4.4 Schematisering van het grondwaterreservoir

4.4.1 Lagenopbouw

In het matematich model wordt de hydrogeologische opbouw van het grondwaterreservoir geschematiseerd tot een afwisseling van doorlatende , watervoerende lagen en slecht-doorlatende lagen. In de doorlatende lagen is de stroming hoofdzakelijk horizontaal, in de slechtdoorlatende lagen vooral vertikaal.

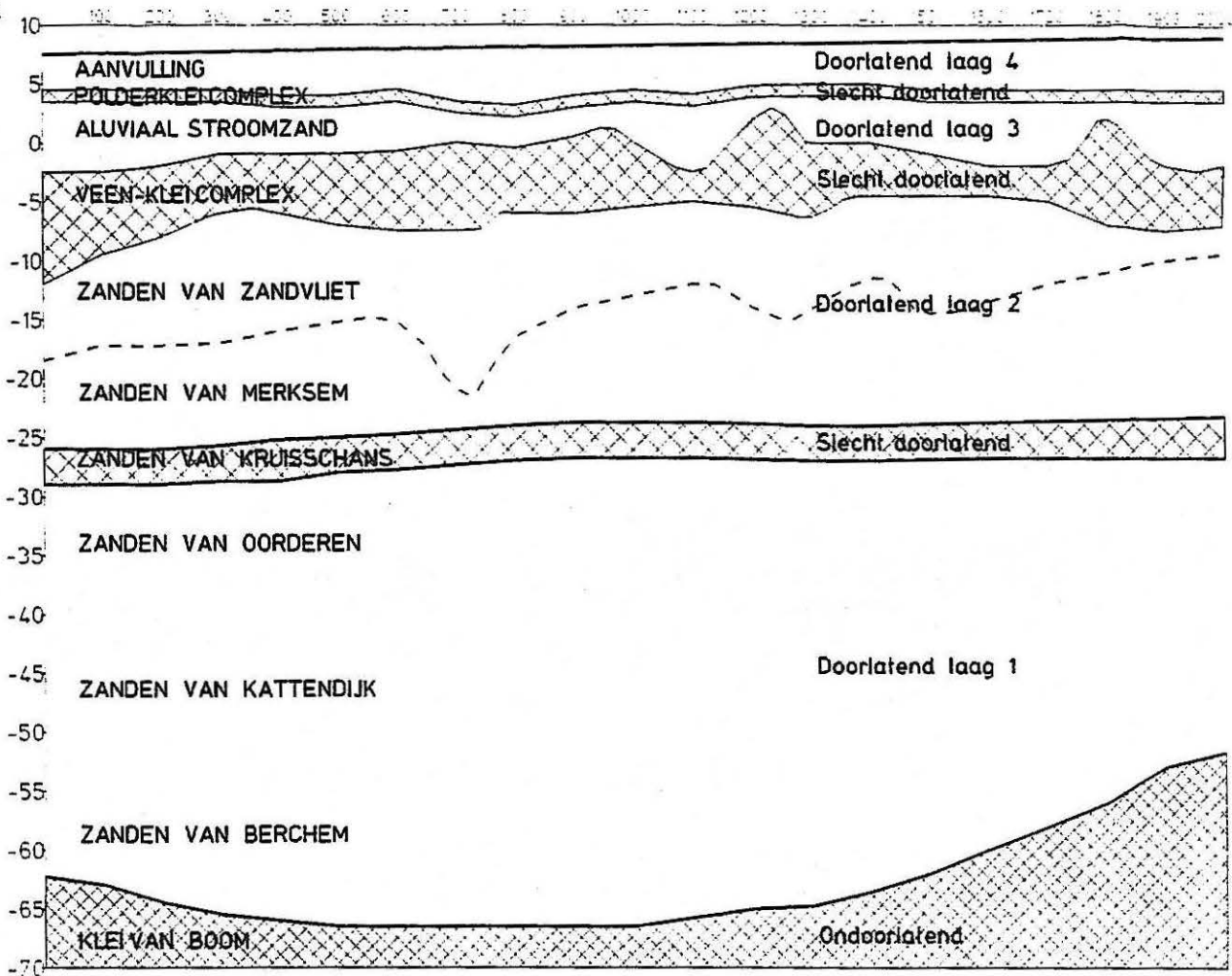
In het model zijn 4 watervoerende lagen, gescheiden door 3 slechtdoorlatende lagen opgenomen. De watervoerende en slecht-doorlatende lagen zijn genummerd van diep naar ondiep. De indeling in watervoerende en slecht-doorlatende lagen is gebaseerd op de hydrologische eigenschappen van de afzettingen.

De basis van het grondwaterreservoir wordt in het model gevormd door de Formatie van Boom , de zgn. Klei van Boom. De eerste, onderste watervoerende laag wordt gevormd door de Formatie van Berchem, de Formatie van Kattendijk en het onderste deel van de Formatie van Lillo , nl. het Lid van Oorderen. De eerste slecht-doorlatende laag bestaat uit het Lid van Kruisschans van de Formatie van Lillo. De tweede watervoerende laag bestaat uit het bovenste deel van de Formatie van Lillo , nl. de leden van Merksem en Zandvliet , en pleistocene zanden, indien ze voorkomen. De tweede slecht-doorlatende laag wordt gevormd door de klei-veen afzettingen. De derde watervoerende laag bestaat uit het alluviaal zand. De oude polderkleiafzettingen vormen de derde slechtdoorlatende laag. De vierde en bovenste watervoerende laag , het freatisch reservoir , bevindt zich in de opgehoogde terreinen. De hydrogeologische indeling is schematisch voorgesteld op Fig 4.2.

Niet alle lagen komen in het ganse modelgebied voor. Waar de veen- en kleiafzettingen en polderafzettingen ontbreken , zoals in het zuidoosten en noordwesten van het gebied , vormen de lagen 2 , 3 en 4 eigenlijk één enkele watervoerende laag. Deze lagen staan in het model dan ook in rechtstreeks contact.

A

B



AANVULLING : fijn zand

POLDERKLEI COMPLEX : zware klei tot zandleem

ALUVIAAL STROOMZAND : fijn zand met kleilenzen

VEEN-KLEI COMPLEX : combinatie veen-klei, sterk wisselende dikte

ZANDEN VAN ZANDVLIET : fijn zand met kleilenzen

ZANDEN VAN MERKSEM : fijn zand met schelpen en kleilenzen, onderaan kleiig

ZANDEN VAN KRUISSCHANS : afwisselend fijn zand en vette klei

ZANDEN VAN OORDEREN : fijn zand, schelpenbanken, bovenaan kleihoudend, onderaan schelpenbanken met kleilenzen

ZANDEN VAN KATTENDIJK : fijn zand, schelpen(banken), onderaan grind

ZANDEN VAN BERCHEM : fijn zand, plaatselijk kleilenzen, schelpen(banken), onderaan kleiig, onderaan grind

KLEI VAN BOOM

Schaal : A3=1 /10000 A4=1 /12500 0m 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen

BLOKVELD
BASF

BASF Antwerpen

BASF

CODE
00.01

M17 MER-Geologische samenstelling

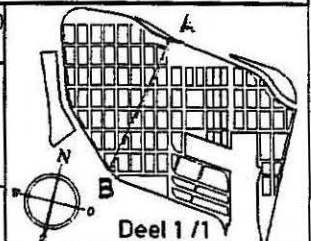


Fig. 4.2 Schematisering van het grondwaterreservoir in het mathematisch model.

4.4.2 Laagdikten

Om met de echte dikten van de lagen te kunnen rekening houden werd de top en de basis van de verschillende lagen gekarteerd. Hieruit konden de dikten van de verschillende lagen berekend worden. De dikte van de bovenste laag wordt bepaald door de stand van de watertafel. Deze dikte wordt door het model zelf berekend. De dikte van de verschillende watervoerende lagen is voorgesteld of Fig 4.3 tot 4.5.

4.4.3 Modelnetwerk

Het modelnetwerk is opgebouwd uit 128 kolommen , 120 rijen en 4 lagen. De kolommen liggen noord-zuid , de rijen west-oost. De breedte en hoogte van de cellen bedraagt 50 m.

De oriëntatie van het modelnetwerk is evenwijdig aan het Lambert-coördinatenstelsel.

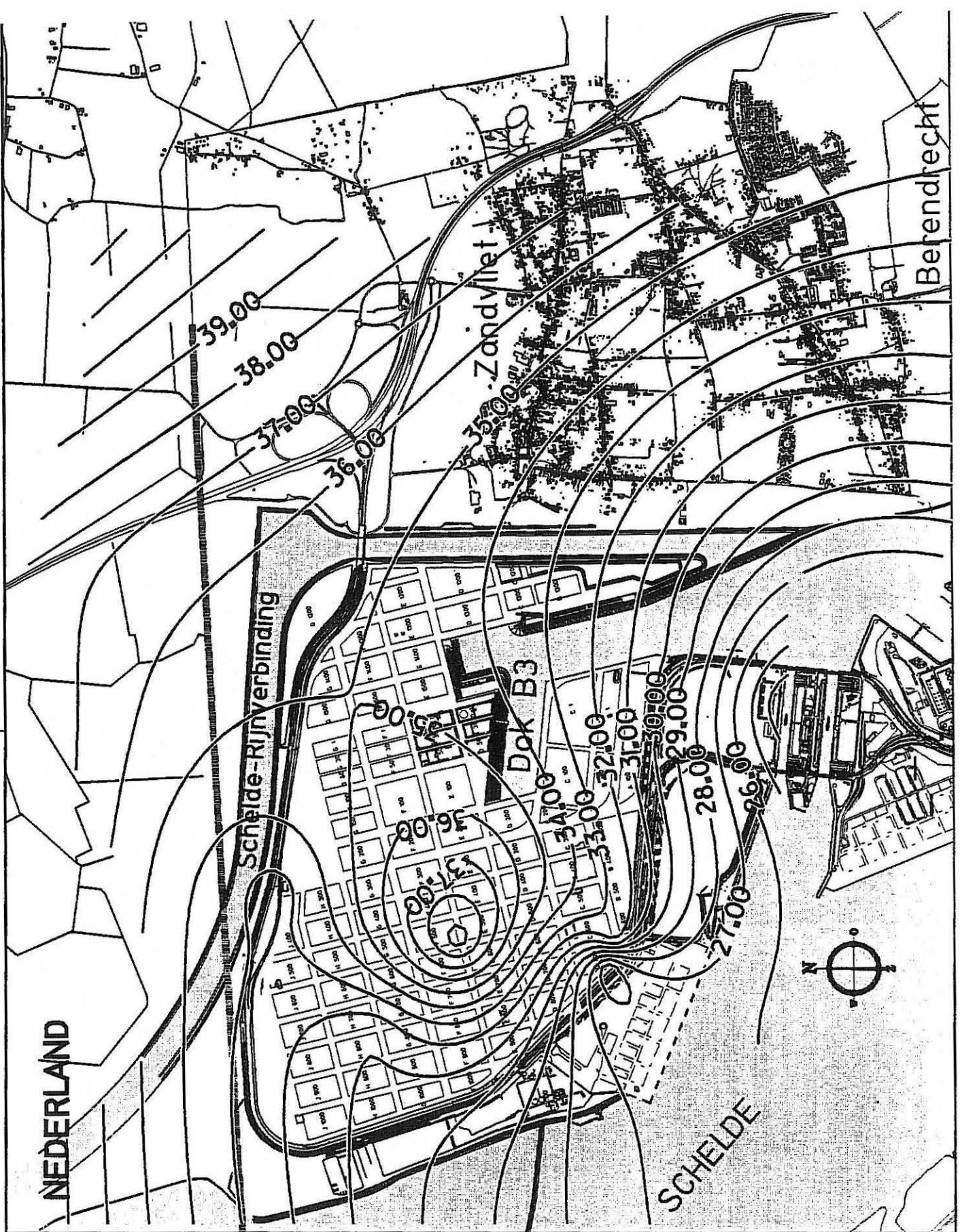
4.5 Ingevoerde gegevens

4.5.1 Hydraulische parameters

4.5.1.1 Horizontale doorlatendheden

De ingevoerde hydraulische parameters steunen grotendeels op de waarden verkregen uit de interpretatie van de pompproeven. In de onderste laag werd een doorlatendheid van 4.59 m /d ingevoerd , in de tweede laag 15.29 m/d en in de derde laag 1.894 m/d. Waar er pleistocene zanden voorkomen in laag 2 kregen deze een doorlatendheid van 30 m/d.

Uit de uitgevoerde slagtesten , die tot doel hadden de doorlatendheid van het freatisch reservoir te bepalen , was reeds gebleken dat de waarden sterk uiteen lagen. Dit wijst op het heteroog karakter van de opgehoogde terreinen. Het gemiddelde van de waarden bedroeg 13.06 m/d. De kleinste waarde was 1.2 m/d , de grootste 52.3 m/d. In het model werd één enkele gemiddelde waarde in de bovenste laag ingevoerd. Deze werd tijdens de calibratie aangepast tot 20 m/d.

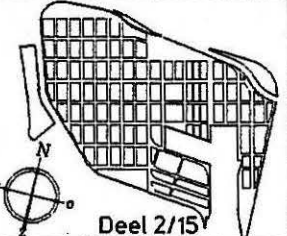


Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 4.3: Dikte (in m) van de watervoerende laag W1
(van -60 tot -30m TAW)



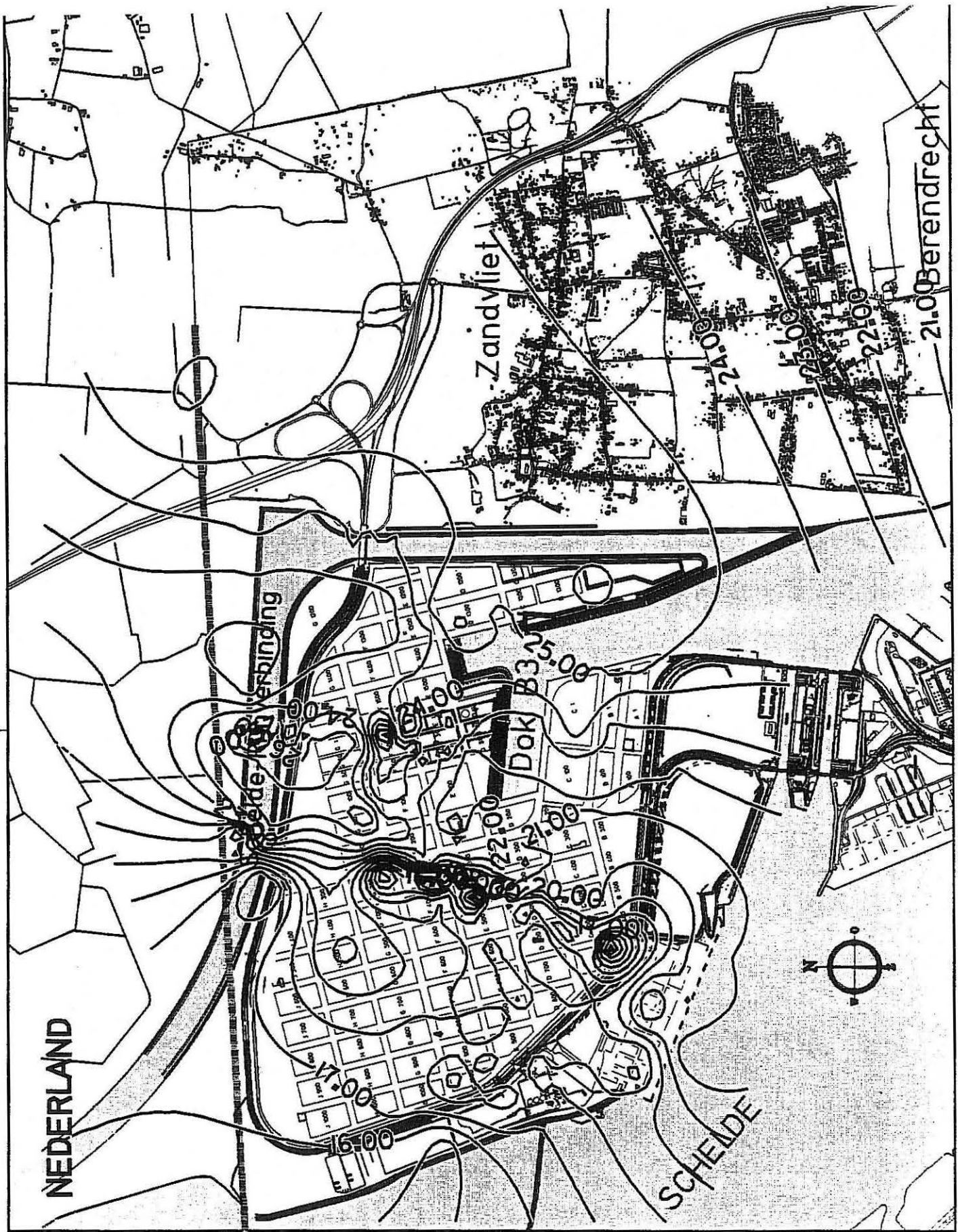
BASF

CODE
00.01

qM21 | MER-Grondwatersromingspatroon

Deel 2/15

ssier
tum



Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
 Scheldelaan 600
 B-2040 Antwerpen 4

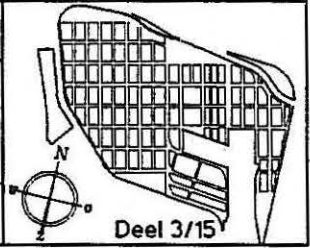
BLOKVELD
BASF
 CODE

Fig 4.4: Dikte (in m) van de watervoerende laag W2
 (van -25 tot -10m TAW)

BASF

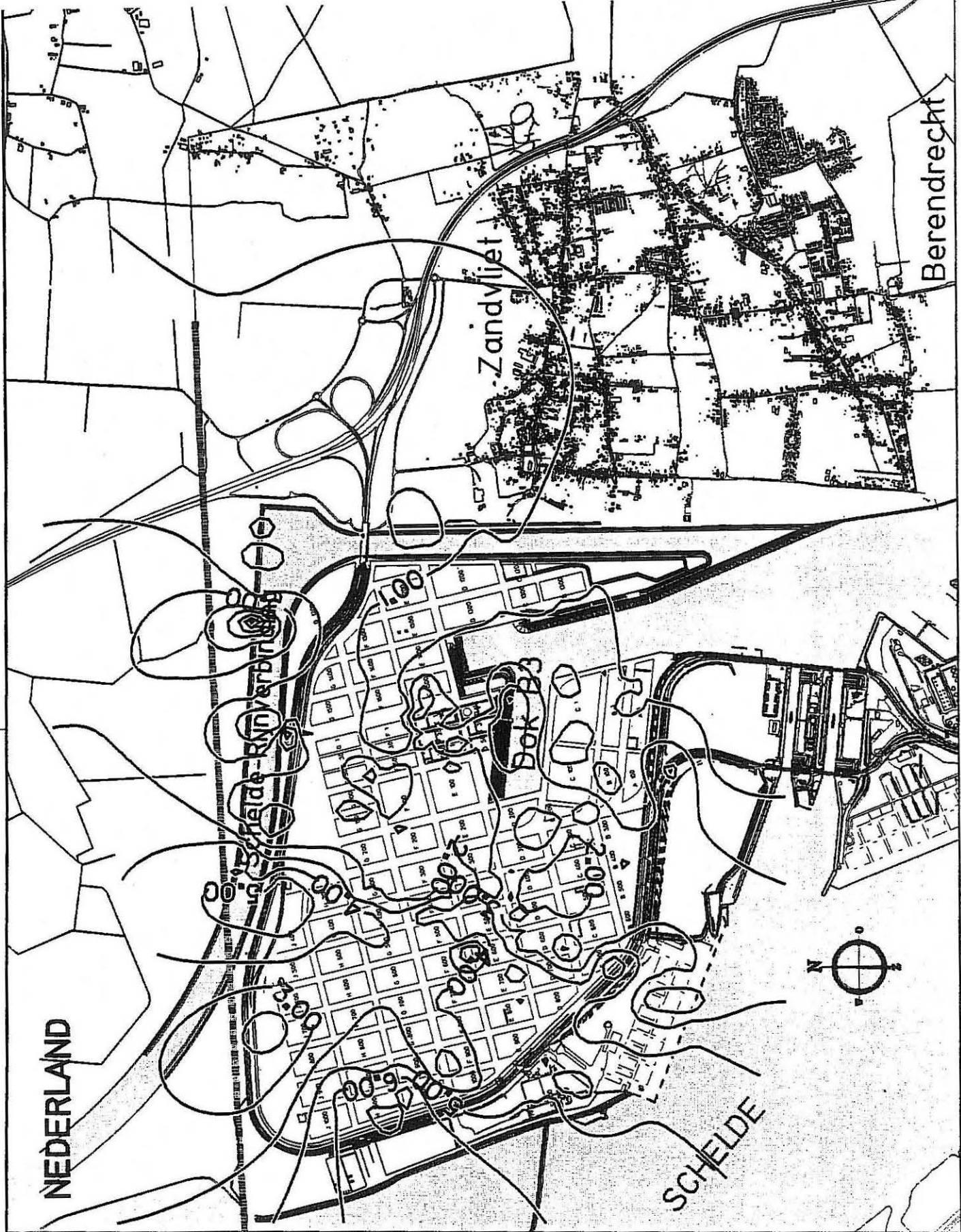
00.01

hM21 | MER-Grondwaterstromingspatroon



Deel 3/15

ssier
 tum

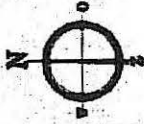


NEDERLAND

Berendrecht

Zandvliet

SCHELDE

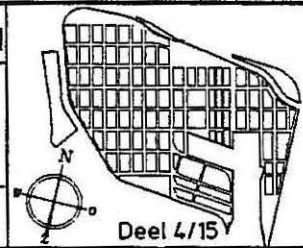


Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 4.5: Dikte (in m) van de watervoerende laag W3 (van +3 tot 0m)



BASF

CODE
00.01

xM21 | MER-Grondwaterstromingspatroon

ssier
tum

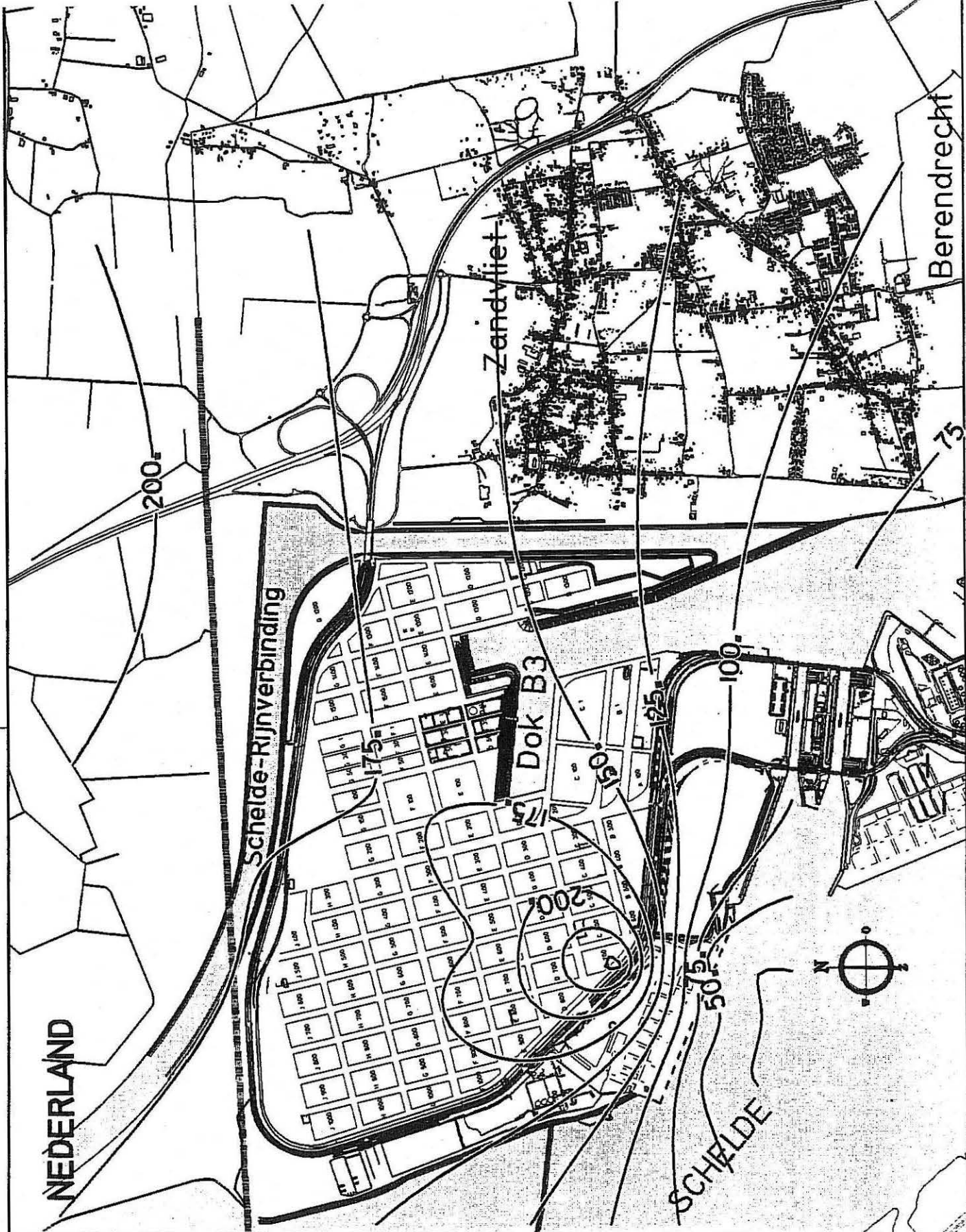
Tussen het grondwaterreservoir en de dokken en het Schelde-Rijn kanaal komt een hydraulische weerstand voor. Deze is afhankelijk van de manier waarop de kanaal- en dokwanden zijn aangelegd. De hydraulische contactfactor werd bepaald tijdens de ijking van het model door de stijghoogten van de peilbuizen dicht bij de dokken en het kanaal te vergelijken met het waterpeil in de dokken en het kanaal. Is er een groot verschil in peil tussen de peilbuis en het kanaal dan is het hydraulisch contact slecht. Er werd één konstante factor gebruikt langsheen heel de noord- en oostgrens van de BASF-terreinen. De transmissiviteit bedraagt er $2 \text{ m}^2/\text{d}$.

Langsheen de zuidwestzijde van de modelgebied komt de Schel dedijk voor. De top van de dijk bevindt zich op ongeveer +12. De dijk bestaat uit zand afgedekt met kleispecie. De doorlatendheid van de dijk werd tijdens de kalibratie bepaald en de transmissiviteit werd op $0.1 \text{ m}^2/\text{d}$ geschat.

Een apart probleem vormen de oude dijken in de ophogingen. Bij het aanbrengen van de ophogingen zijn de aanwezige dijken en wegeninfrastructuur niet verwijderd. Deze kunnen lokaal de grondwaterstroming in de bovenste laag beïnvloeden doordat ze de bovenste laag gedeeltelijk afsluiten. Zowel de doorlatendheid van de dijk als de diepte onder de watertafel bepalen dan in welke mate de stroming wordt beïnvloed. Gezien precieze gegevens niet voorhanden zijn werd enkel op de plaatsen waar de waargenomen stijghoogten abnormaal lijken, met de invloed van de oude dijken rekening gehouden. Deze worden in het model gebracht door de transmissiviteiten op de celgrenzen, die met het tracé van de dijk overeenkomen, te verlagen. Dit is het geval langsheen de noordwestzijde van de BASF-terreinen waar ook de hoogste peilen van de watertafel werden gemeten. Mogelijk belet hier een oude Schel dedijk de stroming naar het noordwesten wat tot een opbolling van de watertafel leidt. Deze ondergrondse dijk werd ingevoerd met een transmissiviteit van $0.1 \text{ m}^2/\text{d}$. De ligging ervan werd afgeleid van oude topografische kaarten.

4.5.1.2 Vertikale doorlatendheden

De ingevoerde verticale doorlatendheden steunen grotendeels op de waarden die uit de pomp-proeven verkregen zijn. De eerste slecht-doorlatende laag heeft een hydraulische weerstand van 52.91 d per meter dikte (Fig 4.6), het klei-veen complex, de tweede slechtdoorlatende

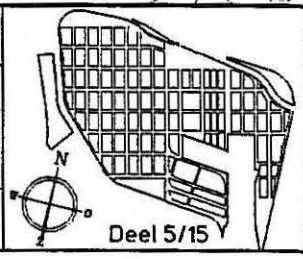


Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Schedelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF
CODE

Fig 4.6: Hydraulische weerstand (in dagen)
van het Lid van Kruisschans

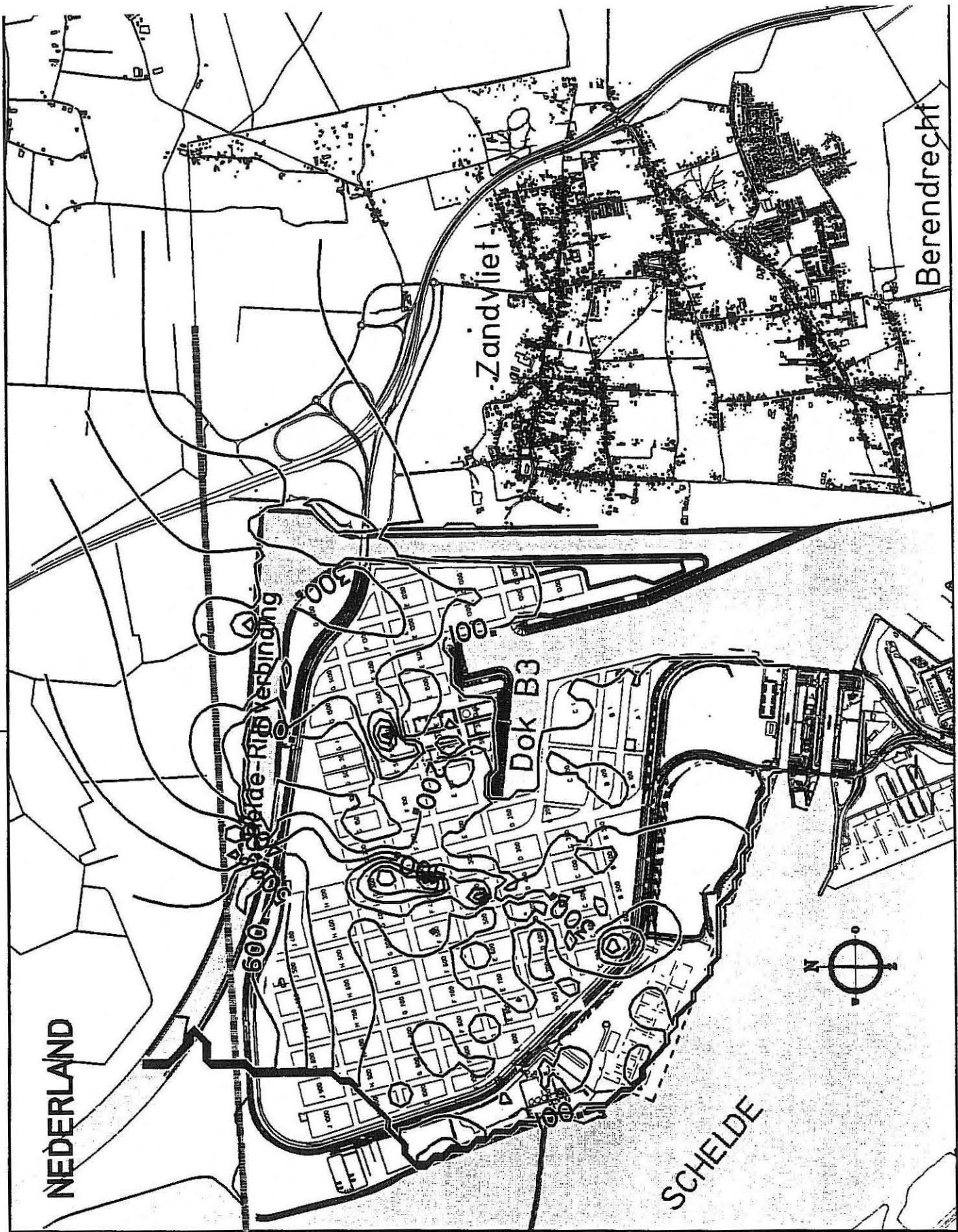


BASF

00.01 yM21 MER-Grondwatersromingspatroon

Deel 5/15

ssier
tum

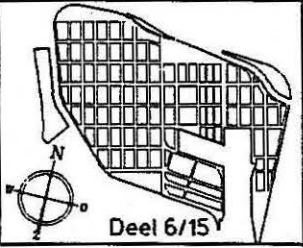


Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Scheidelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF
CODE

Fig 4.7: Hydraulische weerstand (in dagen)
van het veen-klei complex



Deel 6/15

BASF

00.01 zM21 | MER-Grondwatersromingspatroon

ssier
lum

laag , 69.44 d per meter dikte (Fig 4.7). Onder de Schelde-Rijnverbinding en onder de dokken werd een extra bodemweerstand van 10 d ingebouwd. De waarde van de polderafzettingen , de derde slecht-doorlatende laag , varieert naargelang van het gebied. In de Nederlandse polders werd een constante waarde van 2500 d toegekend. Onder de opgehoogde terreinen van BASF werd deze waarde vermeerderd met 12500 d. Deze waarde werd bepaald tijdens de ijking van het model.

4.5.2 Grensvoorwaarden

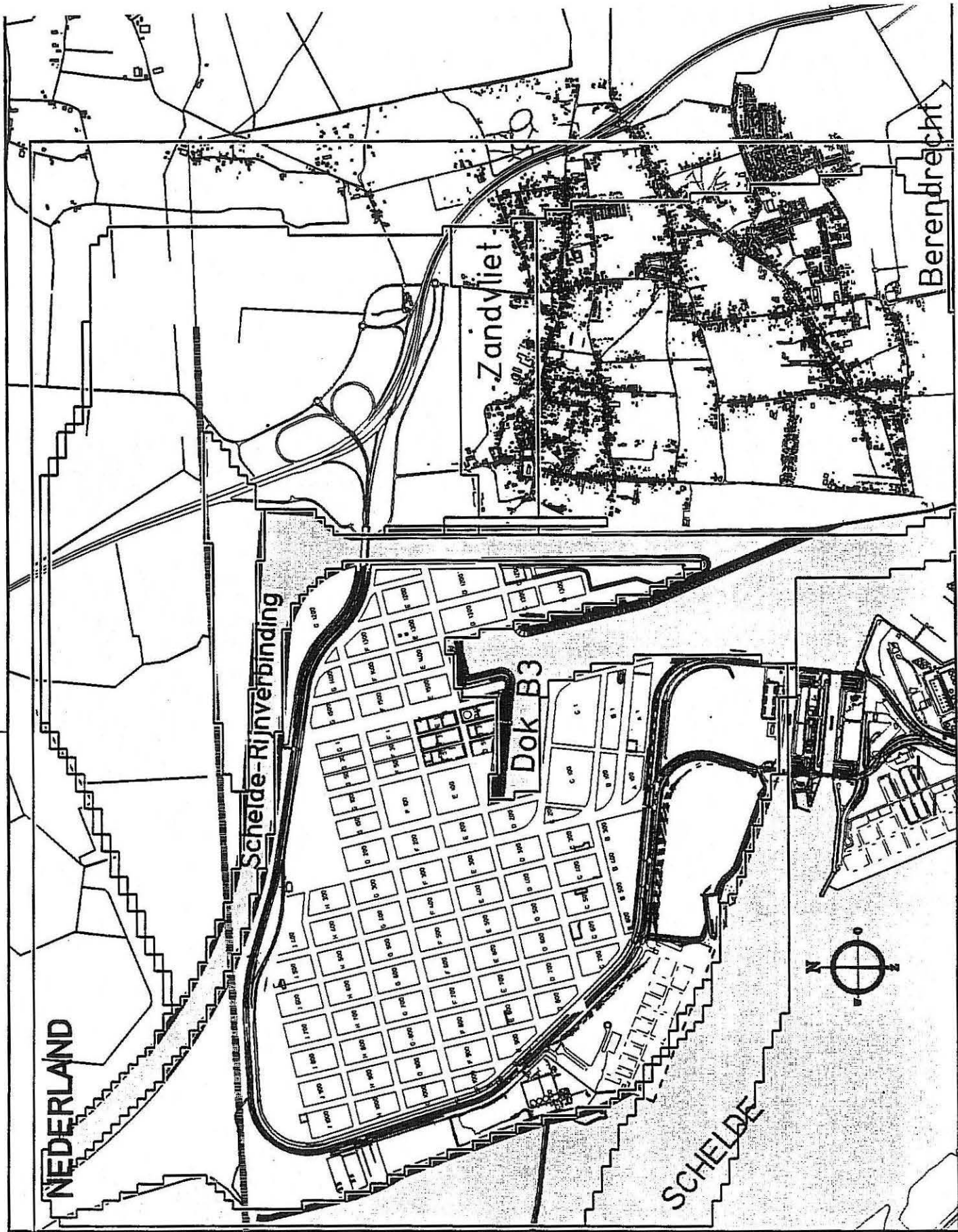
De zuid- en zuidwestgrens van het modelgebied worden gevormd door de Schelde. Aangezien de Schelde aan getijden onderhevig is , moet voor de berekening van de gemiddelde toestand (permanente stroming) een gemiddeld peil worden ingevoerd. Hier werd het gemiddelde tussen hoog- en laagwaterstand ingevoerd , nl +2.60 , hoewel de getijdenkurve van de Schelde niet volledig symmetrisch is. Dit peil werd als vaste stijghoogte in lagen 2 , 3 en 4 ingebouwd. De Scheldeloop is namelijk tot onder het veen-kleicomplex ingesneden.

Aan de westzijde wordt het modelgebied begrensd door een schorregebied. Deze zone loopt enkel bij hoogwater onder. Bij het dalen van het Scheldepeil naar laagwater daalt het waterpeil in deze schorrenafzettingen echter slechts langzaam. Het gemiddeld peil blijft in dit gebied dus steeds vrij hoog en werd op + 3.50 geschat.

De noordwestgrens ligt ten noorden van de Schelde-Rijnverbinding en wordt gevormd door de waterloop "de Kil". Deze werd als vaste stijghoogte in de bovenste laag ingevoerd op peil +2.04.

De noordgrens ligt in het Nederlands poldergebied. Langsheen de noordgrens werden vaste stijghoogten in alle lagen ingevoerd. Deze zijn afgeleid van peilmetingen in de peilbuizen 49G60 en 49G73 in Nederland. De gemeten stijghoogten werden gekorrigeerd voor het zoutgehalte. Deze ingevoerde stijghoogten zijn +2.00 in laag 4 (watertafel) , +2.05 in laag 3 , +2.10 in laag 2 en +2.20 in de onderste laag (laag 1).

Langs de oostgrens wordt aangenomen dat de modelgrens samenvalt met een stroomlijn en dus



Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
 Scheldelaan 600
 B-2040 Antwerpen 4

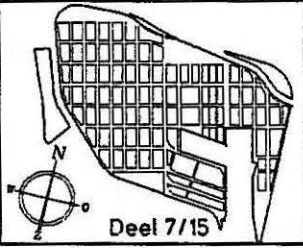
BLOKVELD
BASF
 CODE

Fig 4.8: In het model ingevoerde randvoorwaarden

BASF

00.01

zM21 MER-Grondwatersromingspaalroon



ssier
 um

ondoorlatend is. De zuidoostgrens wordt gevormd door een gracht ten zuiden van Zandvliet, die als vaste stijghoogtecellen op peil +2.50 in de bovenste laag werden ingevoerd.

4.5.3 Nuttige neerslag

De jaarlijkse aanvulling van de watertafel bedraagt 280 mm per jaar. Deze hoeveelheid werd tot de helft herleid boven de bebouwde zones. aangezien hier een deel van het neerslagwater wordt opgevangen. Deze reductie tot 50% is een ruwe schatting en is niet gesteund op waarnemingen of metingen.

4.5.4 Pumpingen

Bij de berekening van de "normale" situatie wordt aangenomen dat er binnen de BASF-terreinen geen pompingen en/of bemalingen worden uitgevoerd. Elke situatie met bemaling wordt als een kunstmatige ingreep op de "normale" toestand beschouwd.

Bij de simulatie van de bemaling die in het voorjaar van 1995 werd uitgevoerd , werd uit de cellen die met perceel G500 samenvallen een totaal debiet van 450 m³ per uur gepompt.

4.5.5 Waterlopen , kanalen en vaste stijghoogten.

De Schelde-Rijnverbinding , het kanaaldok en het dok B3 zijn in het model opgenomen als vaste stijghoogtecellen op peil +4.25. Afhankelijk van de bodemdiepte zijn ze ingesneden tot in de lagen 2 of 3.

Langsheen het kanaaldok en de Schelde-Rijnverbinding ligt een afwateringskanaal dat op een laag peil wordt gehouden. Dit werd in het model ingevoerd op een geschat peil van +2.50.

In het zuidoosten van het modelgebied werd de laaggelegen omgeving van een waterloop op peil +2.50 ingevoerd.

Aan de polders in het modelgebied werd een geschat gemiddeld polderpeil van +2.00 toege-

kend.

4.5.6 Referentievlak

In het model komt het referentievlak overeen met de top van de bovenste slecht-doorlatende laag. Wanneer de watertafel onder deze top daalt is er in de bovenste laag geen horizontale stroming meer mogelijk. Er kan dan enkel verticale stroming naar de onderliggende lagen optreden. In het poldergebied werd de top van de polderklei als referentievlak op peil +1.80 gekozen. Onder de BASF-terreinen ligt het referentievlak aan de top van de oude polderafzettingen. Waar er geen polderklei voorkomt werd het referentievlak arbitrair op +0.10 gelegd, onder de laagste stijghoogte die door het model in dat gebied wordt berekend.

4.5.7 Elastische bergingscoëfficiënten en bergingscoëfficiënt nabij de watertafel

Bij tijdsafhankelijke berekeningen moeten ook de bergingscoëfficiënten ingevoerd worden. Deze waarden zijn bepaald tijdens de pompproef. In de laag 1 werd een elastische bergingscoëfficiënt van 0.129×10^{-04} ingevoerd, in laag 2 0.249×10^{-04} in de lagen 3 en 4 0.269×10^{-03} . De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel bedraagt 0.10.

4.6 IJking van het model

Bij de ijking of calibratie van een mathematisch model worden tijdens opeenvolgende cycli de ingevoerde parameters aangepast, door de berekende stijghoogten te vergelijken met waargenomen stijghoogten en uit de verschillen correcties voor de ingevoerde gegevens af te leiden. Na herhaalde cycli bekomt men een optimale overeenkomst tussen berekeningen en waarnemingen. De ijking wordt dus altijd uitgevoerd door met een bepaalde waargenomen situatie te vergelijken. Het is daarom van belang dat de waarnemingen waarmee vergeleken wordt representatief zijn voor de toestand waarnaar gecalibreerd wordt; meestal is dit een gemiddelde toestand.

Hier werden de gemiddelde stijghoogten van de periode 1 december 1992 - 1 maart 1995 gebruikt. Gedurende deze periode werd er geen merkbare grote bemaling uitgevoerd in de

lagen 1 en 2.

4.7 Resultaten

4.7.1 Simulatie van de toestand zonder bemalingen

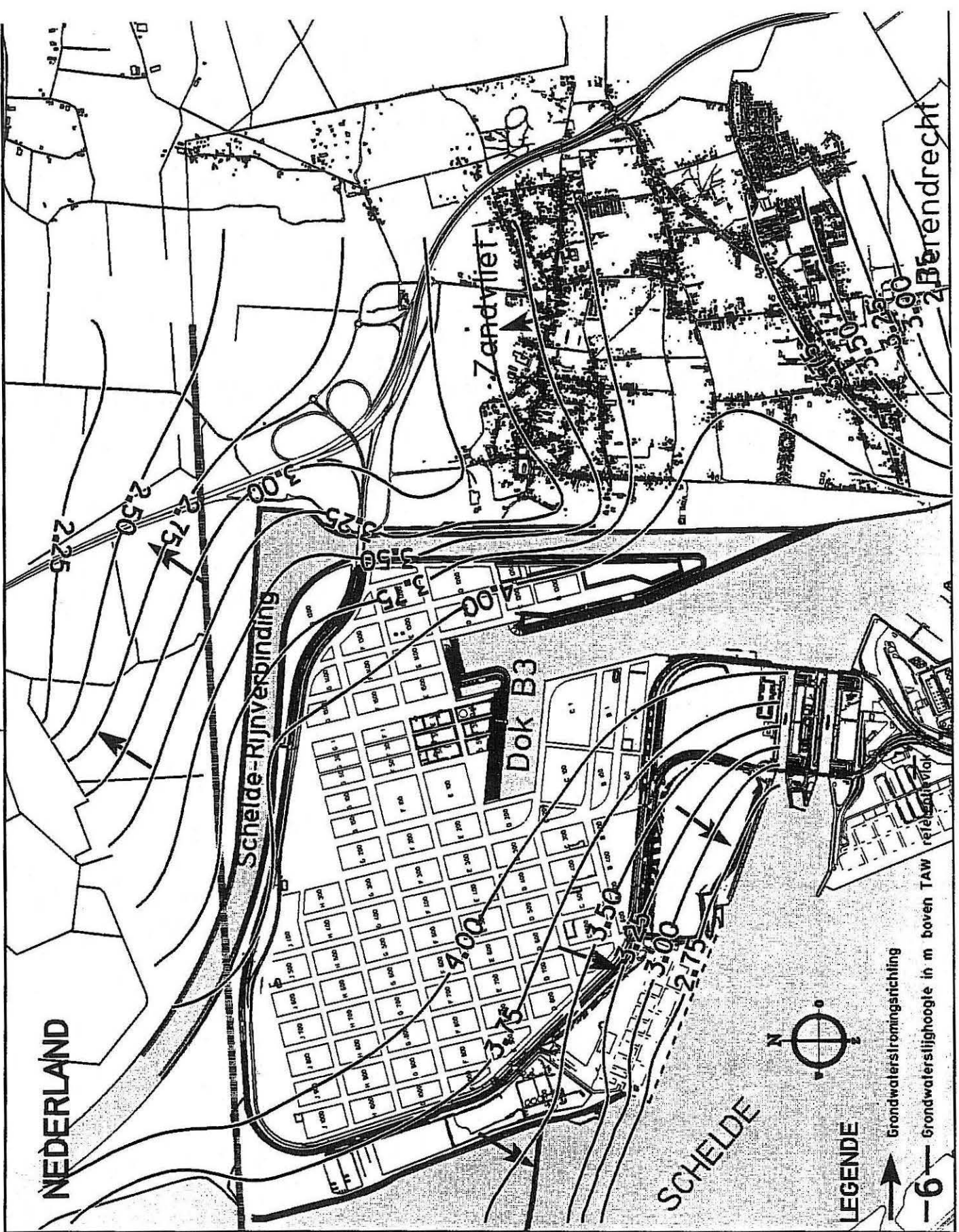
De berekende stijghoogten zijn voorgesteld op kaarten met lijnen van gelijke stijghoogten. De grondwaterstroming gebeurt loodrecht op deze lijnen en stroomt van hoge naar lage stijghoogte.

De hoogste stijghoogten in laag W1 (Fig 4.9) komen voor volgens een zuidoost-noordwest gerichte strook die van onder het dok B3 doorheen het noorden van de BASF-terreinen naar de noordwesthoek van de terreinen loopt waar de Schelde-Rijnverbinding dicht tegen het schorregebied ligt. Deze strook vormt een waterscheidingskam. Vanaf de noordflank is er een stroming naar het noorden toe, naar het poldergebied in Nederland. Daar komen de laagste peilen voor. Vanaf de zuidflank van de strook is de stroming naar de Schelde in het zuiden gericht. In het zuidoosten van het modelgebied, ten oosten van het kanaaldok, komt er een waterscheidingskam voor. Van onder de noordkant stroomt het grondwater in de richting van de polders, ten zuiden naar de waterloop die de zuidoostgrens van het model vormt.

Het berekende stromingspatroon is een gemiddelde toestand. Het is mogelijk dat bij lage en hoge waterstanden het stromingspatroon en meer bepaald het voorkomen en ligging van de waterscheidingskam, kan wijzigen.

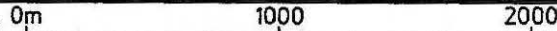
De stijghoogte- en stromingspatronen in de laag 2 (Fig 4.10) en laag 3 (Fig 4.11) zijn vrijwel analoog aan die van de laag 1. De stijghoogteverschillen tussen deze lagen zijn klein.

De berekende stijghoogten van de watertafel staan voorgesteld op fig 4.12. Het stromingspatroon in deze laag verschilt volledig van dat in de lagen 1, 2 en 3. De hoogste stijghoogten komen in de noordwesthoek van de bedrijfsterreinen voor. Van hieruit gebeurt de stroming naar het schorregebied in het zuidwesten, naar de Schelde in het zuiden en het dok B3 in het zuidoosten. Ook is er vanuit het noordwesten een stroming in oostelijke richting naar de



Schaal: A3=1/24000

A4=1/30000



BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

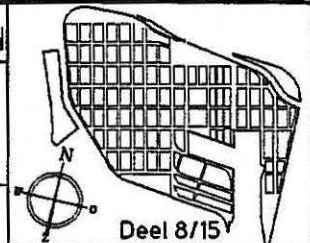
BLOKVELD
BASF
CODE

Fig 4.9 :Berekend grondwaterstromingspatroon
Slijghoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W1 (peil tussen -60 en -30m TAW)

BASF

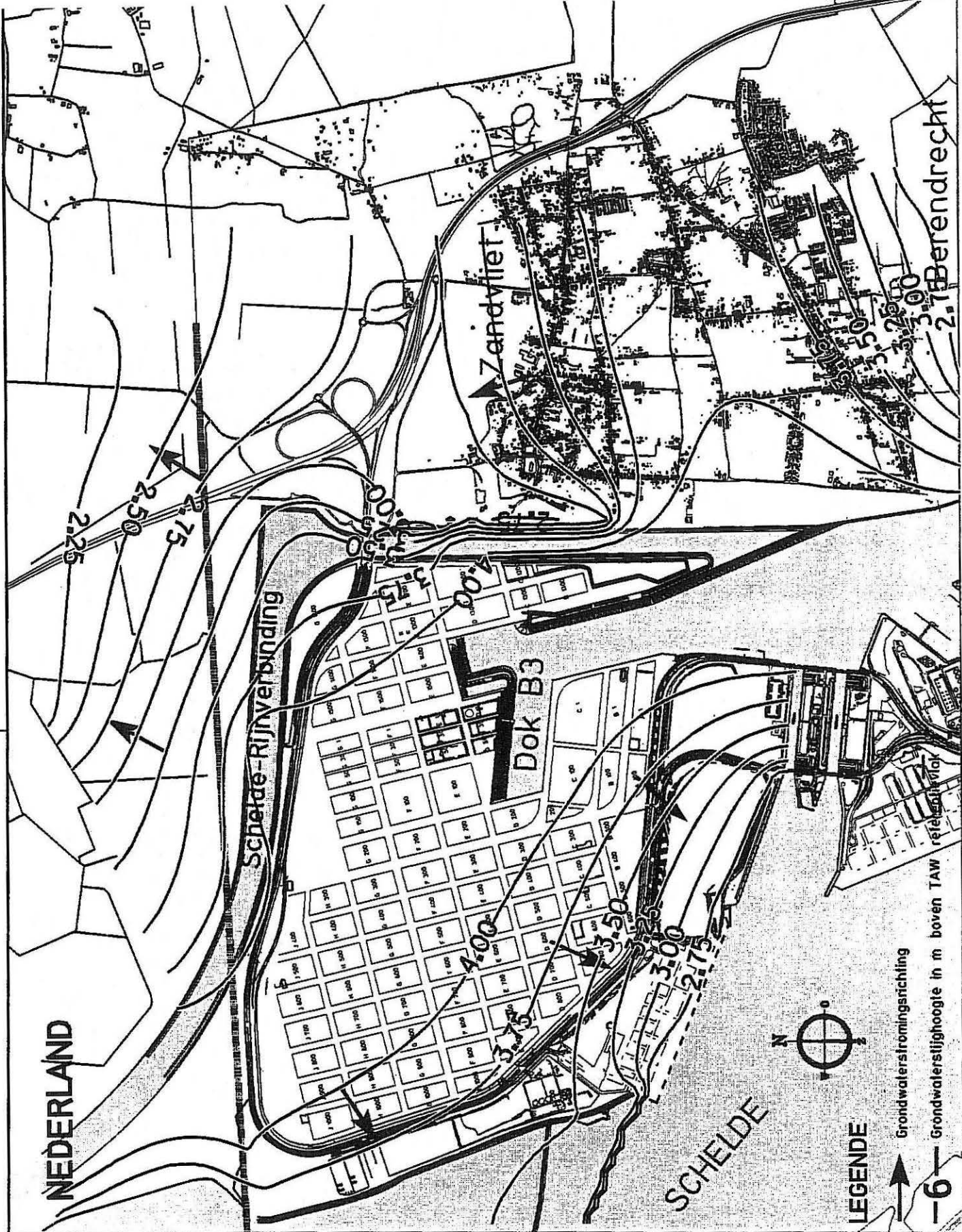
00.01

i M21 | MER-Grondwaterstromingspatroon



Deel 8/15

ssier
tum

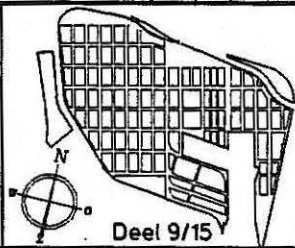


Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 4.10 : Berekend grondwaterstromingspatroon
Stijghoogten in m boven TAW referentieveld

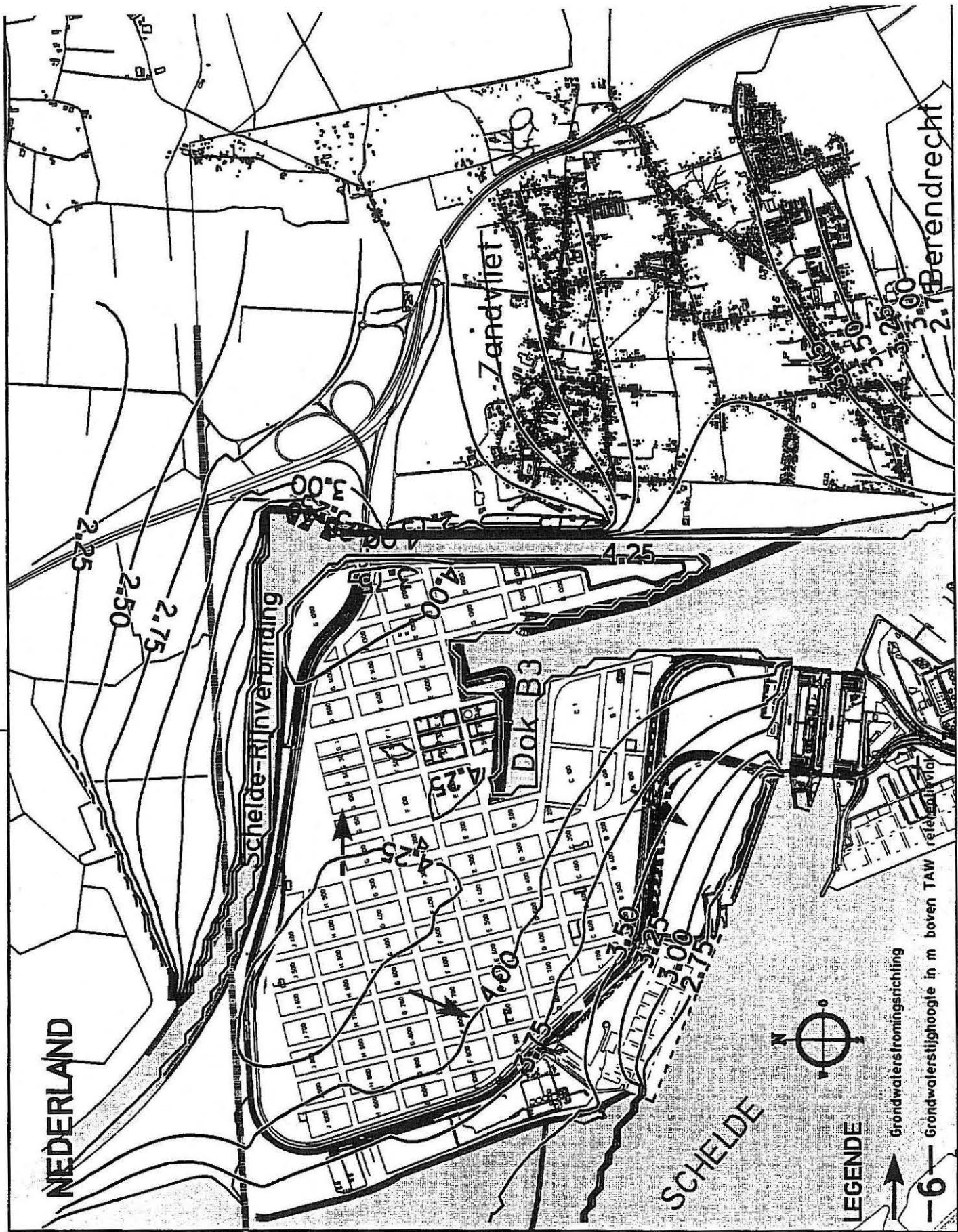


BASF

CODE
00.01

Laag W2 (peil tussen -25 en -10m TAW)
iM21 | MER-Grondwaterstromingspatroon

issier
tum



Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

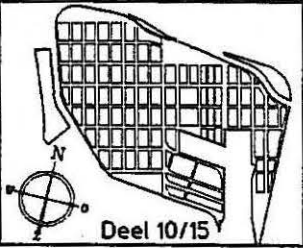
BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 4.11: Berekend grondwaterstromingspatroon
Stijghoogten in m boven TAW referentievak
Laag W13 (peil tussen 0 en +3m TAW)

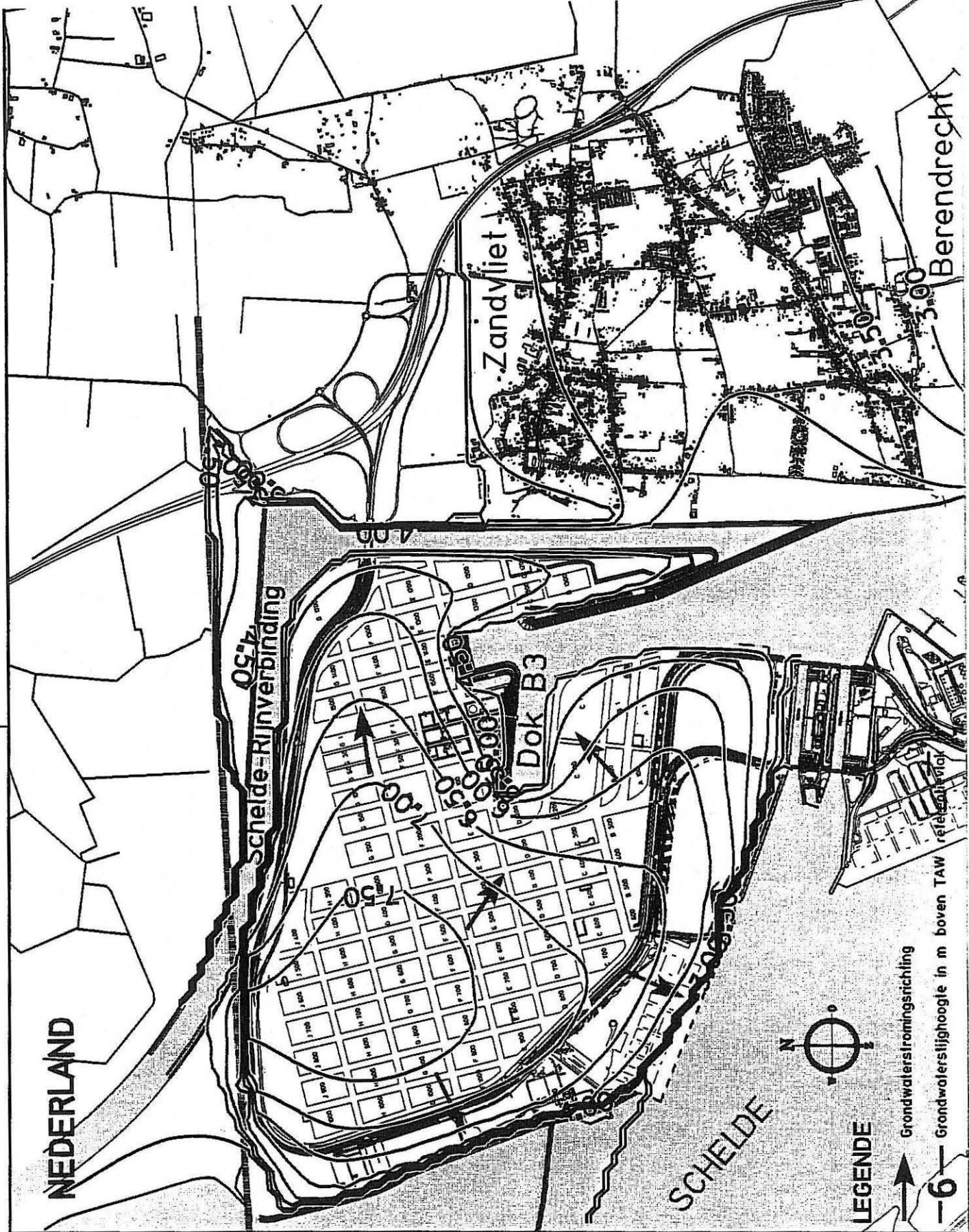
CODE
00.01

kM21 | MER-Grondwaterstromingspatroon



BASF

ssier
lum

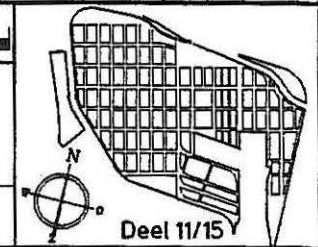


Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 4.12 : Berekend grondwaterstromingspatroon
Stijghoogten in m boven TAW referentievlaak
Laag W4 (peil tussen +4 en +10m TAW)



BASF

CODE
00.01

IM21 MER-Grondwaterstromingspatroon

ssier
tum

Berendrecht

LEGENDE
 ↑ Grondwaterstromingsrichting
 -6- Grondwaterslijfhoogte in m boven TAW

Schelde-Rijn verbinding toe. In de Nederlandse polders wordt de watertafel kunstmatig geregeld. In het model wordt een konstant polderpeil in heel het poldergebied aangenomen. In het zuidoosten vindt er een stroming plaats uit het dok B2 en de Schelde-Rijn verbinding naar de waterloop in het zuidoosten toe.

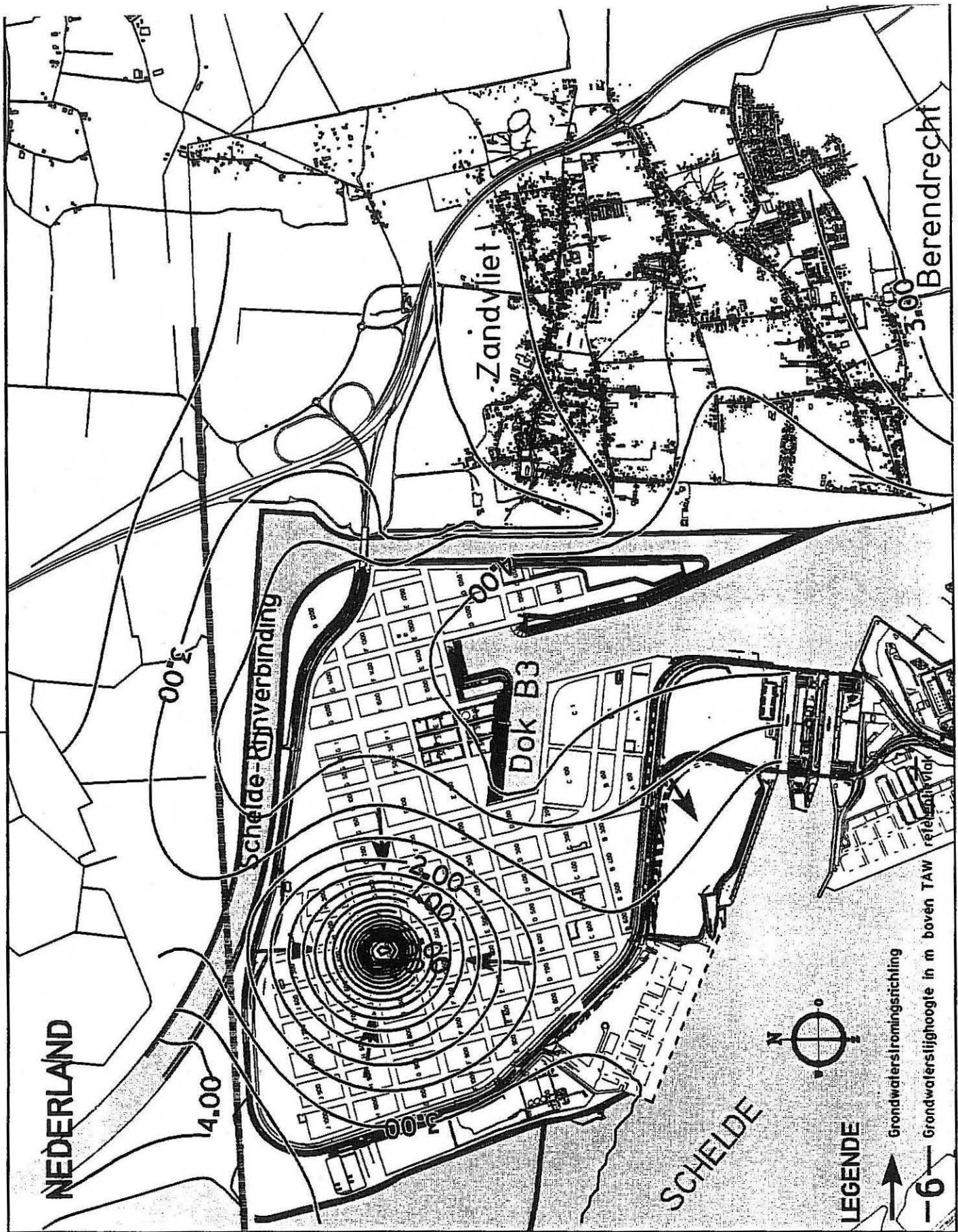
4.7.2 Simulatie van de toestand met een bemaling

Aangezien uit de stijghoogtemetingen gebleken is dat bemalingen het stromingspatroon in de laag 2, en waarschijnlijk ook in de lagen 1 en 3 drastisch veranderen, werd een simulatie uitgevoerd van een bemaling in laag 2 in het voorjaar van 1995. Volgens de opdrachtgever werd in die periode op verschillende percelen een gezamenlijk debiet van $450 \text{ m}^3/\text{uur}$ onttrokken. Omdat uit de stijghoogtemetingen blijkt dat er vooral in de omgeving van peilbuis 17W2 grote verlagingen optreden, werd het totale bemalingsdebiet op perceel G500 gelokaliseerd. Het is niet uitgesloten dat het bemalingsdebiet op dit perceel in werkelijkheid kleiner was. In dat geval zijn de berekende verlagingen te groot en de berekende stijghoogten te laag.

Deze simulatie is een tijdsafhankelijke berekening, waarbij de stijghoogten na 3 maanden pompen berekend werden. Het berekend stromingspatroon in laag 2 (Fig 4.13) geeft aan dat onder de terreinen van BASF de stroming radiaal naar de bemaling gericht is. Het stromingspatroon van de watertafel (Fig 4.14) wordt door deze bemaling weinig beïnvloed. De verlagingen in laag 2 (Fig 4.15) kunnen onder bijna het gehele terrein waargenomen worden. Dit wordt bevestigd door de stijghoogtemetingen. De daling van de watertafel is hooguit enkele tientallen cm (Fig 4.16).

Een bemaling met een debiet van 450 m^3 per uur verandert de stroming in de laag 2 grondig maar heeft weinig invloed op het stromingspatroon van de watertafel. Het is echter mogelijk dat bemalingen met groter debiet het stromingspatroon van de watertafel wel beïnvloeden.

4.7.3 Simulatie van de invloed van de getijdenwerking in de Schelde op het grondwaterreservoir



Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

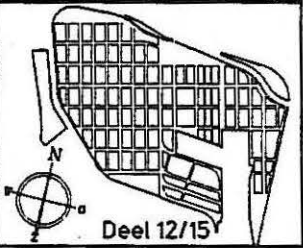
BLOKVELD
BASF

Fig 4.13 :Berekend grondwaterstromingspatroon van de toestand met bemaling op perceel G500
Stijghoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W2 (peil tussen -25 en -10m TAW)

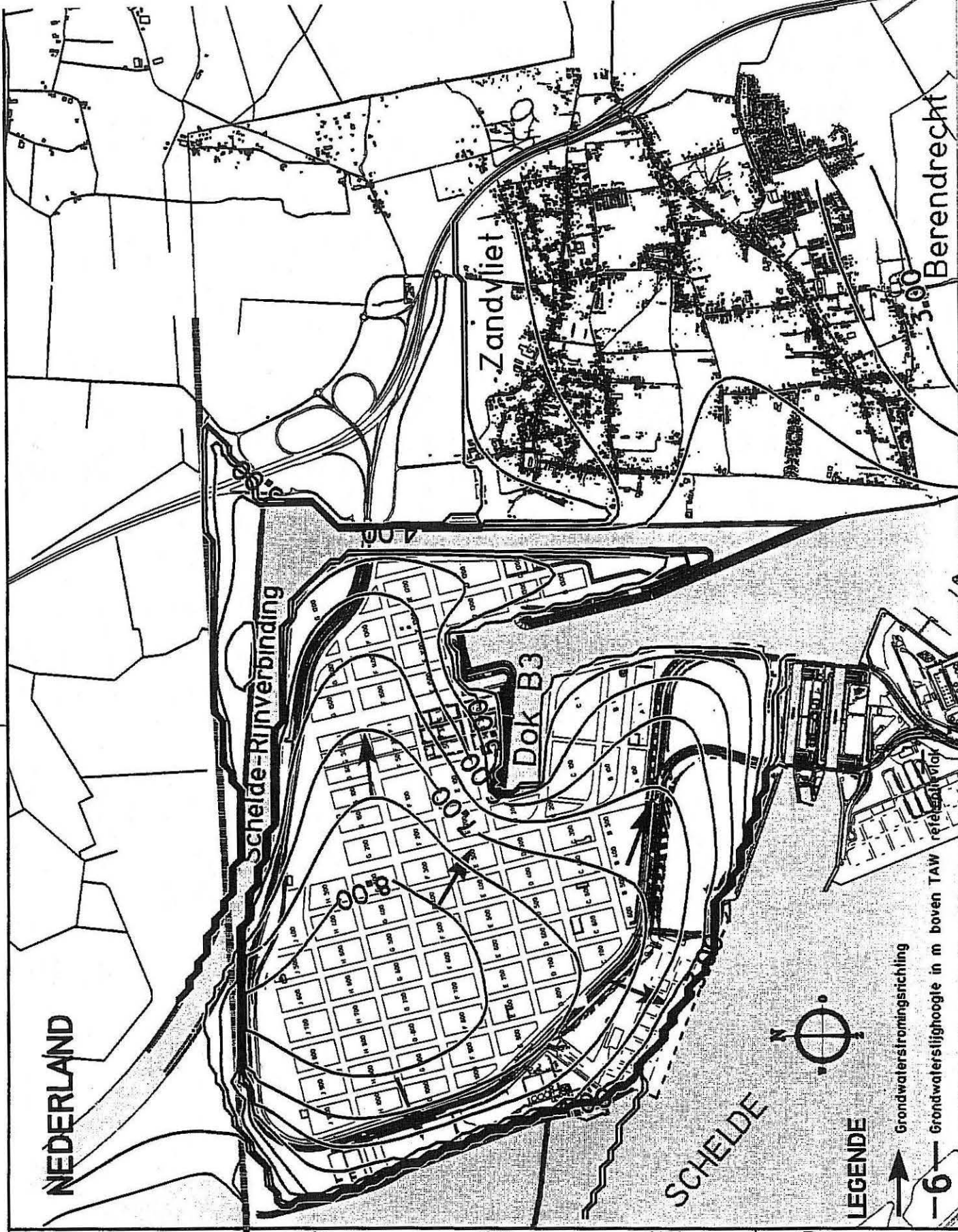
BASF

CODE
00.01

mM21 | MER-Grondwaterstromingspatroon



isier
um

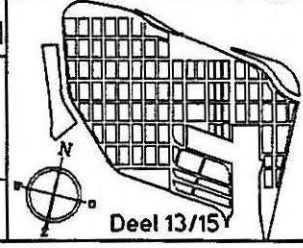


Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
Scheldelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 4.14 : Berekend grondwaterstromingspatroon van de toestand met bemaling op perceel G500
Stijghoogten in m boven TAW referentievlak
Laag W4 (peil tussen +4 en +10m TAW)

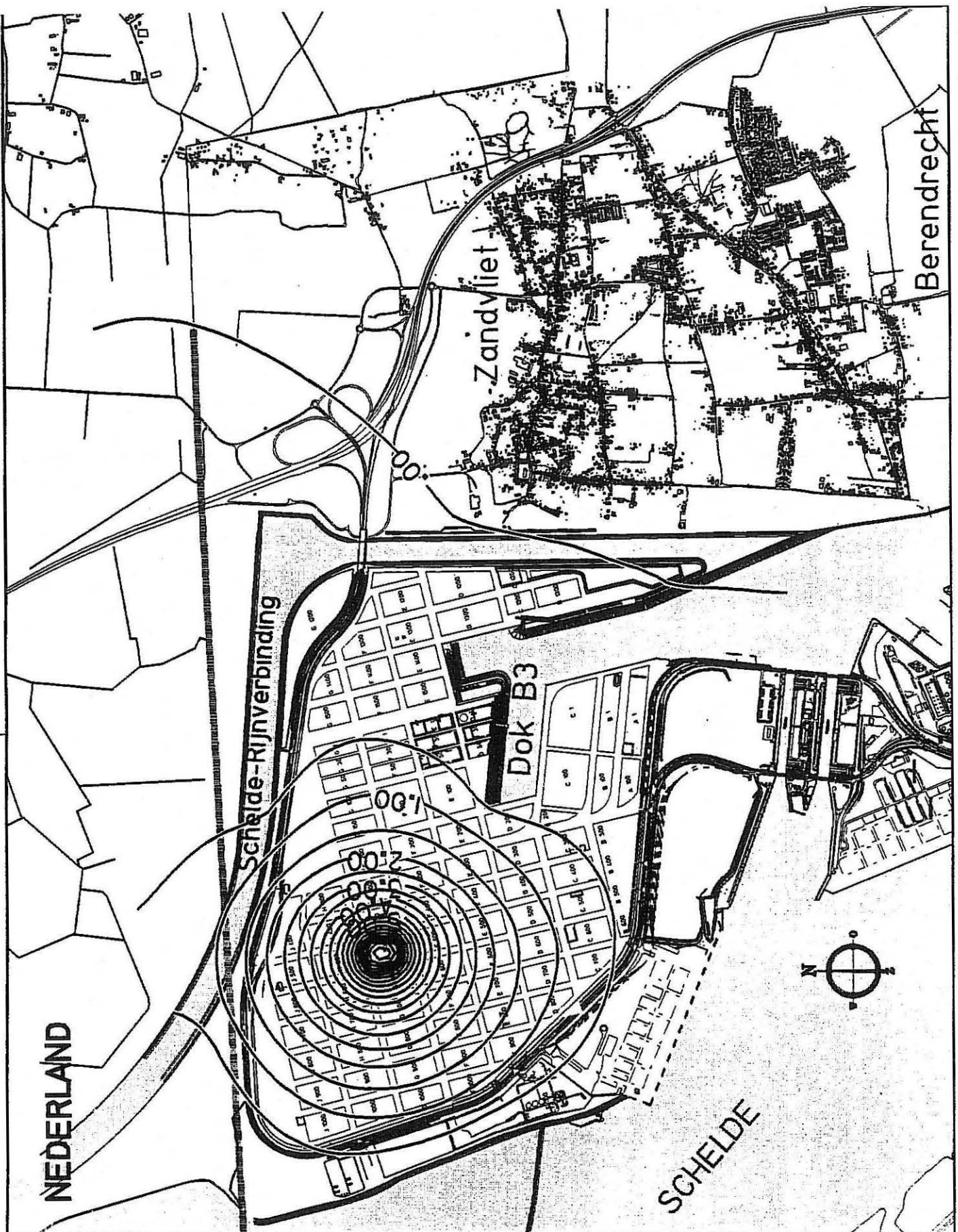


BASF

CODE
00.01

nM21 MER-Grondwaterstromingspatroon

ssier
tum



Schaal: A3=1/24000 A4=1/30000 0m 1000 2000

BASF Antwerpen N.V.
 Scheldelaan 600
 B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

Fig 4.15: Berekende grondwaterverlagingen (in m) van de toestand met bemaling op perceel G500 na 3 maanden pompen

CODE

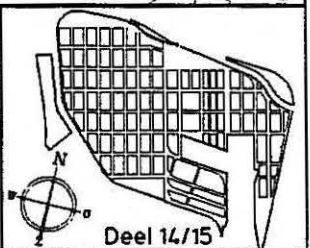
Laag W2 (peil tussen -25 en -10m TAW)

BASF

00.01

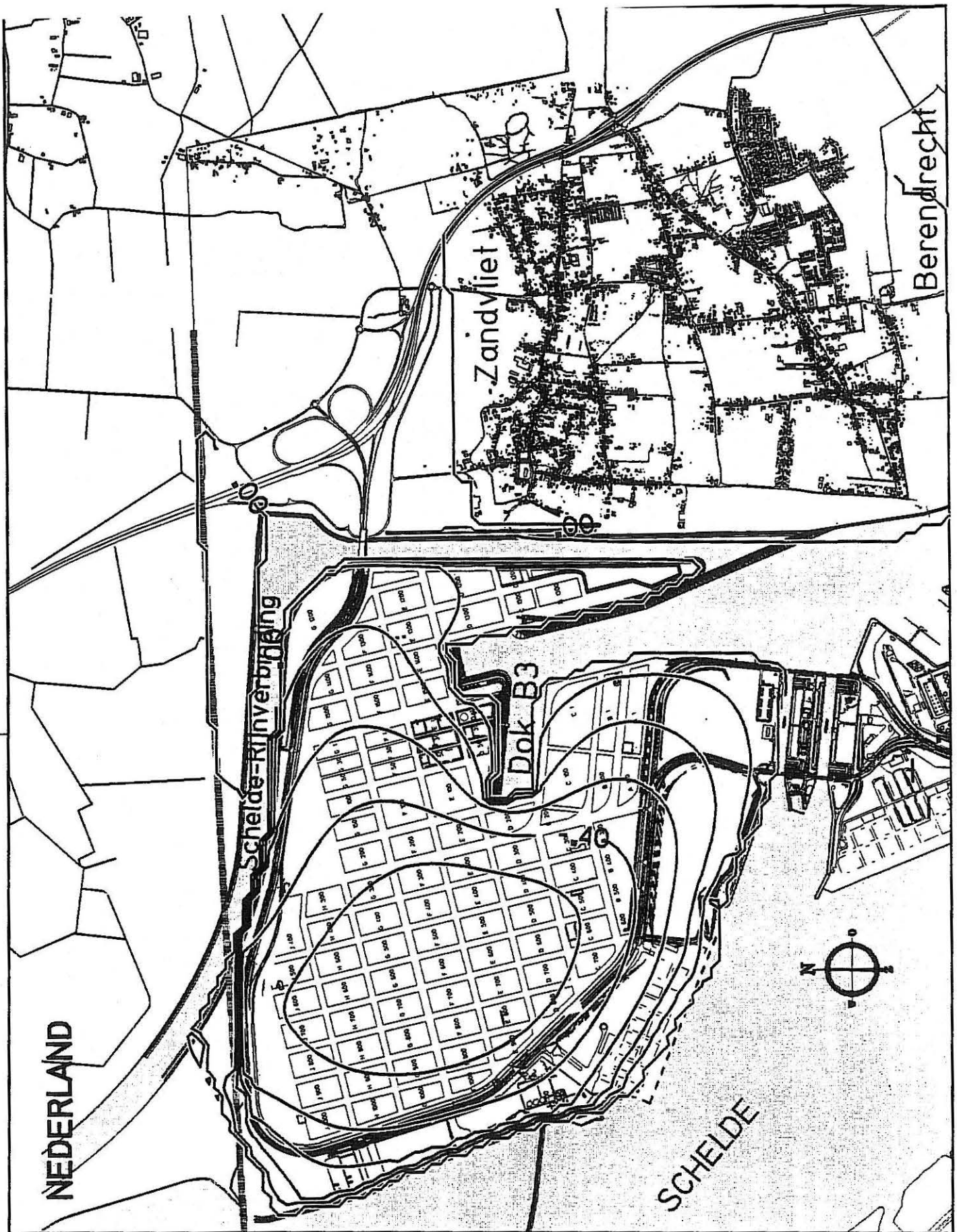
oM21

MER-Grondwaterstromingspatroon



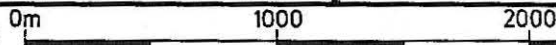
Deel 14/15

ssier
um



Schaal: A3=1/24000

A4=1/30000



BASF Antwerpen N.V.
Scheidelaan 600
B-2040 Antwerpen 4

BLOKVELD
BASF

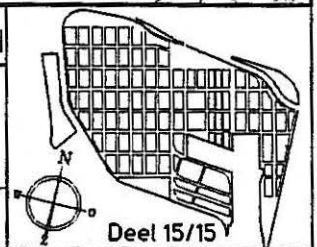
Fig 4.16: Berekende grondwaterverlagingen (in m)
van de toestand met bemaling op perceel G500
na 3 maanden pompen

Laag W4 (peil tussen +4 en +10m TAW)

BASF

CODE
00.01

pM21 | MER-Grondwatersstromingspatroon



Deel 15/15

4.7.3.1 Inleiding

De nabijheid van de aan getijden onderhevige Schelde heeft zijn invloed op de stroming in het grondwaterreservoir. Van 29 april 1992 tot 13 mei 1992 werd op de peilputten 6W1 en 6W4 een continue opmeting van de stijghoogten uitgevoerd. Van 27 augustus 1992 tot 10 september 1992 werd dit gedaan op peilput 6W2. De resultaten zijn opgenomen in het verslag van de terrein en laboratoriumwerkzaamheden van de "Hydrogeologische studie van de bedrijfsterreinen van B.A.S.F. Antwerpen N.V. (DE BREUCK, e.a.,1994). Uit de metingen blijken de peilen in peilbuizen 6W1 en 6W2 met de getijden te schommelen. Tweemaal per dag wordt een hoge en een lage stand bereikt. Hierbij zijn de waargenomen schommelingen in laag W1 groter dan in laag W2. Op deze dagelijkse getijdenschommelingen zijn langdurige variaties gesuperponeerd. Deze meerdaagse fluktuaties kunnenverband houden met de maandelijke cyclus van spring- en doottij. Gedurende de waarnemingsperiode zijn ze vooral te wijten aan wijzigingen in het debiet van de bemaling die toen op de terreinen plaatshad. Peilbuis 6W4 vertoonde geen schommelingen. De getijdenwerking in de freatische laag wordt snel gedempt door de berging nabij de watertafel. Er bestaat bovendien een tamelijk grote hydraulische weerstand tussen de bovenste laag en de diepere lagen van het reservoir.

4.7.3.2 Mathematisch model

Om de preciese invloed van de getijdenwerking van de Schelde op de stroming onder de bedrijfsterreinen na te gaan, werd met een eenvoudig mathematisch model de getijdenwerking nagebootst. Het simuleren van de getijdenwerking houdt in dat met het model een tijdsafhankelijke simulatie wordt uitgevoerd, waarbij tijdens opeenvolgende korte tijdsintervallen het waterpeil in de Schelde aangepast wordt en de stijghoogten in het model worden berekend. Om praktische redenen werd ervoor gekozen deze berekeningen met een schematisch model uit te voeren, waarbij wel met de echte dikten en hydraulische parameters van de lagen wordt rekening gehouden maar waarbij enkel een doorsnede loodrecht op de Schelde wordt gemodelleerd. Deze doorsnede loopt vanaf de Schelde in het zuiden, langsheen peilbuizen 6W1 en 6W2, tot aan de Schelde - Rijnverbinding in het noorden. De lengte en breedte van de cellen bedraagt 100 m. In het model zijn 4 watervoerende lagen opgenomen. Ze komen overeen met de lagen in het stromingsmodel. De onderste laag heeft een constante dikte van 30 m en een

doorlatendheid van 4.59 m/d. De eerste slecht-doorlatende laag heeft een constante hydraulische weerstand van 250 d. De tweede watervoerende laag heeft een dikte van 20 m en een doorlatendheid van 15.2 m/d. De tweede slecht-doorlatende laag heeft een hydraulische weerstand van 500 d. De derde watervoerende laag heeft een dikte van 2 m en een doorlatendheid van 1.89 m/d. De derde slecht-doorlatende laag heeft een weerstand van 12500 d, onder de Schelde-Rijnverbinding slechts 500 d (de polderklei is hier doorsneden). De bovenste laag heeft een doorlatendheid van 20 m/d. De Schelde is tot in de tweede laag ingegraven. Het gemiddelde peil bedraagt +2.60. De Schelde - Rijn verbinding is tot in de derde laag aanwezig en bevindt zich op peil +4.25. Bij tijdsafhankelijke simulaties moeten de elastische bergingscoëfficiënten van de doorlatende lagen ingevoerd worden. Deze werden afgeleid uit de pompproeven. In de onderste laag bedraagt de bergingscoëfficiënt 0.129×10^{-4} . In de tweede laag werd de bergingscoëfficiënt van de pompproef (0.249×10^{-4}) verdubbeld, aangezien ten oosten van de peilputten 6W1 en 6W2 er onder het klei-veen complex pleistocene afzettingen voorkomen, die waarschijnlijk een hogere waarde voor deze parameter hebben. In de derde en vierde watervoerende lagen werd 0.269×10^{-3} ingevoerd. De bergingscoëfficiënt nabij de watertafel bedraagt 0.10.

De getijden werden a.h.v. 3 verschillende sinusoidale cycli gesimuleerd:

1°. De half-dagelijkse hoogwater-laagwatercyclus, met een periode van 12 uur en 25 minuten en een amplitude van 4.64 m. De gemiddelde hoogwaterstand bedraagt +4.92, de gemiddelde laagwaterstand +0.28. De werkelijke tijkromme is geen symmetrische sinusgolf. In realiteit duurt de stijging 5 uur 39 minuten, de daaropvolgende daling 6 uur 46 minuten.

2°. De springtij-doodtijcyclus. Deze cyclus heeft een periode van 28 dagen en een amplitude van 23.5. Het gemiddelde Scheldepeil ligt bij springtij 23.5 cm hoger dan bij doortij.

3°. Een 28 dagen-cyclus die de amplitude van de half-dagelijkse hoog-laagwatercyclus moduleert. Bij springtij bedraagt de amplitude 5.20 m, bij doortij 3.85 m.

Deze gegevens werden afgeleid van de lokale gemiddelde tijkromme in de Schelde ter hoogte van de Prosperpolder.

Er werden 3 verschillende simulaties uitgevoerd:

1°. Een berekening van een gemiddelde hoog-laagwatercyclus (amplitude 4.64 m) , gesuperponeerd op het gemiddeld Scheldepeil (+2.60). Hierbij wordt om het half uur een stijghoogteverdeling berekend.

2°. Een berekening van de springtij-doodtij cyclus , gesuperponeerd op het gemiddeld Scheldepeil (+2.60). Hierbij wordt elke dag een stijghoogteverdeling berekend.

3°. Een berekening waarbij met de 3 cycli wordt rekening gehouden. Het fluctuerend Scheldepeil is voorgesteld op fig 4.17. Hierbij wordt gedurende één volledige springtij-doodtij cyclus (28 dagen) om het half uur een stijghoogteverdeling berekend.

4.7.3.3 Resultaten

De berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. de hoog-laagwatercyclus werden voorgesteld in tijd-stijghoogtegrafieken die de stijghoogten in functie van de tijd weergeven op verschillende afstanden van de Schelde. De berekende kurven voor afstanden tot 800 m van de Schelde zijn voorgesteld voor laag 1 (Fig 4.18) en 2 (Fig 4.19). Op de grafieken komt elk symbool met een berekende tijdstap overeen. De berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. springtij-doodtij cyclus zijn voorgesteld voor laag 1 (Fig 4.20) en laag 2 (Fig 4.21). Deze grafieken geven aan dat de schommelingen afnemen naarmate men zich van de Schelde verwijdt. De berekende amplitudes op verschillende afstanden van de Schelde voor zowel de hoog-laagwatercyclus als de springtij-doodtijcyclus werden voorgesteld op fig 4.22. De berekende stijghoogten op de plaatsen van peilbuizen 6W1/6W2 (Fig 4.23 en 4.24) en 17W2 (Fig 4.25) werden voorgesteld als tijd-stijghoogtegrafieken. Tenslotte werden voor de gemiddelde hoog-laagwatercyclus de verhanglijnen langs de Schelde uitgezet tijdens het stijgen van het waterpeil naar hoogwaterstand (Fig 4.26) en het dalen naar laagwaterstand (4.27).

Uit het verloop van de kurven kan men het volgende besluiten:

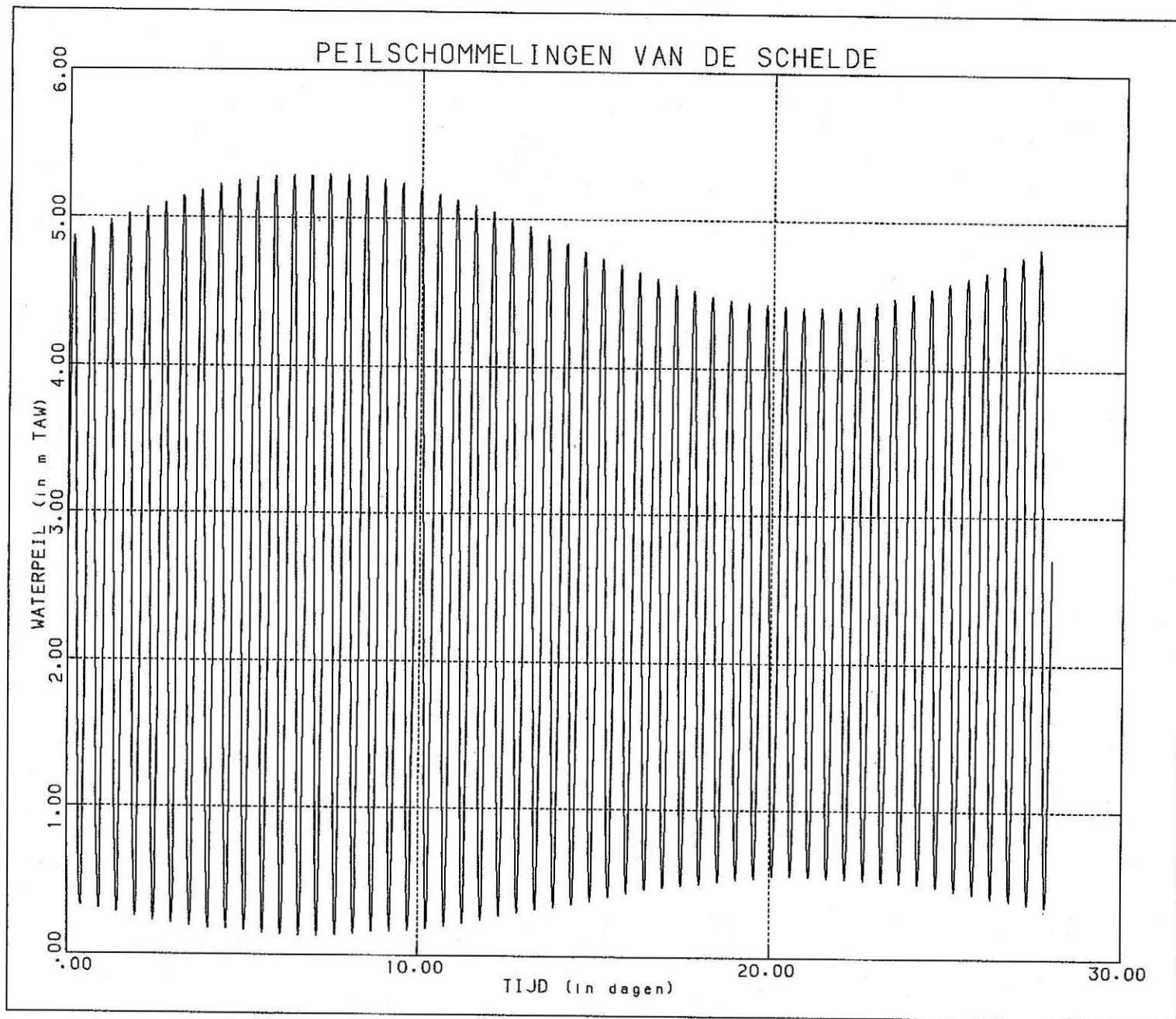


Fig. 4.17 Berekende peilschommelingen in de Schelde

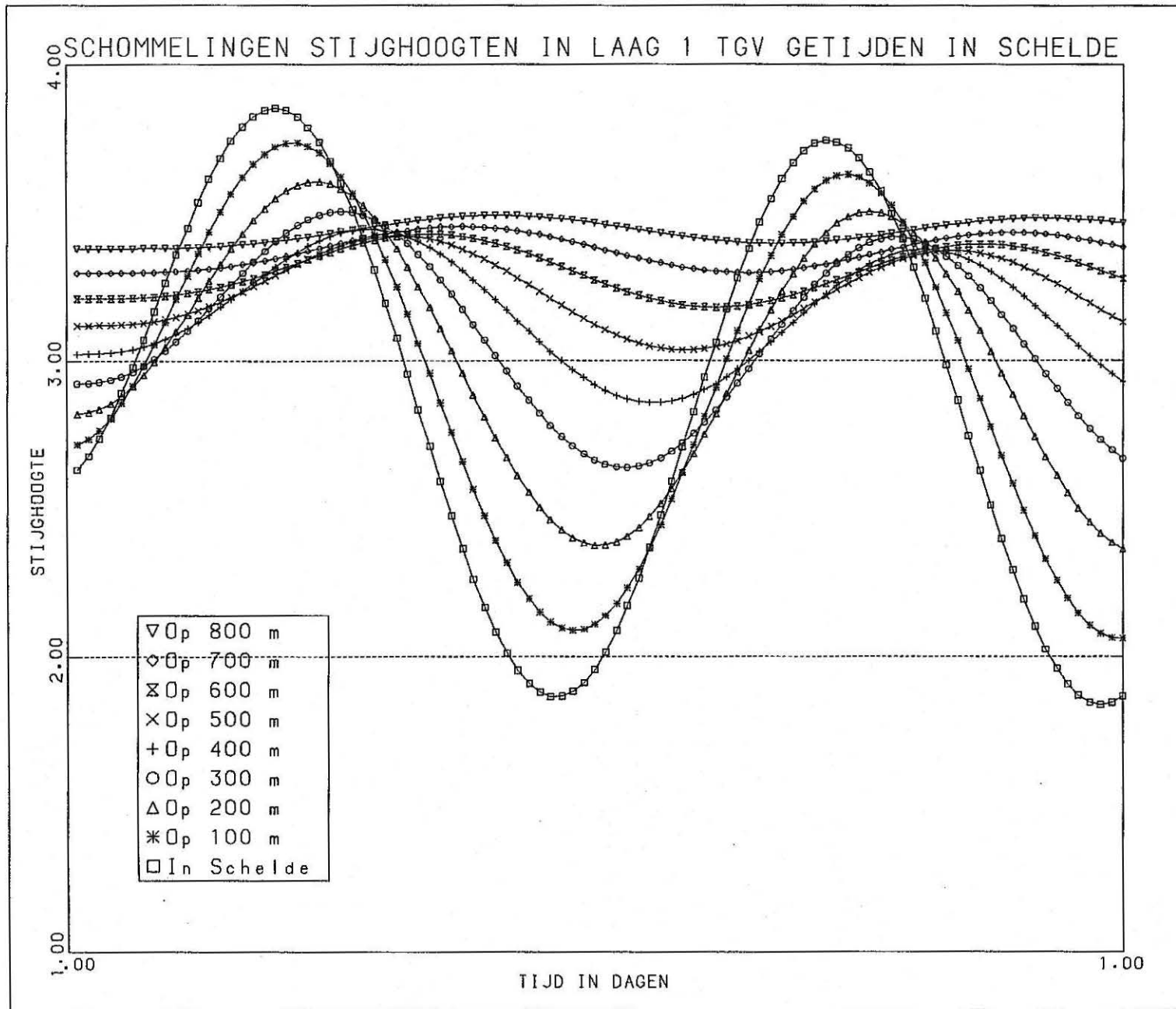


Fig. 4.18 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. hoog-laagwatercyclus in laag W1

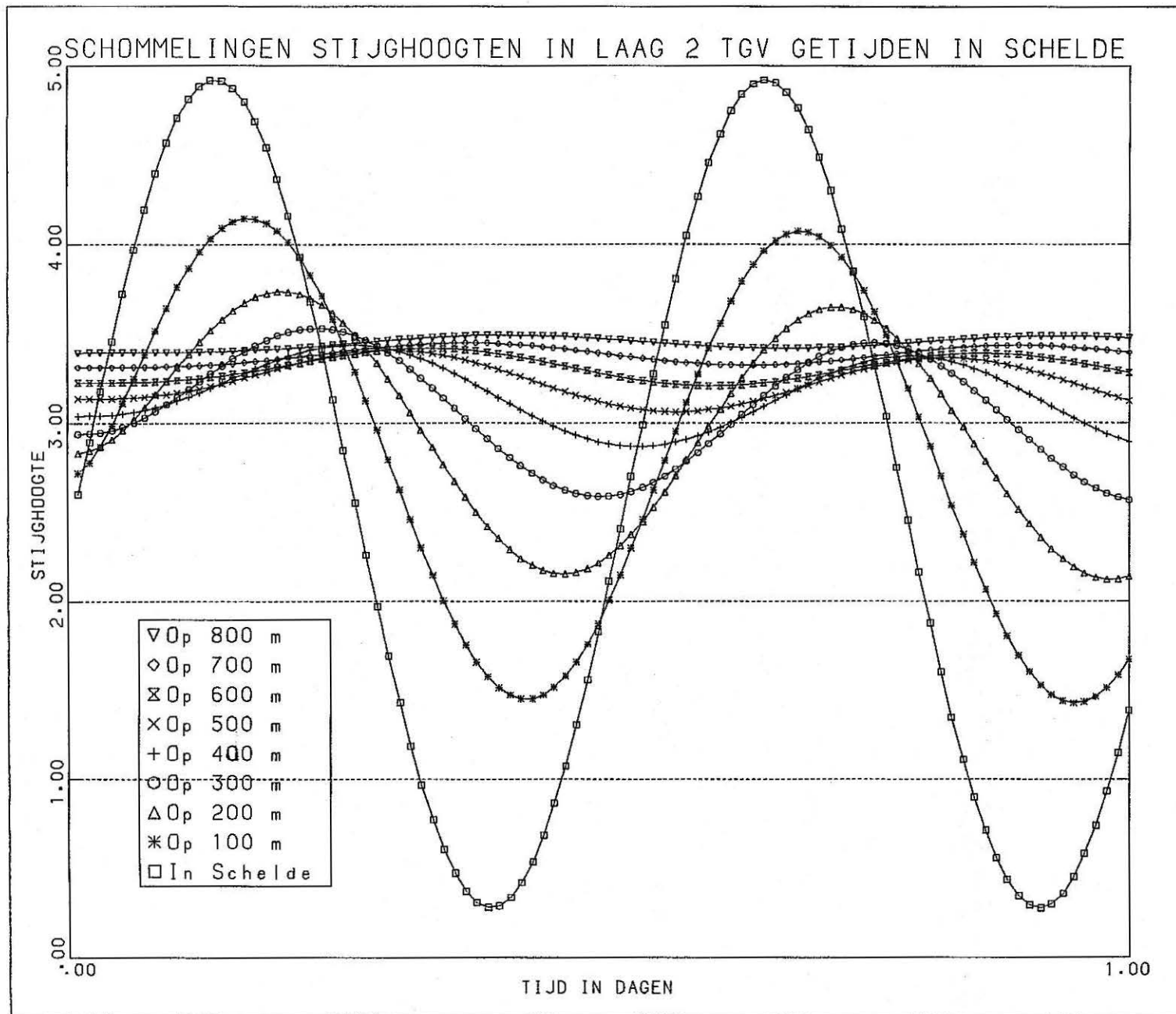


Fig. 4.19 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. hoog-laagwatercyclus in laag W2

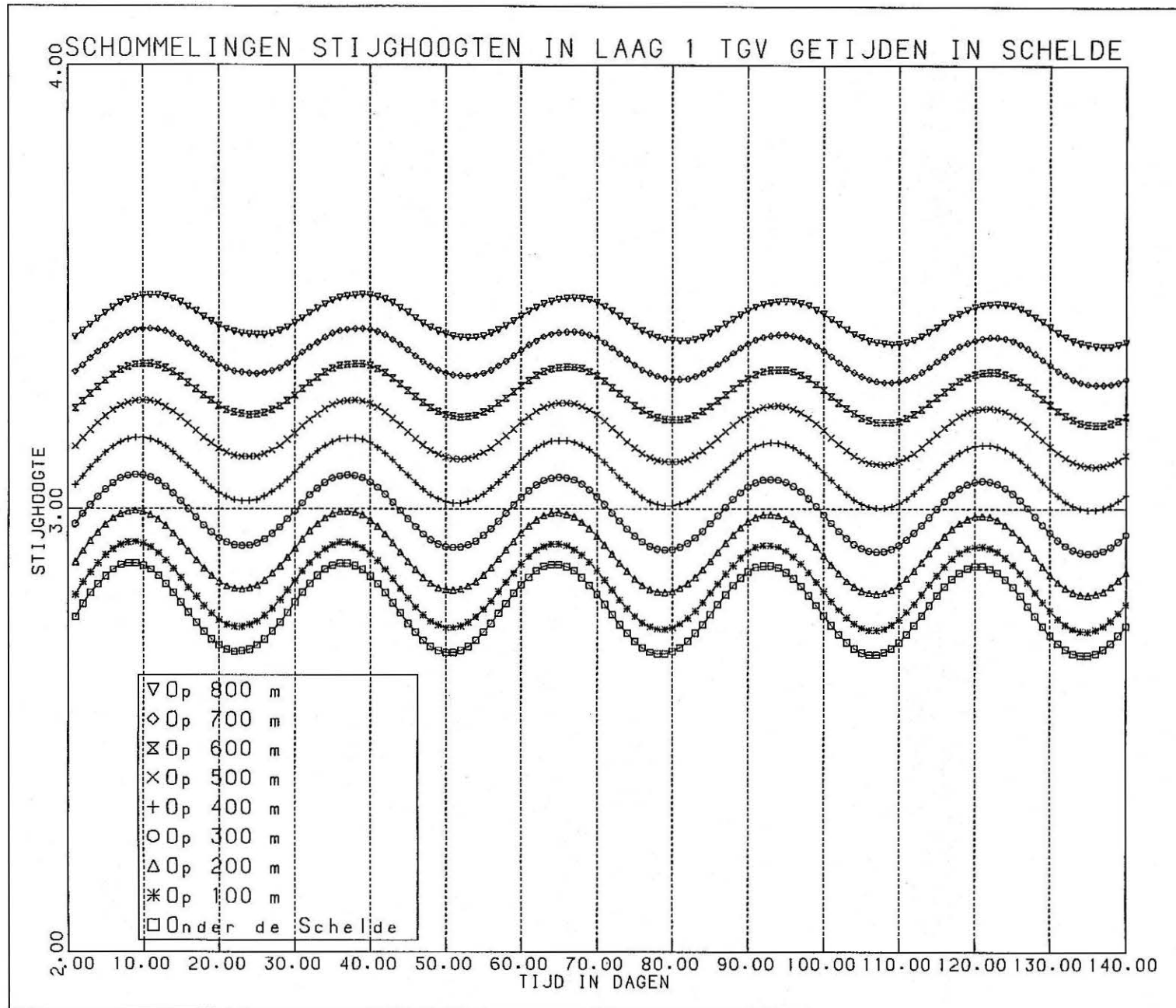


Fig. 4.20 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. springtij-doodtijcyclus in laag W1

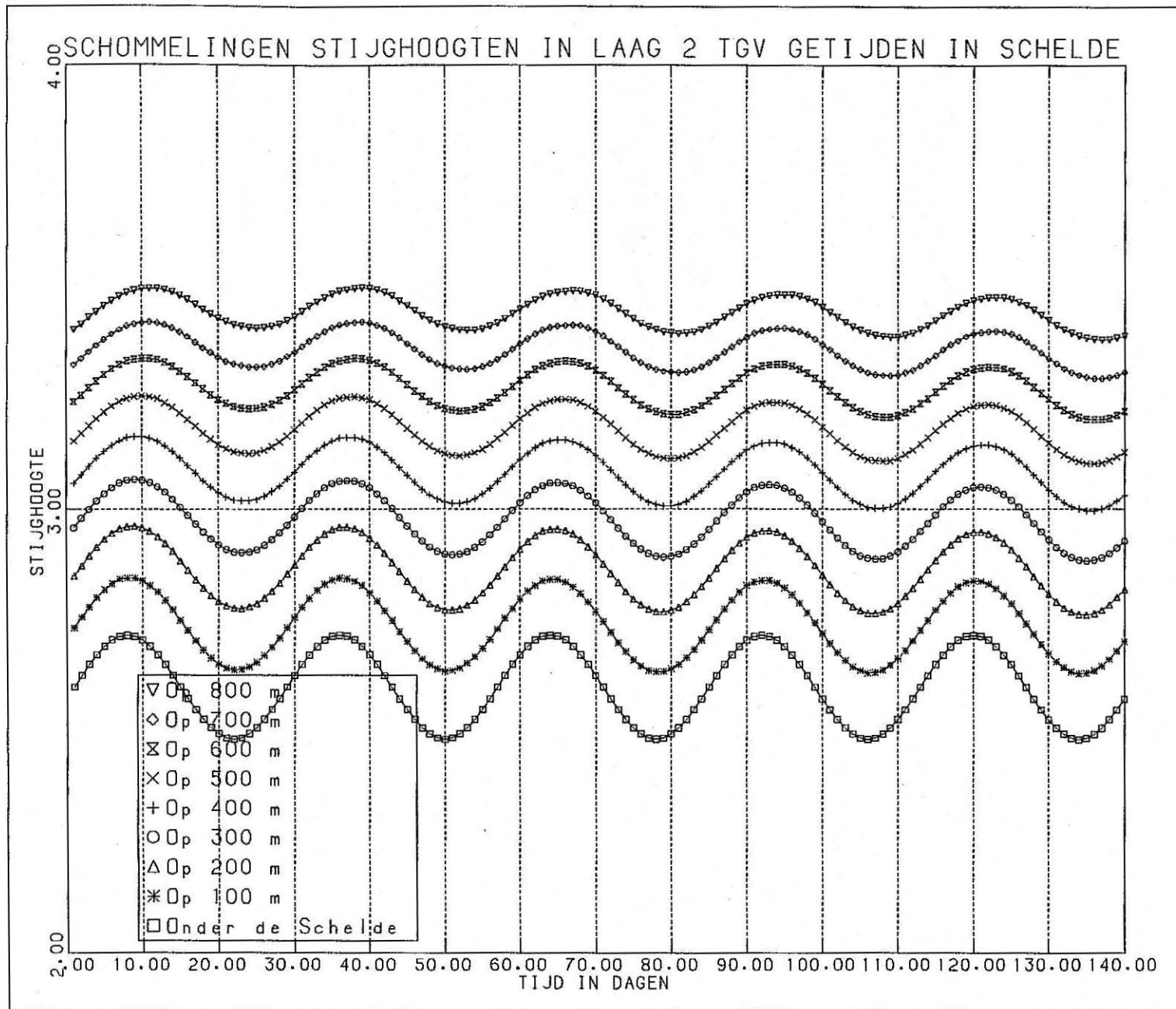


Fig. 4.21 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. springtij-doodtijcyclus in laag W2



Fig. 4.22 Berekende amplitudeverandering van de getijdenschommeling in lagen W1 en W2

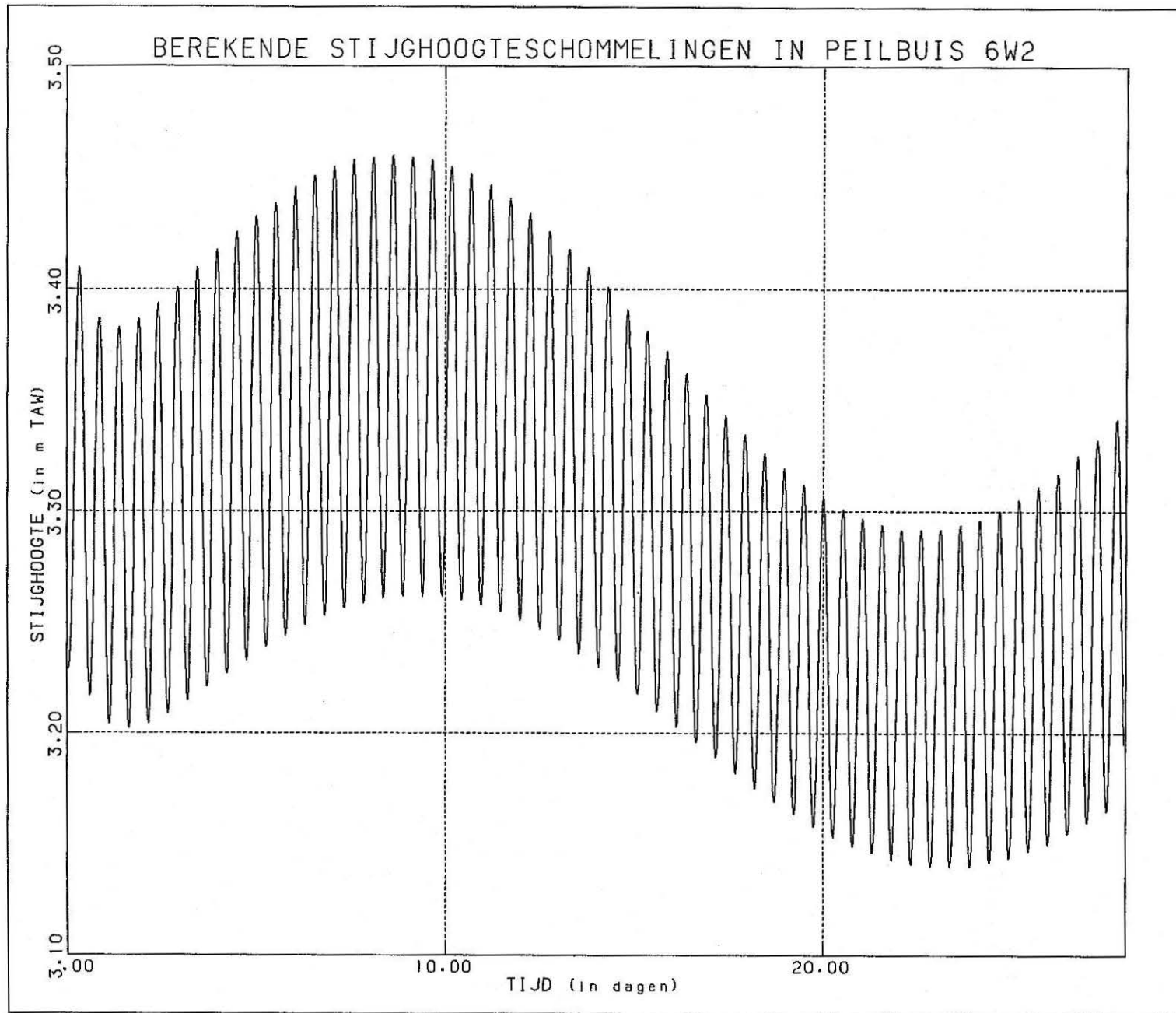


Fig. 4.23 Berekende stijghoogteschommelingen in peilbuis 6W2

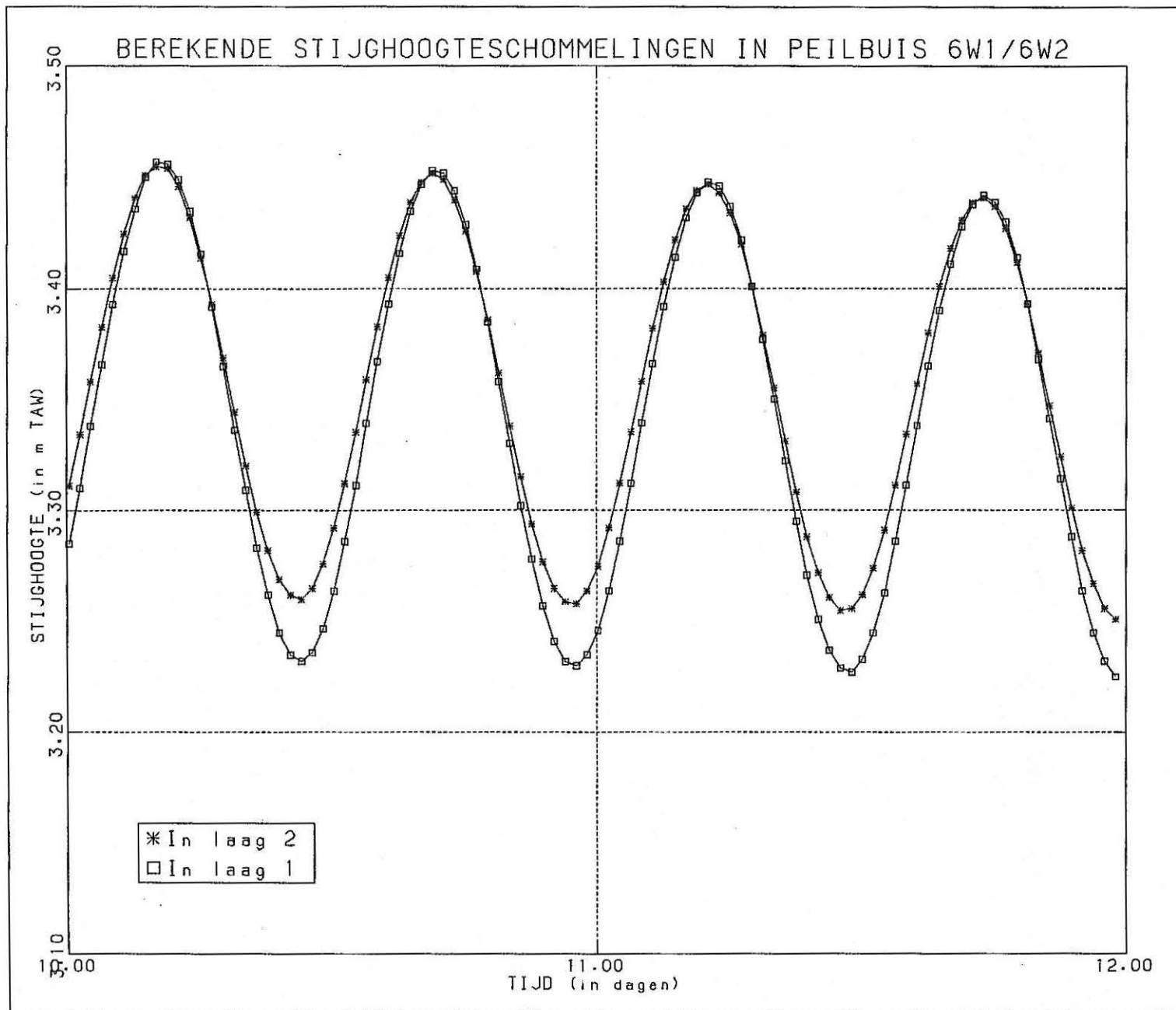


Fig. 4.24 Berekende stijghoogteschommelingen in peilbuizen 6W1 en 6W2

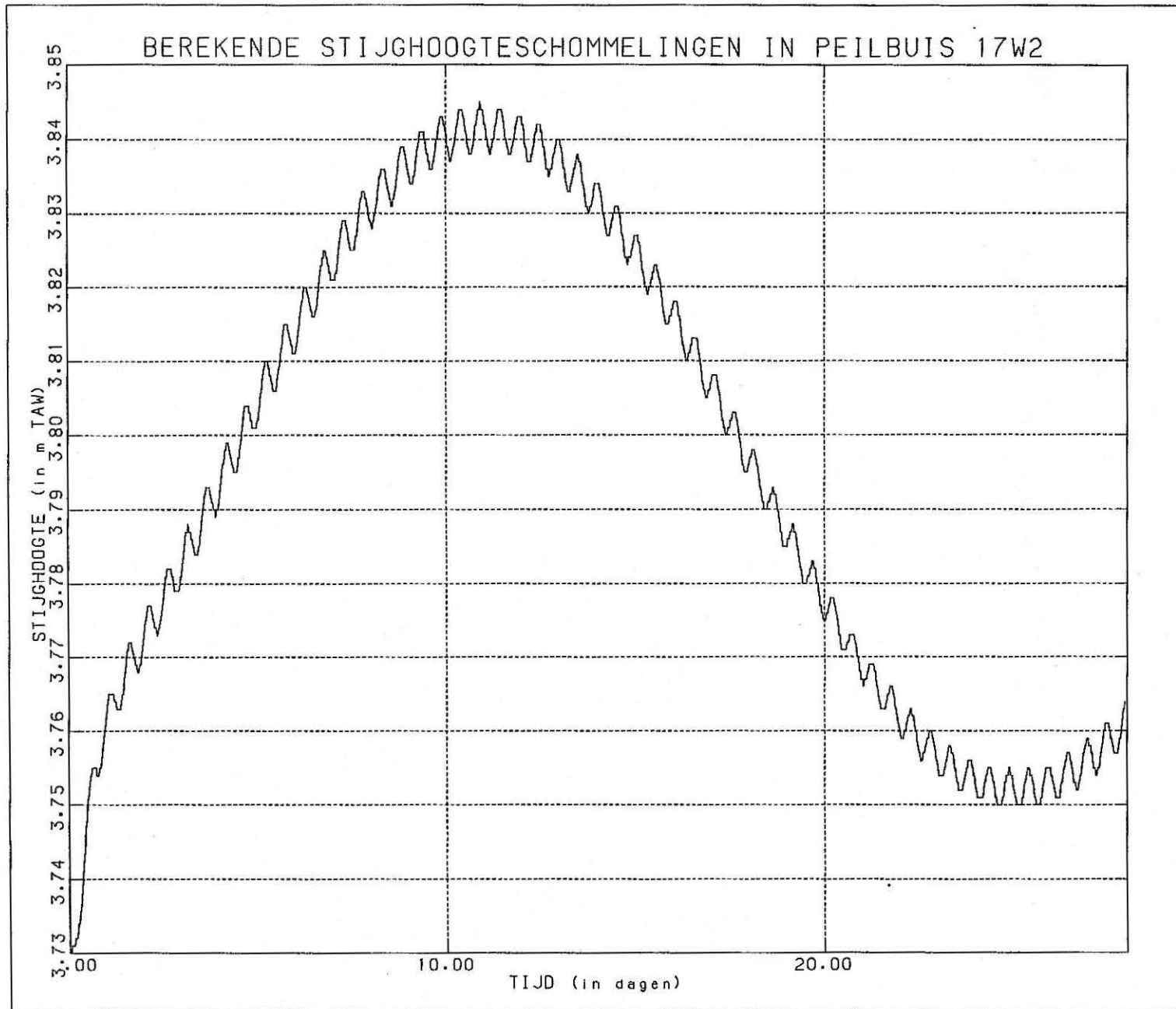


Fig. 4.25 Berekende stijghoogteschommelingen in peilbuis 17W2

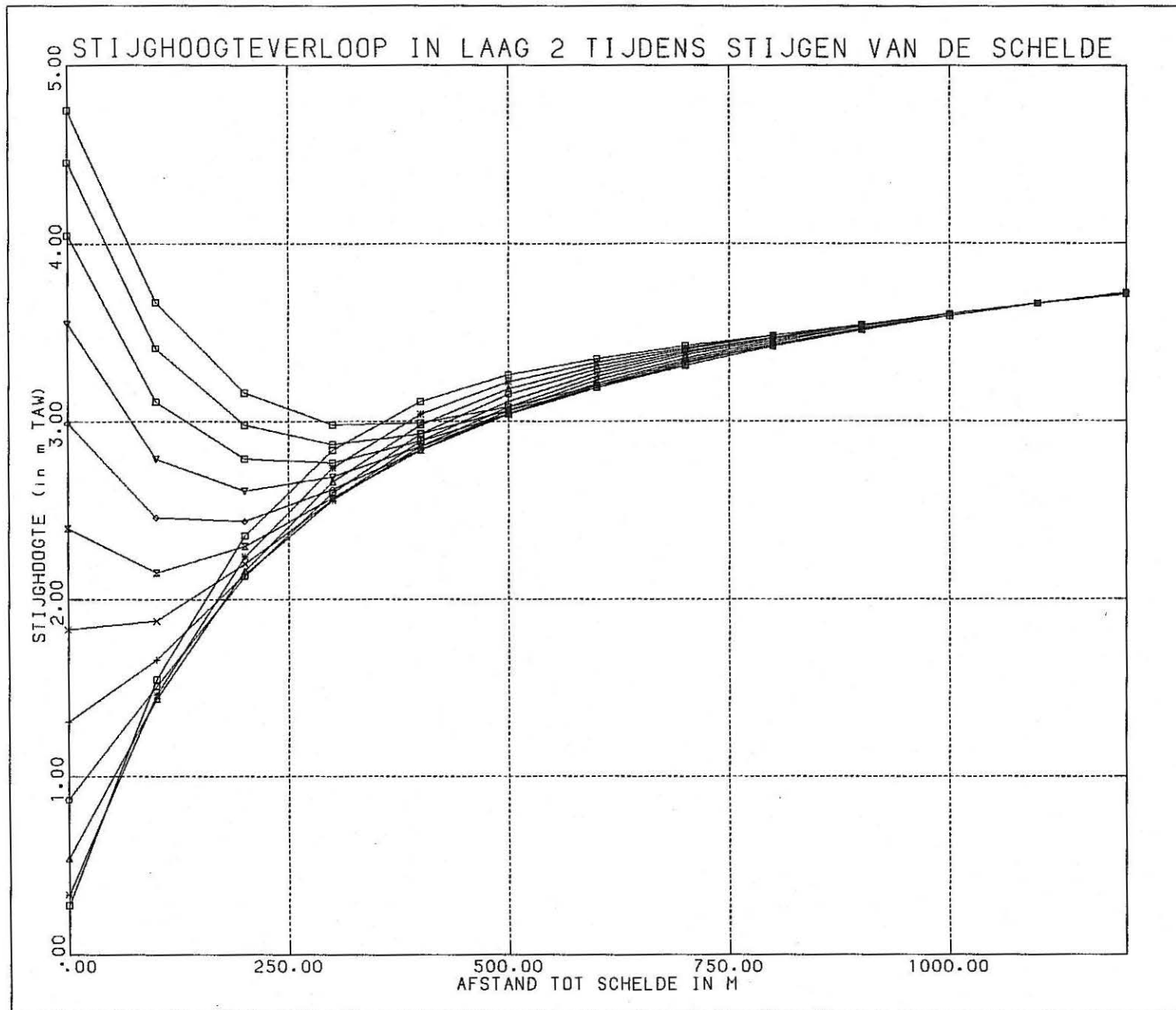


Fig. 4.26 Berekende stijghoogteverloop in laag 2 tijdens het stijgen van het Scheldepeil naar hoogwater

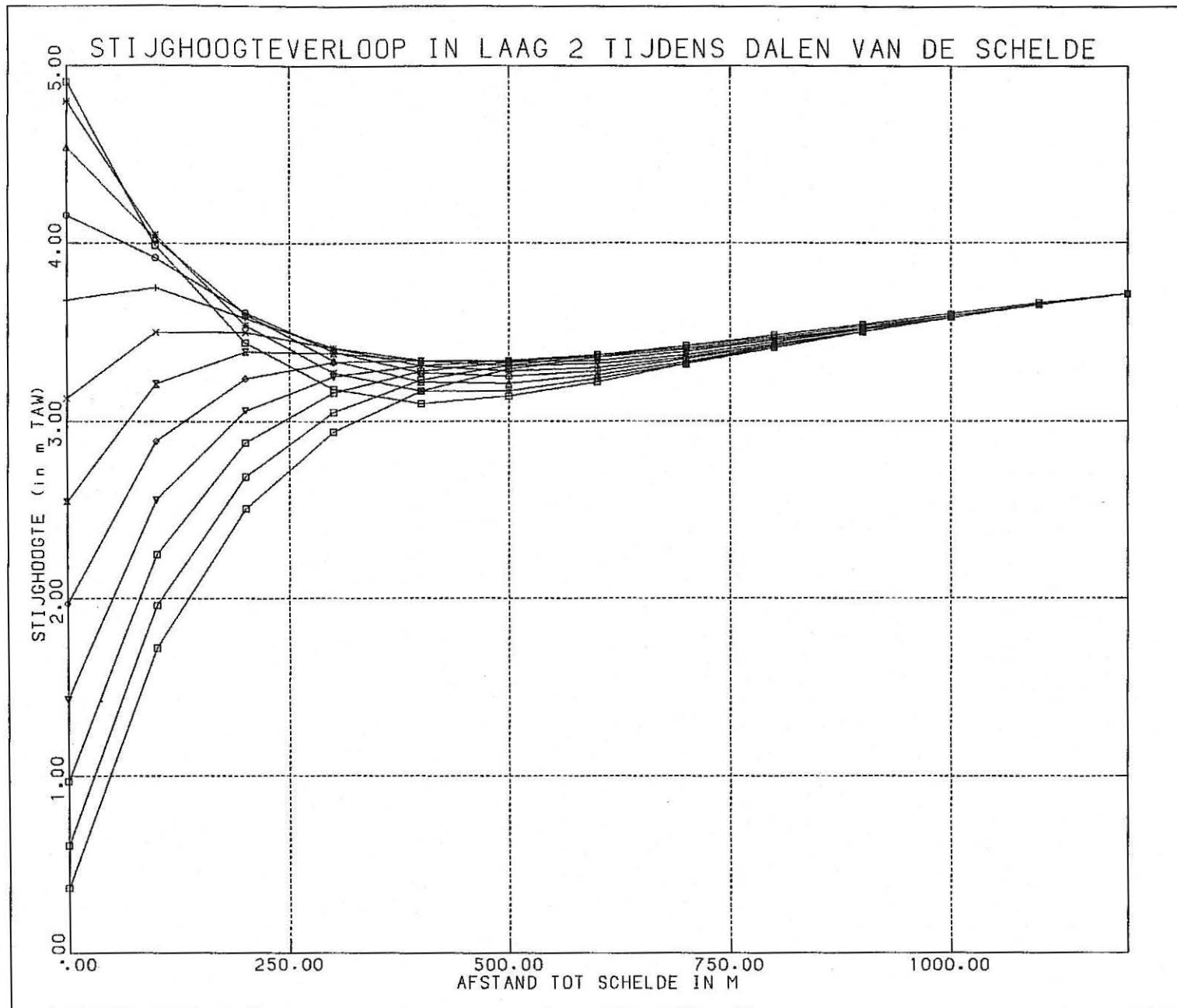


Fig. 4.27 Berekende stijghoogteverloop in laag 2 tijdens het dalen van het Scheldepeil naar laagwater

1°. De grootste schommelingen komen het dichtst bij de Schelde voor. De amplitude van de schommelingen neemt af naarmate men zich van de Schelde verwijdt. Voor de hoog-laagwatercyclus is op 600 m in laag 2 de amplitude nog 23.3 cm. Dit komt goed overeen met de waargenomen schommelingen in peilbuis 6W2. Op 900 m afstand bedragen de schommelingen nog slechts 7.3 cm. Er treedt dus een sterke demping op. De maandelijkse springtij-doodtij cyclus wordt minder gedempt omdat de golflengte groter is: in de Schelde is hij 23.5 cm, op 900 m nog 10.9 cm. Vanaf ongeveer 750 m afstand zijn deze schommelingen groter dan de half-dagelijkse hoog-laagwater cyclus. Op fig 4.22 staat aangegeven hoe de amplitude van de schommelingen vermindert met toenemende afstand tot de Schelde. In peilbuis 6W2 (Fig 4.23) zijn de dagelijkse schommelingen nog belangrijker dan de maandelijkse, maar in peilbuis 17W2 bedraagt de dagelijkse schommeling minder dan één cm, terwijl de springtij-doodtijcyclus schommelingen van ongeveer 10 cm veroorzaakt. Op fig 4.24 staan de berekende stijghoogten van peilbuizen 6W1 en 6W2 voorgesteld. Hierop blijken de schommelingen in laag 1 groter te zijn dan in laag 2. Door de grotere elastische bergingscoëfficiënt van laag 2 treedt hier een grotere demping van de getijdengolf op. De faseverschuiving tussen beide kurven is gering. Ze bevinden zich ongeveer even ver van de Schelde.

2. Er treedt een faseverschuiving op waardoor de hoogwaterstanden verder van de Schelde later bereikt worden. Deze faseverschuiving is afhankelijk van de periode van de cyclus. Bij de hoog-laagwatercyclus worden op 600 m afstand (in peilbuis 6W2) de hoogwaterstanden ongeveer 5 uur na het hoogwater in de Schelde bereikt. Het Scheldepeil zelf is dan reeds bijna tot laagwaterniveau gedaald. De faseverschuiving is groter bij de springtij-doodtij cyclus.

3. Tijdens de hoogwaterperioden stroomt water uit de Schelde. Doordat de amplitude afneemt zal er tijdens het stijgen van het Scheldepeil naar de hoogwaterstand uitstroming vanuit de Schelde in lagen 1 en 2 optreden. De breedte van de zone waarin de stromingsrichting vanuit de Schelde landinwaarts gericht is, varieert in de tijd. Om deze te bepalen moet men op elke berekende tijdstap (ongeveer elk half uur) de stijghoogten op de verschillende afstanden vergelijken (Fig 4.26 en 4.27). Bij het gemiddeld Scheldepeil (+2.60) is er een stroming naar de Schelde toe. Tijdens het stijgen van het Scheldepeil naar de hoogwaterstand (Fig 4.26) zal het peil op b.v. 200 m reeds zover gestegen zijn dat het juist hoger staat dan het peil op 400 m van de Schelde. De zone waarin uitstroming optreedt is dan 400 m breed. Op 400 m afstand van de

Schelde komt er een minimum in het stijghoogteverloop voor. Door de faseverschuiving zal de stijghoogte op 400 m later beginnen stijgen totdat deze op zijn beurt iets hoger is dan de stijghoogte op b.v. 600 m. Tijdens het dalen van de Schelde naar laagwaterstand (Fig 4.27) zal de zone van uitstroming verkleinen tot de stroming terug naar de Schelde toe gericht is.

Langsheen de Schelde komt dus een zone voor waarin gedurende hoogwaterstanden water vanuit de Schelde naar de terreinen van BASF stroomt. Deze zone is gemiddeld maximaal ongeveer 600 m breed, maar kan bij springtij vergroten. Bij doottij is zij kleiner. In deze strook verandert de stromingsrichting 4 maal per dag.

4°. De berekende invloed van de getijdenwerking kan het waargenomen stijghoogteverloop in de peilbuizen in laag 1 en 2 niet volledig verklaren. Het stijghoogteverloop in deze lagen wordt gekenmerkt door afwezigheid van seizoenfluctuaties en het voorkomen van plotselinge en onregelmatige peilveranderingen tot meer dan 30 cm. Dit kan niet volledig te wijten zijn aan het feit dat tijdens de metingen op verschillende momenten tijdens de getijdencycli gemeten werd. Wel is de invloed van de getijden op de zuidelijk gelegen peilbuizen (6W1 en 6W2) zodanig groot, dat hierdoor aanzienlijke (tussen 20 en 30 cm) meetverschillen kunnen optreden afhankelijk van het tijdstip waarop de meting werd uitgevoerd.

4.7.3.4 Besluit

Uit de simulaties blijkt er een duidelijke invloed van de getijdenwerking op de lagen 1 en 2 te zijn. In deze lagen komen schommelingen voor die in amplitude afnemen met toenemende afstand tot de Schelde, en tot op ongeveer één kilometer kunnen waargenomen worden. Gedurende de hoogwaterperioden komt er langsheen de Schelde een zone voor waar water vanuit de Schelde in de lagen 1 en 2 stroomt. Onder het zuidelijk deel van de bedrijfsterreinen stroomt water naar het noorden.

5. AANBEVELINGEN VOOR DE TOEKOMST

Om in de toekomst de impact van mogelijke calamiteiten te kunnen inschatten en beperken is het van belang dat volgende activiteiten zouden verder gezet of uitgevoerd worden:

1° Er moeten regelmatig peilmetingen uitgevoerd worden op alle bestaande peilputten. Hierbij lijkt het wenselijk minstens éénmaal per maand te meten.

2° Zowel uit de peilmetingen als de modelberekeningen blijkt dat bemalingen het grondwaterstromingspatroon grondig kunnen beïnvloeden. Daarom is het van belang een logboek bij te houden, waarin voor iedere bemaling die op de bedrijfsterreinen wordt uitgevoerd de volgende gegevens worden genoteerd:

- plaats van de bemaling (aanduiding op een plan)
- de puttenconfiguratie (aantal, ligging, diepte)
- het debiet van de bemaling en/of het bemalingspeil
- aanvang en einde van de bemaling

3° Om veranderingen in de evolutie van de grondwaterstroming vast te stellen kunnen éénmaal per jaar tijd-stijghoogtegrafieken en stijghoogtekaarten worden opgesteld met de recentste gegevens.

HOOFDSTUK 6 : SAMENVATTING EN BESLUIT

De beschikbare stijghoogtewaarnemingen werden verwerkt tot tijd-stijghoogtegrafieken en stijghoogtekaarten en werden geïnterpreteerd. De periode waarin waarnemingen werden verricht loopt van 1992 tot 1995.

Tijd-stijghoogtegrafieken tonen de fluktuaties van de waterstanden in functie van de tijd. Uit de grafieken blijken de meest ondiepe peilputten, die de stand van de watertafel geven, een patroon met regelmatige seizoenschommelingen te vertonen. Hier zijn de winterstanden hoger dan de zomerstanden. De peilbuizen in diepere lagen W1 en W2 vertonen deze regelmatige jaarschommelingen niet. De fluktuaties zijn hier kleiner en vrij onregelmatig. Mogelijk hebben de getijdschommelingen in de Schelde hier een invloed. Die mogelijkheid werd later onderzocht. Op de diepe peilbuizen is duidelijk de invloed van grote bemalingen in 1992 en 1995 te zien. Ze zorgen voor peilverlagingen tot enkele meters.

Van de lagen W2 en W4 werden stijghoogtekaarten opgesteld. In deze lagen bevinden zich de meeste peilbuizen. Uit deze kaarten kan de grondwaterstroming worden afgeleid.

Nabij de watertafel gebeurt de stroming hoofzakelijk vanuit het noordwesten naar het zuidoosten. De hoogste waterstanden komen in het noordwesten voor (tot +9). Langsheen de kanalen (Schelde-Rijnverbinding en kanaal- en insteeddok) vindt er een instroming in deze kanalen plaats.

In de diepere laag W2 bleek het stromingspatroon bij lage waterstanden van noord naar zuid te gebeuren. Er vindt dan een uitstroming uit de Schelde-Rijnverbinding en het kanaaldok plaats. De stroming gebeurt naar de Schelde in het zuiden. Bij hoge waterstanden komen er langsheen de noordrand van het fabrieksterrein waterstanden voor die ongeveer even hoog zijn als de kanaalpeilen. In dit geval kan eventueel in het noorden een stroming naar de Schelde-Rijnverbinding optreden. Vanuit het insteeddok en het zuidelijk deel van het kanaaldok vindt uitstroming plaats. Dit water zal onder de fabrieksterreinen doorlopen naar de Schelde toe. Ingeval in de laag W2 bemalingen worden uitgevoerd komt er een radiaal stromingspatroon voor dat naar de bemaling toe gericht is.

Van de fabrieksterreinen en omgeving werd een mathematisch grondwaterstromingsmodel opgesteld. Dit model laat toe de grondwaterstromingen onder en rond het bedrijfsterrein te simuleren. De begrenzing van het model werd zo gekozen dat ook de noordelijke polders en het gebied ten oosten van het kanaaldok tot het modelgebied behoren. In het mathematisch model werd de opbouw van het grondwaterreservoir tot op de Klei van Boom ingebouwd. Hierbij werden 4 watervoerende lagen opgenomen, die gescheiden zijn door 3 slechtdoorlatende lagen. De nodige invoergegevens werden afgeleid uit de resultaten van het voorafgaand hydrogeologisch onderzoek.

Het model werd geijkt op de gemiddelde toestand. Hierbij werd rekening gehouden met de gemiddelde waargenomen stijghoogten in de periode dat er geen grote bemalingen plaatsvonden. Met het model werden de stijghoogten van de gemiddelde toestand gesimuleerd. Tenslotte werd ook een simulatie uitgevoerd van een bemaling in de laag W2.

Met een apart schematisch model werd de invloed van de getijdenwerking in de Schelde op het grondwaterreservoir nagegaan. Hieruit blijkt er een duidelijke invloed op de diepere lagen W1 en W2 te zijn, maar niet op de watertafel. In de lagen W1 en W2 zetten de getijden zich voort in het reservoir waarbij een demping en een vertraging (faseverschuiving) optreedt. Dit geldt zowel voor de halfdagelijkse hoog-laagwatergetijden als de maandelijke doortij-springtij cyclus. De invloed van de getijden zou tot op ongeveer 1 km van de Schelde moeten waarnemen zijn. Een peilput op ongeveer 600 m afstand toont duidelijke schommelingen - (6W1/6W2). Uit de berekeningen blijkt ook dat er tijdens het stijgen van laag- naar hoogwater telkens een stroming vanuit de Schelde in het reservoir op te treden. Het stromingspatroon in de lagen W1 en W2 wordt door de getijdenwerking duidelijk beïnvloed tot binnen de fabrieksterreinen.

REFERENTIES

DE BREUCK,W. ,DE SMET,D. , MAHAUDEN,M. , LEBBE,L. ,(1994). Hydrogeologische studie van de bedrijfsterreinen van B.A.S.F. Antwerpen N.V. Terrein- en laboratoriumwerkzaamheden. Universiteit Gent.

LEBBE,L. , VAN CAMP,M. , RAMAN.B. & DE BREUCK,W. (1985) Hydrogeologisch matematicisch model van het Nederlands-Belgisch grensgebied in de omgeving van de Kalmthoutse Heide. 89 p. Rijksuniversiteit Gent . Leerstoel voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie. (Studie uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap).

LIJST DER FIGUREN

- Fig 2.1. Ligging van de supplementaire peilputten
- Fig 3.1. Grondwaterstromingspatroon in laag W2 op 27 juli 1994
- Fig 3.2. Grondwaterstromingspatroon in laag W2 op 6 september 1994
- Fig 3.3. Grondwaterstromingspatroon in laag W2 op 15 mei 1995
- Fig 3.4. Grondwaterstromingspatroon in laag W4 op 20 februari 1995
- Fig 3.5. Grondwaterstromingspatroon in laag W4 op 6 september 1994
- Fig 4.1. Ligging en begrenzing van het modelgebied
- Fig 4.2. Schematisering van het grondwaterreservoir in het matematisch model
- Fig 4.3. Dikte van de eerste watervoerende laag W1
- Fig 4.4. Dikte van de tweede watervoerende laag W2
- Fig 4.5. Dikte van de derde watervoerende laag W3
- Fig 4.6. Hydraulische weerstand (in dagen) van de eerste slechtdoorlatende laag
- Fig 4.7. Hydraulische weerstand (in dagen) van de tweede slechtdoorlatende laag
- Fig 4.8. Ingevoerde randvoorwaarden
- Fig 4.9. Berekende stijghoogten in laag W1 van de toestand zonder bemalingen
- Fig 4.10. Berekende stijghoogten in laag W2 van de toestand zonder bemalingen
- Fig 4.11. Berekende stijghoogten in laag W3 van de toestand zonder bemalingen
- Fig 4.12. Berekende stijghoogten in laag W4 van de toestand zonder bemalingen
- Fig 4.13 Berekende stijghoogten in laag W2 van de toestand met een bemaling op perceel G500 na 3 maanden pompen
- Fig 4.14 Berekende stijghoogten in laag W4 van de toestand met een bemaling op perceel G500 na 3 maanden pompen
- Fig 4.15 Berekende verlagingen in laag W2 van de toestand met een bemaling op perceel G500 na 3 maanden pompen
- Fig 4.16 Berekende verlagingen in laag W4 van de toestand met een bemaling op perceel G500 na 3 maanden pompen
- Fig 4.17 Berekende peilschommelingen in de Schelde
- Fig 4.18 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. hoog-laagwatercyclus in laag W1
- Fig 4.19 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. hoog-laagwatercyclus in laag W2
- Fig 4.20 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. springtij-doodtijcyclus in laag W1

- Fig 4.21 Berekende stijghoogteschommelingen t.g.v. springtij-doodtijcyclus in laag W2
- Fig 4.22 Berekende amplitudeverandering van de getijenschommeling in lagen W1 en W2
- Fig 4.23 Berekende stijghoogteschommelingen in peilbuis 6W2
- Fig 4.24 Berekende stijghoogteschommelingen in peilbuizen 6W1 en 6W2
- Fig 4.25 Berekende stijghoogteschommelingen in peilbuis 17W2
- Fig 4.26 Berekende stijghoogteverloop in laag W2 tijdens het stijgen van het Scheldepeil naar
hoogwater
- Fig 4.27 Berekende stijghoogteverloop in laag W2 tijdens het dalen van het Scheldepeil naar
laagwater

INHOUD

1. Inleiding	1
2. Uitvoering van supplementaire peilputten en peilmetingen	2
3. Verwerking van de stijghoogtemetingen	4
3.1 Inleiding	4
3.2 Evolutie van de stijghoogten	4
3.2.1 Inleiding	4
3.2.2 Peilputten in laag 1	5
3.2.3 Peilputten in laag 2	5
3.2.4 Peilputten in laag 4	6
3.3 Grondwaterstromingspatroon	8
3.3.1 Inleiding	8
3.3.2 Stijghoogtekaarten van laag 2	9
3.3.3 Stijghoogtekaarten van laag 4	10
3.4 Samenvatting en conclusies	11
4. Het mathematisch model	14
4.1 Inleiding	14
4.2 Het gebruikte rekenprogramma	14
4.3. Ligging en begrenzing van het modelgebied	17
4.4. Schematisering van het grondwaterreservoir	18
4.4.1 Lagenopbouw	18
4.4.2 Laagdikten	19
4.4.3 Modelnetwerk	19
4.5. Ingevoerde gegevens	19
4.5.1 Hydraulische parameters	19
4.5.1.1 Horizontale doorlatendheden	19
4.5.1.2 Vertikale doorlatendheden	20
4.5.2 Grensvoorwaarden	21
4.5.3 Nuttige neerslag	22
4.5.4 Pompingen	22

4.5.5 Waterlopen , kanalen en vaste stijghoogten	22
4.5.6 Referentievlak	23
4.5.7 Elastische bergingscoëfficiënten en bergingscoëfficiënt nabij de watertafel	23
4.6. IJking van het model	23
4.7. Resultaten	24
4.7.1 Simulatie van de toestand zonder bemalingen	24
4.7.2 Simulatie van de toestand met een bemaling	25
4.7.3 Simulatie van invloed van de getijdenwerking in de Schelde op het grondwaterreservoir	25
4.7.3.1. Inleiding	26
4.7.3.2 Mathematisch model	26
4.7.3.3 Resultaten	28
4.7.3.4 Conclusies	29
5. Aanbevelingen voor de toekomst	30
6. Samenvatting en besluit	32
Referenties	33

LIJST DER BIJLAGEN

Bijlage 1 Boorbeschrijvingen van de supplementaire peilbuizen

Bijlage 2 Tijd-stijghoogtegrafieken van de peilbuizen in laag W1

Bijlage 3 Tijd-stijghoogtegrafieken van de peilbuizen in laag W2

Bijlage 4 Tijd-stijghoogtegrafieken van de peilbuizen in laag W4

BIJLAGE 1

UNIVERSITEIT GENT - VAKGROEP GEOLOGIE EN BODEMKUNDE
 LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE (o.l.v. Prof.Dr.W.De Breuck)
 KRIJGSLAAN 281 - S8 , B9000 GENT tel.: 09/2644647 fax.: 09/2644988
 STUDIE: HYDROGEOLOGISCHE STUDIE BIJ BASF ANTWERPEN NV

KAARTBLAD NGI : 73 GEMEENTE : OSSENDRECHT(NL)
 NUMMER BORING : LTGH1 PROJEKT : 90011
 X-KOORD(Lambert) : 146085 DIEPTE : 12.50 m
 Y-KOORD(Lambert) : 229790 BOORFIRMA : LTGH(RB,EP,YV)
 HOOGTE MAAVELD : + 4.050 m TAW HOOGTE MEETPUNT : + 3.950 m TAW
 METH. HOOGTEBEP. : genivelleerd DEF. MEETPUNT : top PVC-buis
 DATUM : 06/07/94 METHODE : INSPOELING
 FILTER VAN : 10.00 m tot 12.20 m

AUTEUR BESCHRIJVING : YV
 TYPE WATERVOERENDE LAAG : nt freatisch TYPE PUT : peilbuis
 TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTER :
 PVC-stijgbuis en -filter (diam. 63/57 mm); filter met horizontale zaagsneden
 TYPE OMSTORTING : Gekalibreerd grof zand (diam. 0.7-1.25 mm) van 5.5 tot 12.2
 TYPE STOP : Kleistop (Compactonite kleipellets) van 1.4 tot 5.5
 SCHOONPOMPEN : METHODE : bovengrondse pomp
 DATUM - DUUR : ?
 AFWERKING : Afgewerkt onder het maaiveld met betonblokje en tegel
 BOORGATMETINGEN : -

peil (mTAW) diepte (m)	beschrijving boring	stratigrafie
4.05 - 0.00	3.35 bakstenen, bruin lemig zand, schelpen	A/V
3.35 - 0.70	2.75 grijsbruine zandige leem met kleibrokjes	kl-l
2.75 - 1.30	1.75 grijsblauwe klei	kl-l
1.75 - 2.30	0.05 brokjes zwart slib, grijsblauwe slappe leem en enkele schelpfragmenten	all.
0.05 - 4.00	-1.55 zandige leem, met talrijke brokken (enkele cm's) donkerbruin slap veen (geen structuur)	v-kl
-1.55 - 5.60	-8.45 grijs grof zand	Pl-Ple
5.60 - 12.50		

UNIVERSITEIT GENT - VAKGROEP GEOLOGIE EN BODEMKUNDE
 LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE (o.l.v. Prof.Dr.W.De Breuck)
 KRIJGSLAAN 281 - S8 , B9000 GENT tel.: 09/2644647 fax.: 09/2644988
 STUDIE: HYDROGEOLOGISCHE STUDIE BIJ BASF ANTWERPEN NV

KAARTBLAD NGI : 72 GEMEENTE : OSSENDRECHT(NL)
 NUMMER BORING : LTGH2 PROJECT : 90011
 X-KOORD(Lambert) : 144575 DIEPTE : 18.50 m
 Y-KOORD(Lambert) : 229925 BOORFIRMA : LTGH(RB,EP,YV)
 HOOGTE MAAIVELD : + 5.044 m TAW HOOGTE MEETPUNT : + 4.995 m TAW
 METH. HOOGTEBEP. : genivelleerd DEF. MEETPUNT : top PVC-buis
 DATUM : 07/07/94 METHODE : INSPOELING
 FILTER VAN : 16.00 m tot 18.20 m
 AUTEUR BESCHRIJVING : YV
 TYPE WATERVOERENDE LAAG : nt freatisch TYPE PUT : peilbuis
 TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTER :
 PVC-filter en -stijgbuis (diam. 63/57 mm); filter met horizontale zaagsneden
 TYPE OMSTORTING : Gekalibreerd grof zand (diam. 0.7-1.25 mm) van 12.0 tot 18.2
 TYPE STOP : Kleistop (Compactonite kleipelletts) van 8.0 tot 12.0
 SCHOONPOMPEN : METHODE : bovengrondse pomp
 DATUM - DUUR : ?
 AFWERKING : Afgewerkt onder het maaiveld met betonblokje en tegel
 BOORGATMETINGEN : -

peil (mTAW) diepte (m)	beschrijving boring	stratigrafie
5.04 - 4.84 0.00 - 0.20	geelbruin zand	A/V
4.84 - 2.94 0.20 - 2.10	bruine klei met schelpfragmenten, aan de basis zwarte kleibrokjes	Pold
2.94 - 1.54 2.10 - 3.50	lichtgrijs zeer fijn zand, met zwarte slibbrokjes en schelpgruis	All
1.54 - 0.84 3.50 - 4.20	grijze zeer fijnzandige slappe leem, met zeer weinig schelpen	kl-v
0.84 - -0.26 4.20 - 5.30	grijs zeer fijn zand, met lemige lenzen	kl-v
-0.26 - -1.66 5.30 - 6.70	grijze zandige leem, met schelpen	kl-v
-1.66 - -3.96 6.70 - 9.00	donkerbruine licht venige klei, met grote schelpfragmenten en met grote brokken veen (meerdere cm's)	kl-v
-3.96 - -6.66 9.00 - 11.70	grijsblauwe klei, met brokken donkerbruin slap veen	kl-v
-6.66 - -7.26 11.70 - 12.30	bruine venige slappe klei, met zeer veel veenbrokken	kl-v

-7.26 - -8.46 venig zand
12.30 - 13.50

kl-v

-8.46 - -8.66 grijsblauwe klei
13.50 - 13.70

kl-v

-8.66 - -13.46 grijs grof zand
13.70 - 18.50

Pl?

UNIVERSITEIT GENT - VAKGROEP GEOLOGIE EN BODEMKUNDE
 LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE (o.l.v. Prof.Dr.W.De Breuck)
 KRIJGSLAAN 281 - S8 , B9000 GENT tel.: 09/2644647 fax.: 09/2644988
 STUDIE: HYDROGEOLOGISCHE STUDIE BIJ BASF ANTWERPEN NV

KAARTBLAD NGI : 77 GEMEENTE : BERENDRECHT
 NUMMER BORING : LTGH3 PROJEKT : 90011
 X-KOORD(Lambert) : 146328 DIEPTE : 10.00 m
 Y-KOORD(Lambert) : 226700 BOORFIRMA : LTHG(RB,EP,YV)
 HOOGTE MAAIVELD : + 5.080 m TAW HOOGTE MEETPUNT : + 4.905 m TAW
 METH. HOOGTEBEP. : genivelleerd DEF. MEETPUNT : top PVC-buis
 DATUM : 08/07/94 METHODE : INSPOELING
 FILTER VAN : 7.95 m tot 10.15 m
 AUTEUR BESCHRIJVING : YV
 TYPE WATERVOERENDE LAAG : nt freatisch TYPE PUT : peilbuis
 TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTER :
 PVC-filter en -stijgbuis (diam. 63/57 mm); filter met horizontale zaagsneden
 TYPE OMSTORTING : Gekalibreerd grof zand (diam. 0.7-1.25 mm) van 6.2 tot 10.2
 TYPE STOP : Kleistop (Compactonite kleipellets) van 5.3 tot 6.2
 SCHOONPOMPEN : METHODE : bovengrondse pomp
 DATUM - DUUR : ?
 AFWERKING : Afgewerkt onder het maaiveld met betonblokje en tegel
 BOORGATMETINGEN : -

peil (mTAW) diepte (m)	beschrijving boring	stratigrafie
5.08 - 4.88	donkerbruin lemig zand	A/V
0.00 - 0.20		
4.88 - 4.53	donkerokerkleurig grof zand	A/V
0.20 - 0.55		
4.53 - 1.88	lichtbruin grof zand, met schelpen	q
0.55 - 3.20		
1.88 - 1.18	grijsbruin grof zand, met schelpen	q
3.20 - 3.90		
1.18 - 0.78	donkergrijs grof zand, met veel zwarte stippen	q
3.90 - 4.30		
0.78 - -4.92	lichtgrijs grof zand	Pl?
4.30 - 10.00		

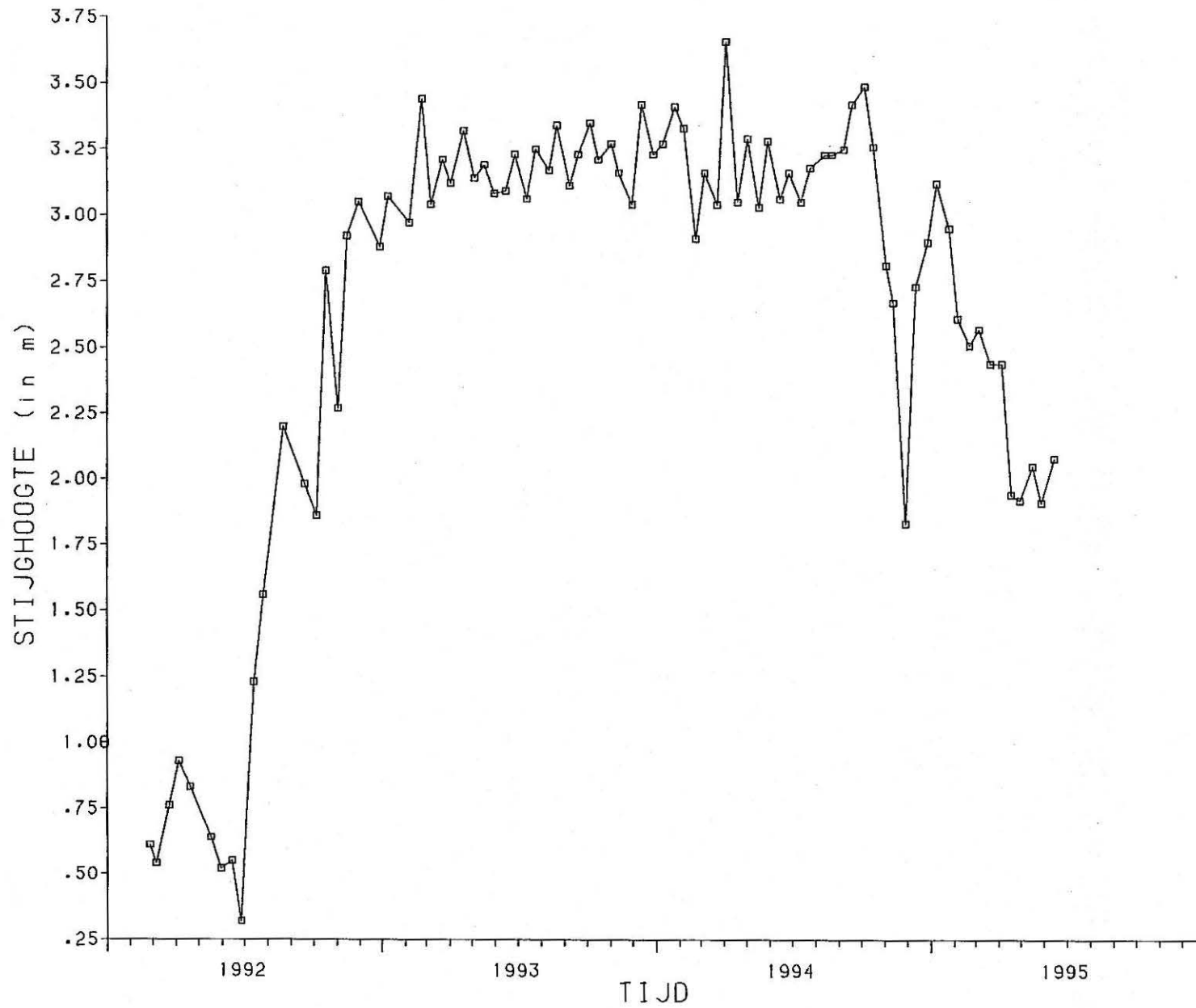
UNIVERSITEIT GENT - VAKGROEP GEOLOGIE EN BODEMKUNDE
 LABORATORIUM VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE (o.l.v. Prof.Dr.W.De Braeck)
 KRIJGSLAAN 281 - S8 , B9000 GENT tel.: 09/2644647 fax.: 09/2644988
 STUDIE: HYDROGEOLOGISCHE STUDIE BIJ BASF ANTWERPEN NV

KAARTBLAD NGI : 76 GEMEENTE : ZANDVLIET
 NUMMER BORING : LTGH4 PROJEKT : 90011
 X-KOORD(Lambert) : 145513 DIEPTE : 10.00 m
 Y-KOORD(Lambert) : 227925 BOORFIRMA : LTGH(RB,EP,YV)
 HOOGTE MAAVELD : + 4.490 m TAW HOOGTE MEETPUNT : + 4.353 m TAW
 METH. HOOGTEBEP. : genivelleerd DEF. MEETPUNT : top PVC-buis
 DATUM : 13/07/94 METHODE : INSPOELING
 FILTER VAN : 7.80 m tot 10.00 m
 AUTEUR BESCHRIJVING : YV
 TYPE WATERVOERENDE LAAG : nt freatisch TYPE PUT : peilbuis
 TYPE EN KENMERKEN STIJGBUIZEN EN FILTER :
 PVC-filter en -stijgbuis (diam. 63/57 mm); filter met horizontale zaagsneden
 TYPE OMSTORTING : Gekalibreerd grof zand (diam. 0.7-1.25 mm) van 3.0 tot 10.0
 TYPE STOP : Kleistop (Compactonite kleipellets) van 1.2 tot 3.0
 SCHOONPOMPEN : METHODE : bovengrondse pomp
 DATUM - DUUR : ?
 AFWERKING : Afgewerkt onder het maaiveld met betonblokje en tegel
 BOORGATMETINGEN : -

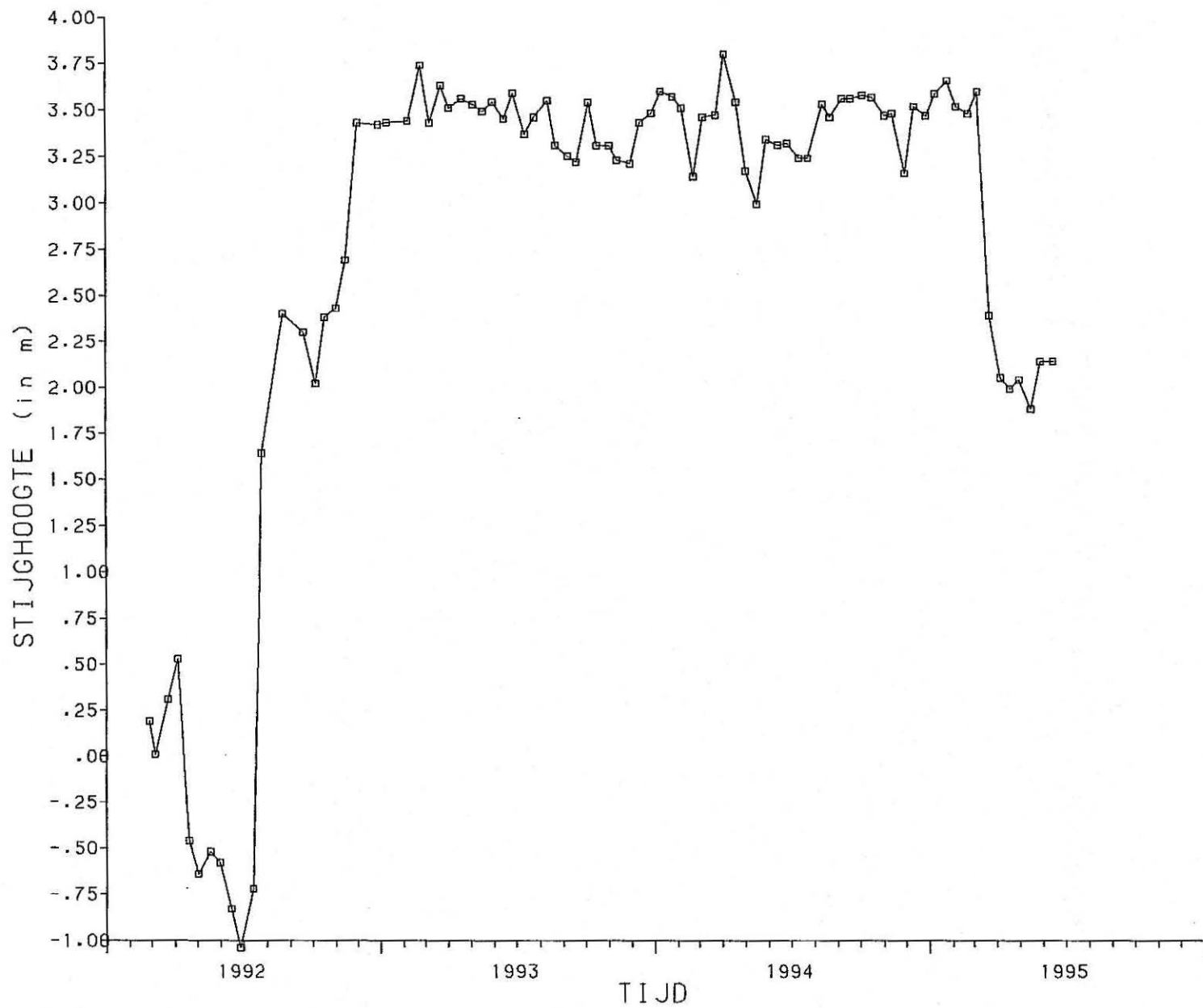
peil (mTAW) diepte (m)	beschrijving boring	stratigrafie
4.49 - 0.00	4.09 steenslag en opvulling 0.40	A/V
4.09 - 0.40	3.39 bleek zeer grof zand 1.10	A/V
3.39 - 1.10	2.79 bruine klei 1.70	Pold
2.79 - 1.70	-3.21 zeer bleek grof zand 7.70	Pl?
-3.21 - 7.70	-5.51 geelbruin licht humeus middelmatig zand 10.00	Pl?

BIJLAGE 2

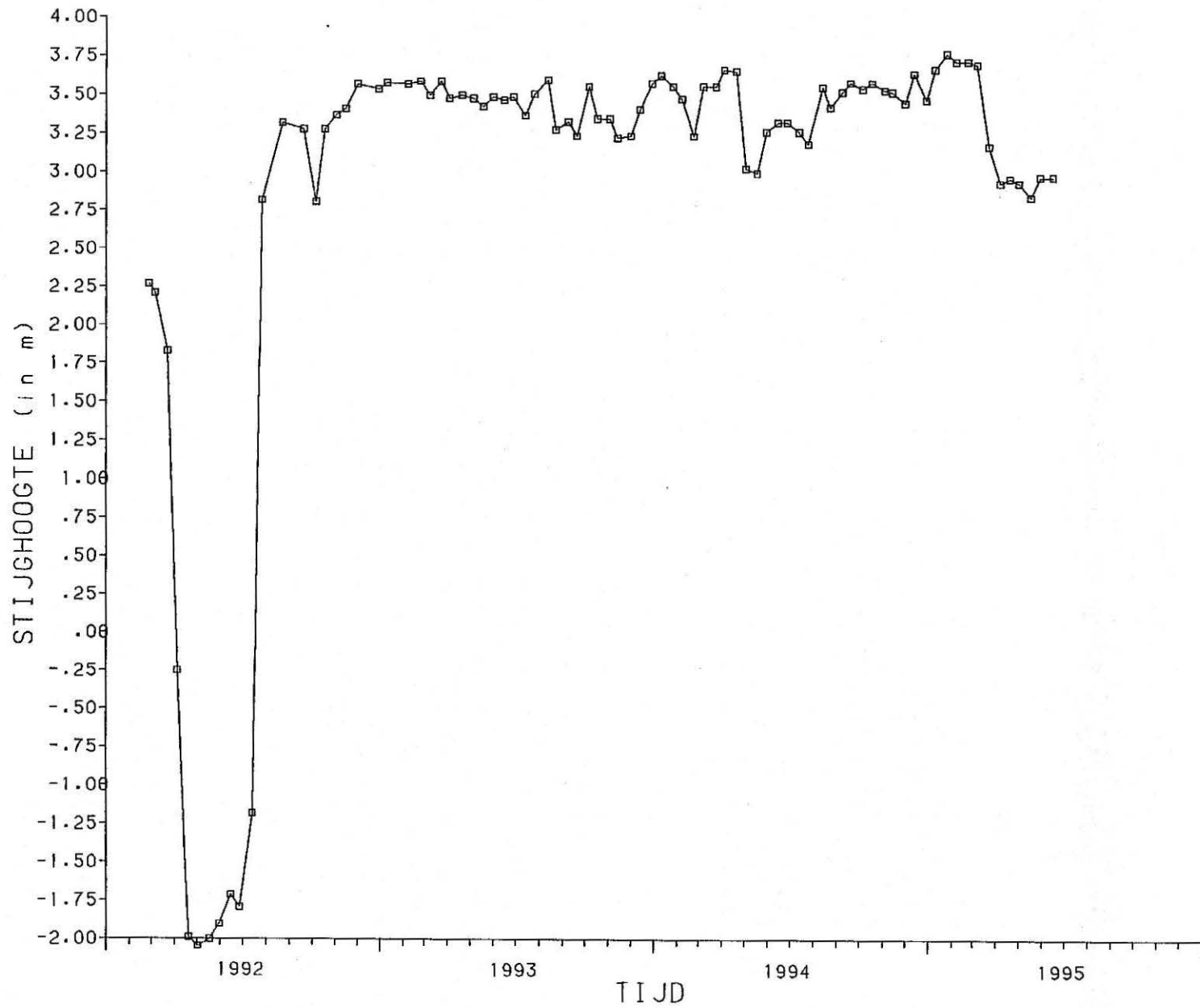
BASF-PIEZOMETER 06W1



BASF:PIEZOMETER 17W1

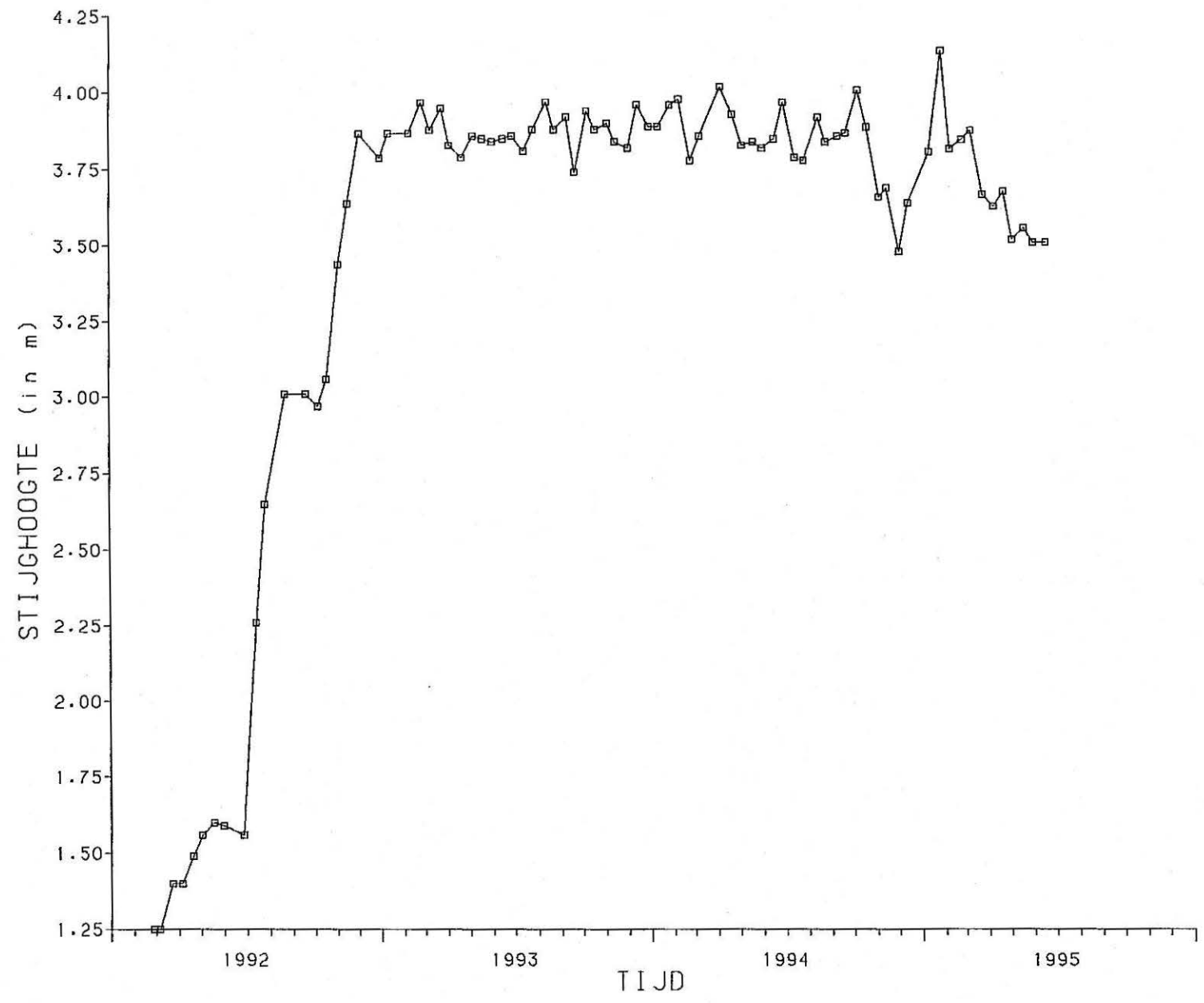


BASF:PIEZOMETER 31W1

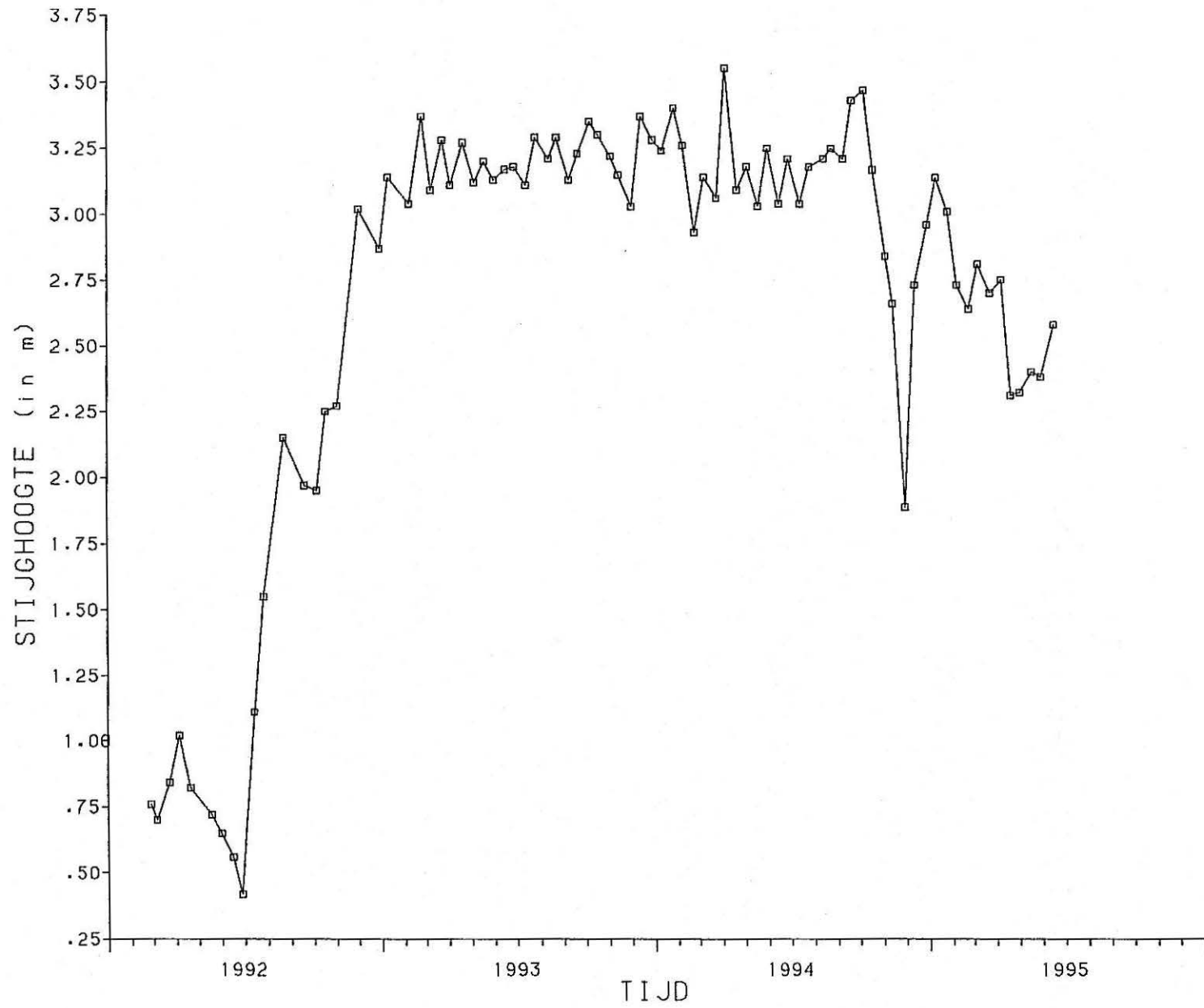


BIJLAGE 3

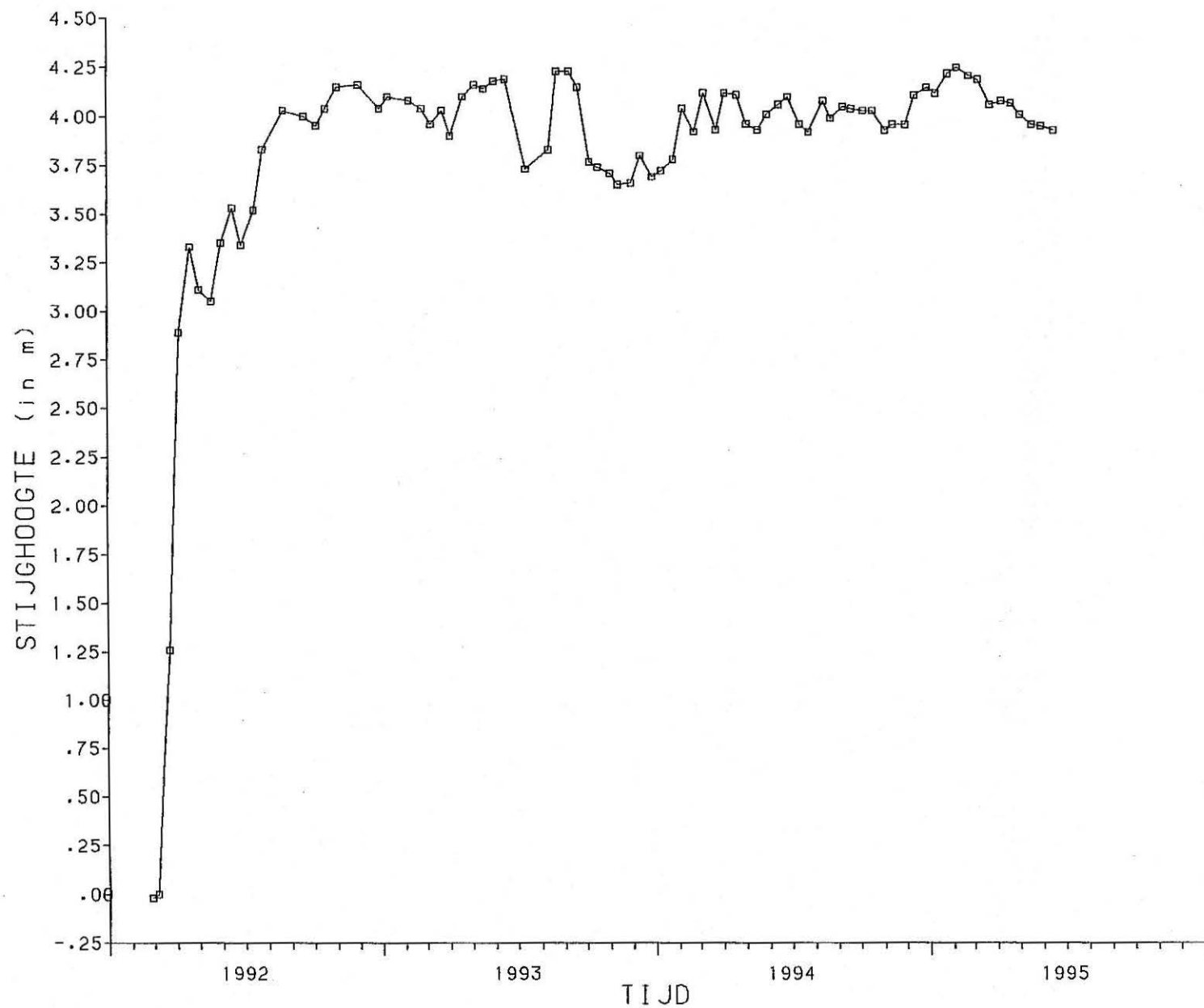
BASF:PIEZOMETER 03W2



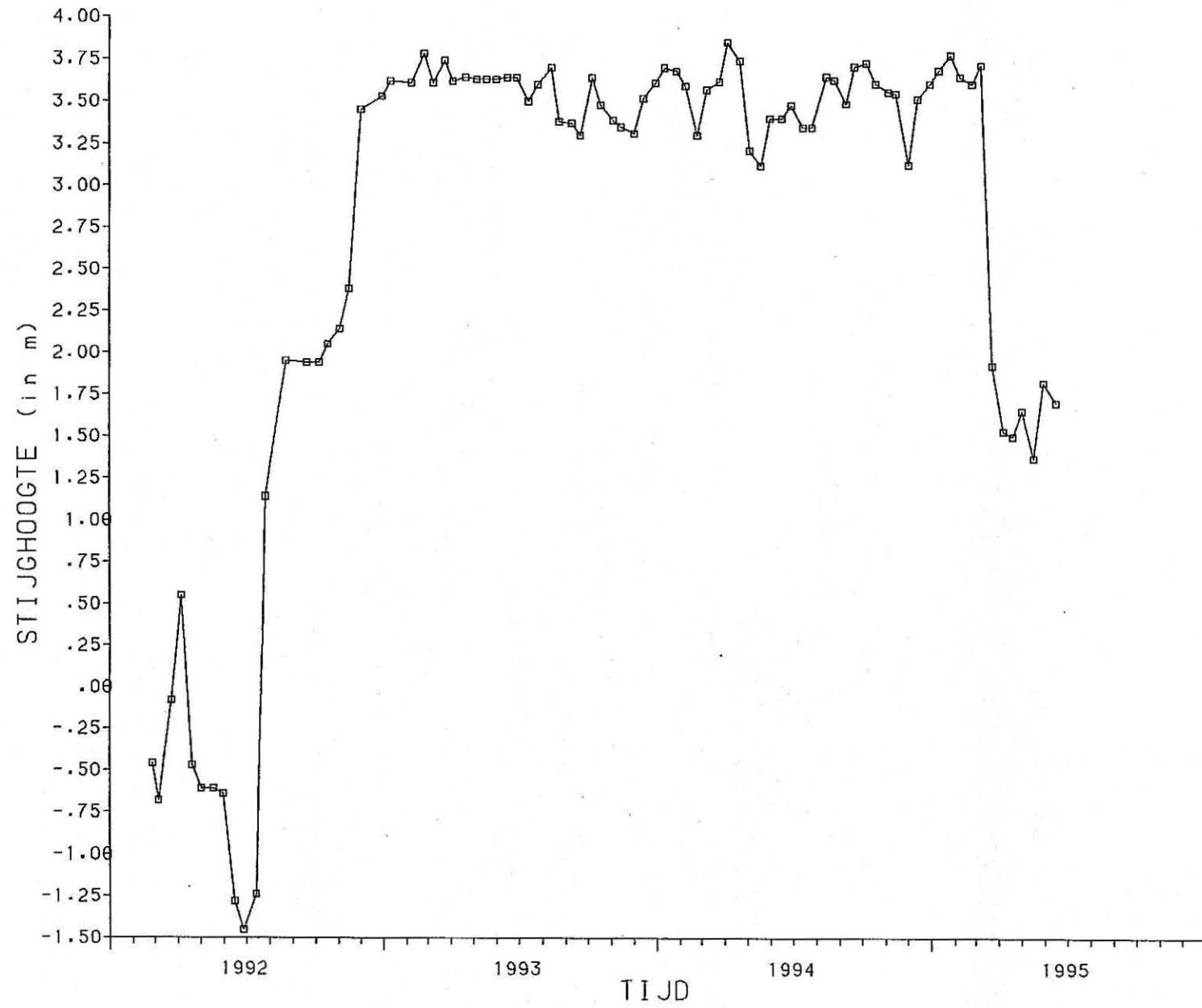
BASF:PIEZOMETER 06W2



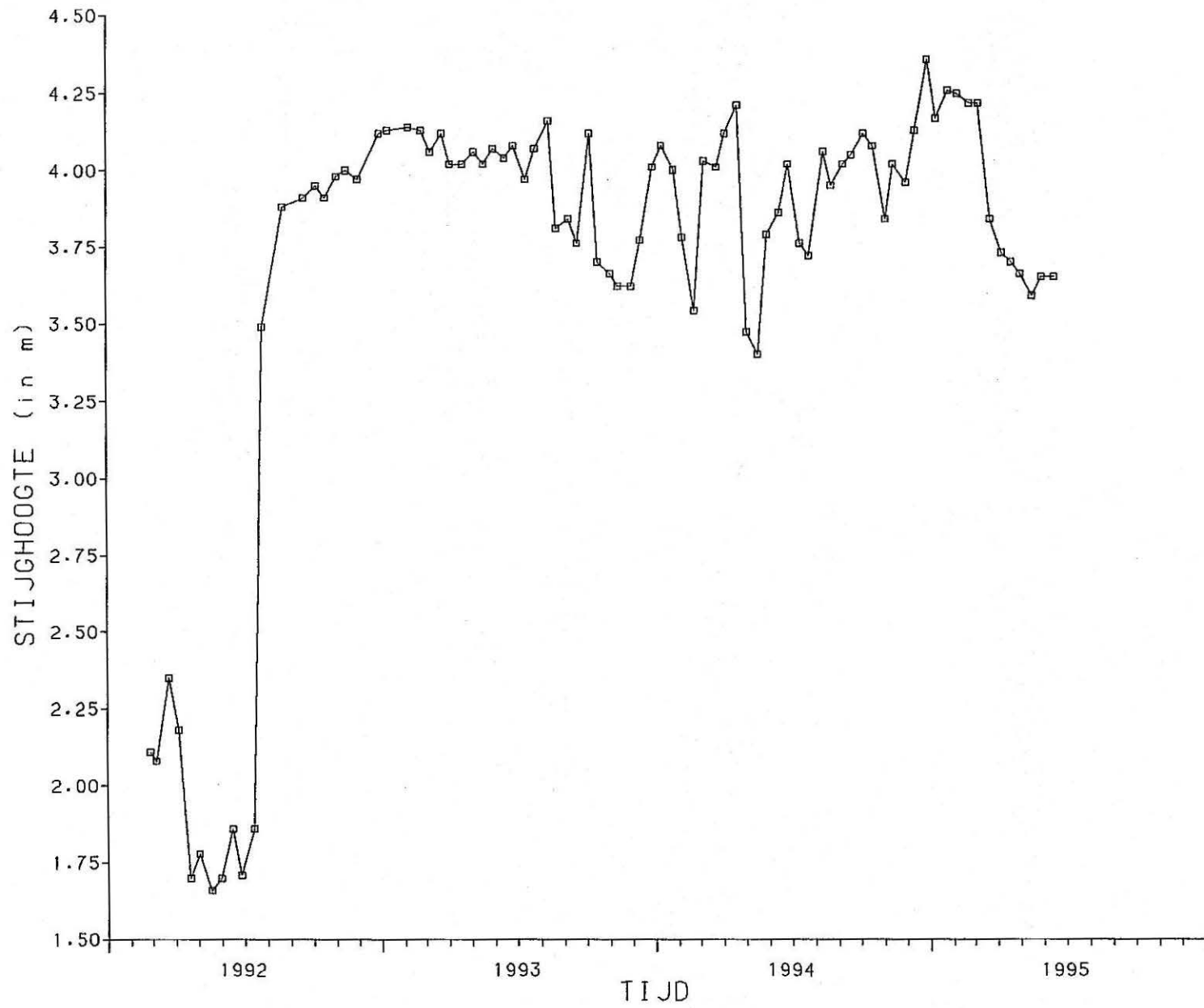
BASF:PIEZOMETER 16W2



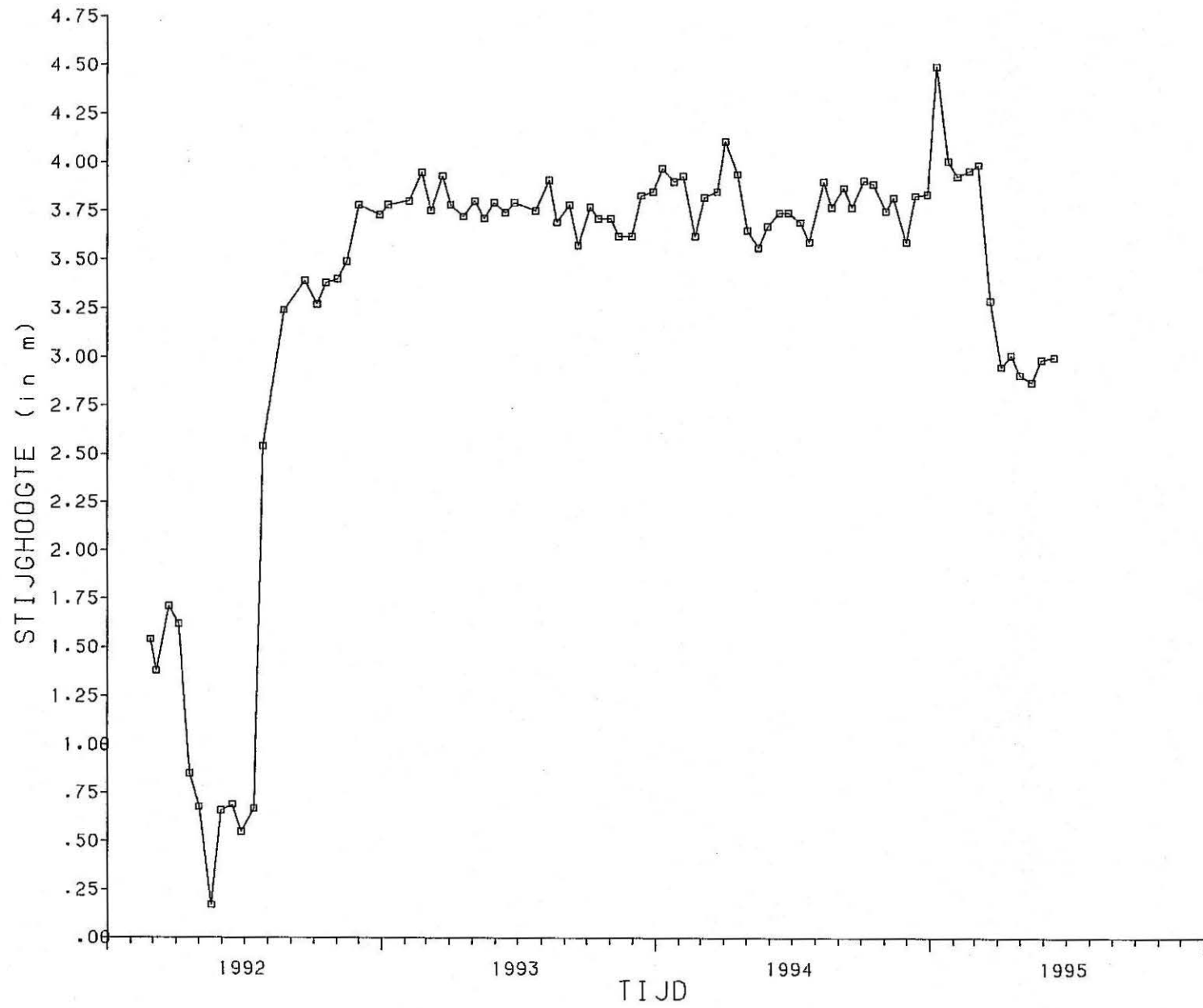
BASF:PIEZOMETER 17W2



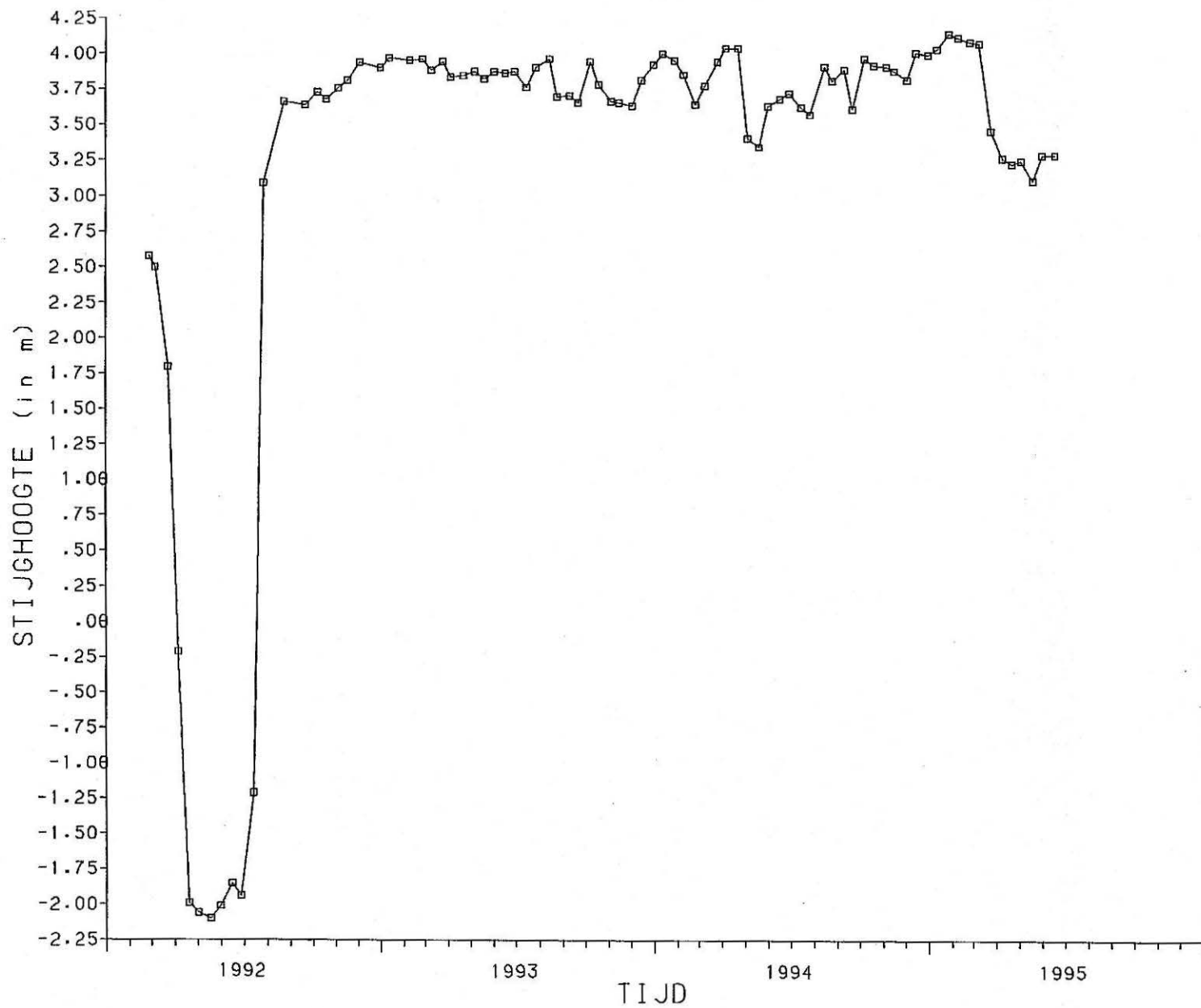
BASF:PIEZOMETER 21W2



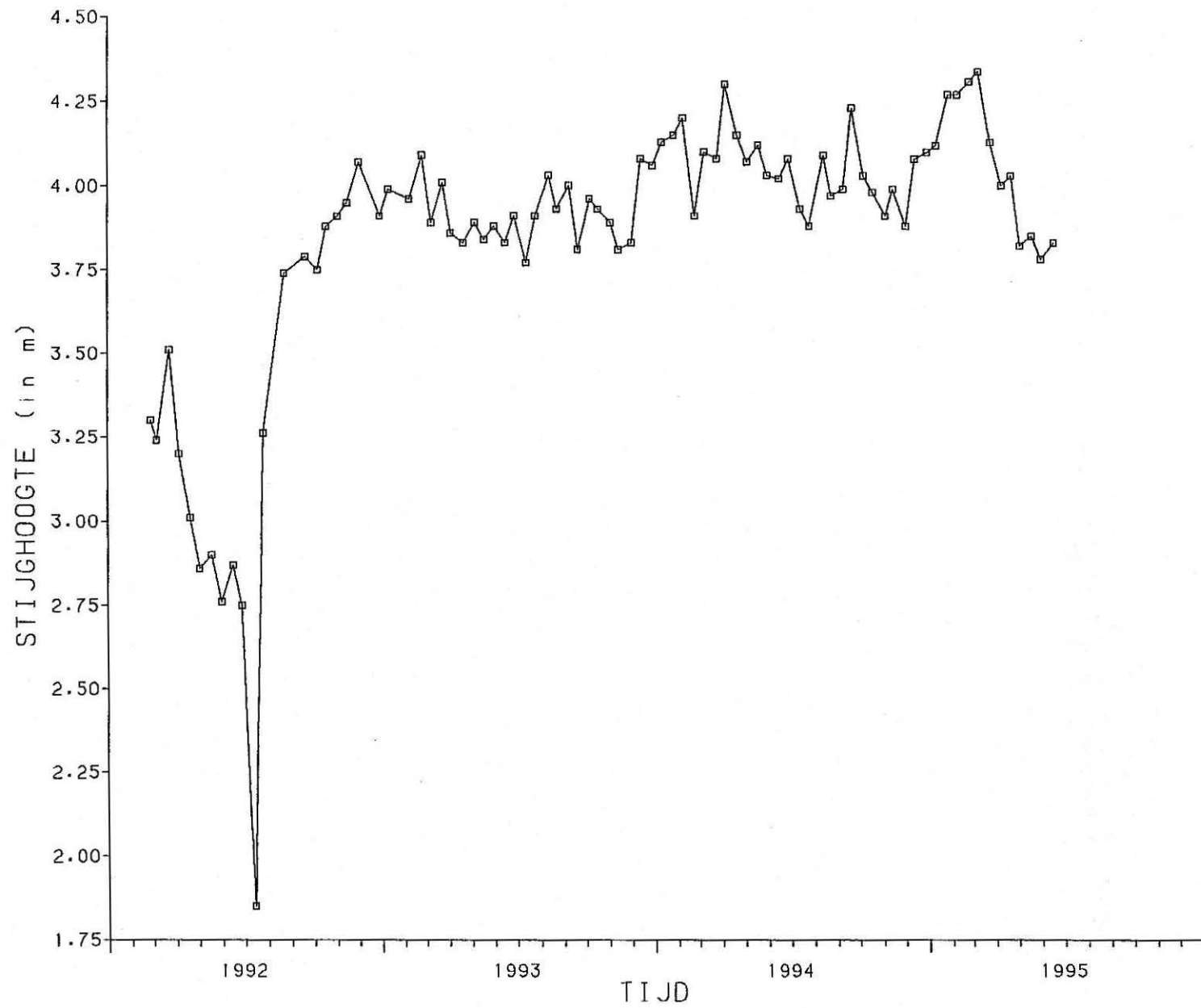
BASF:PIEZOMETER 30W2



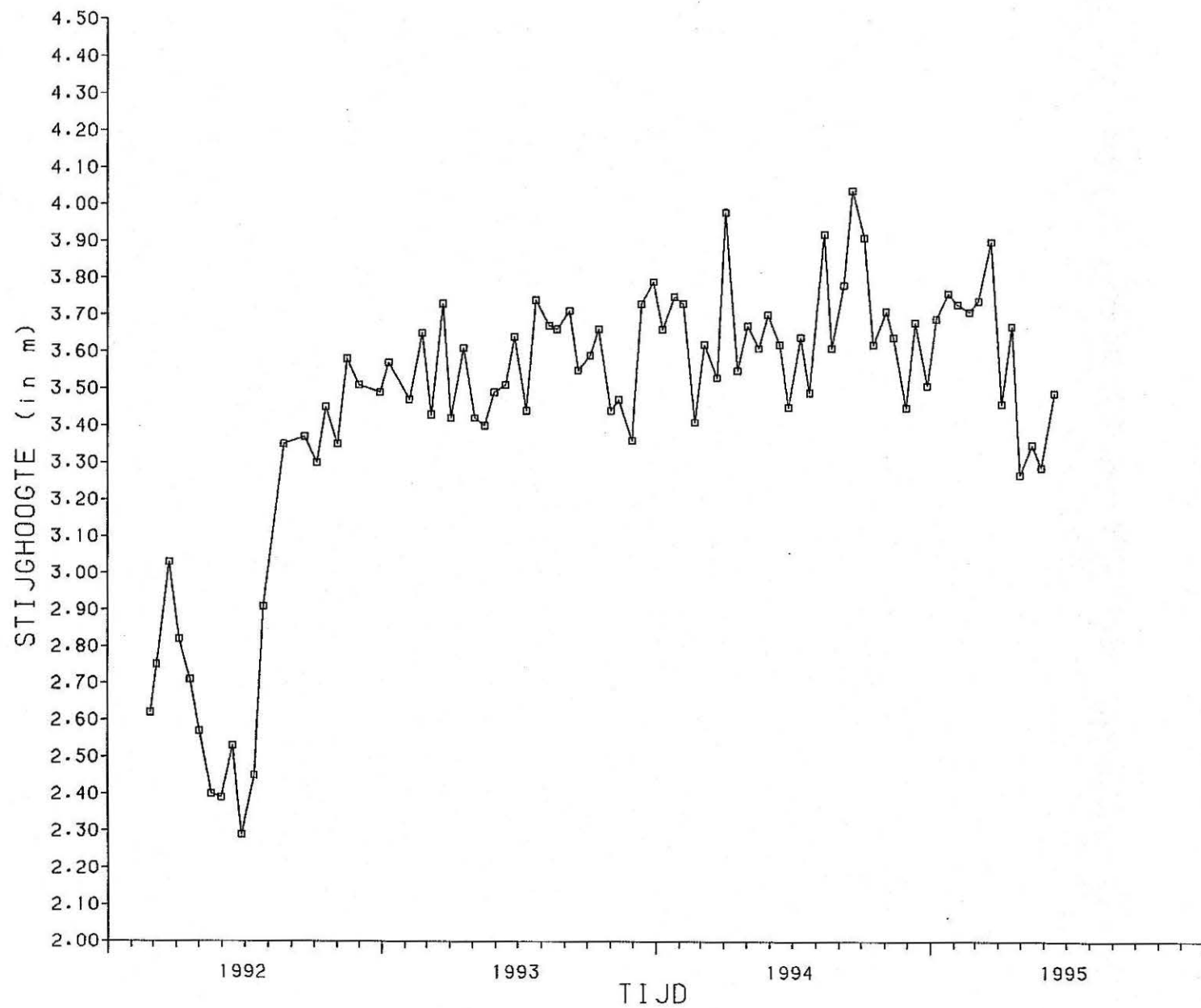
BASF:PIEZOMETER 31W2



BASF:PIEZOMETER 36W2

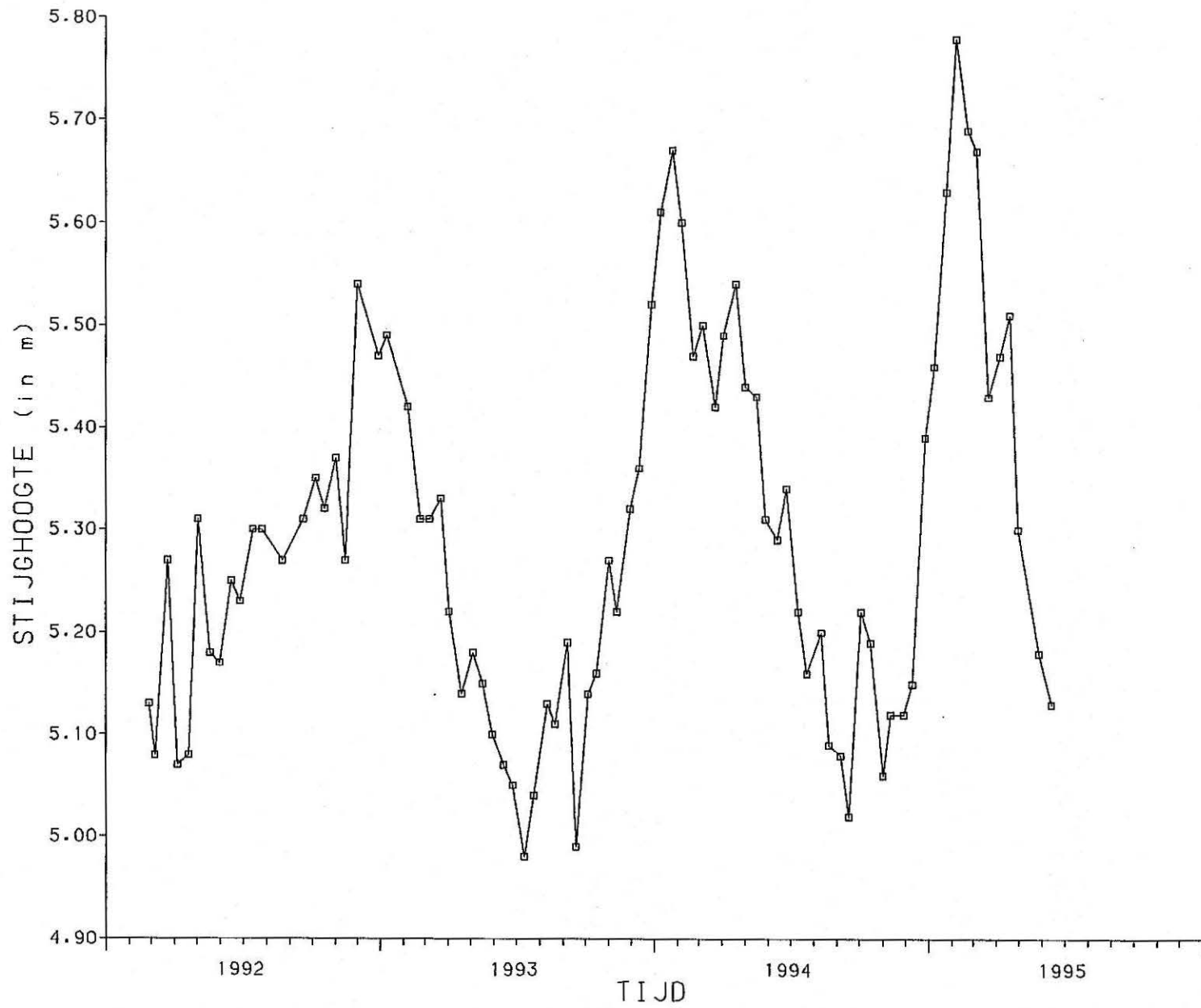


BASF:PIEZOMETER 38W2

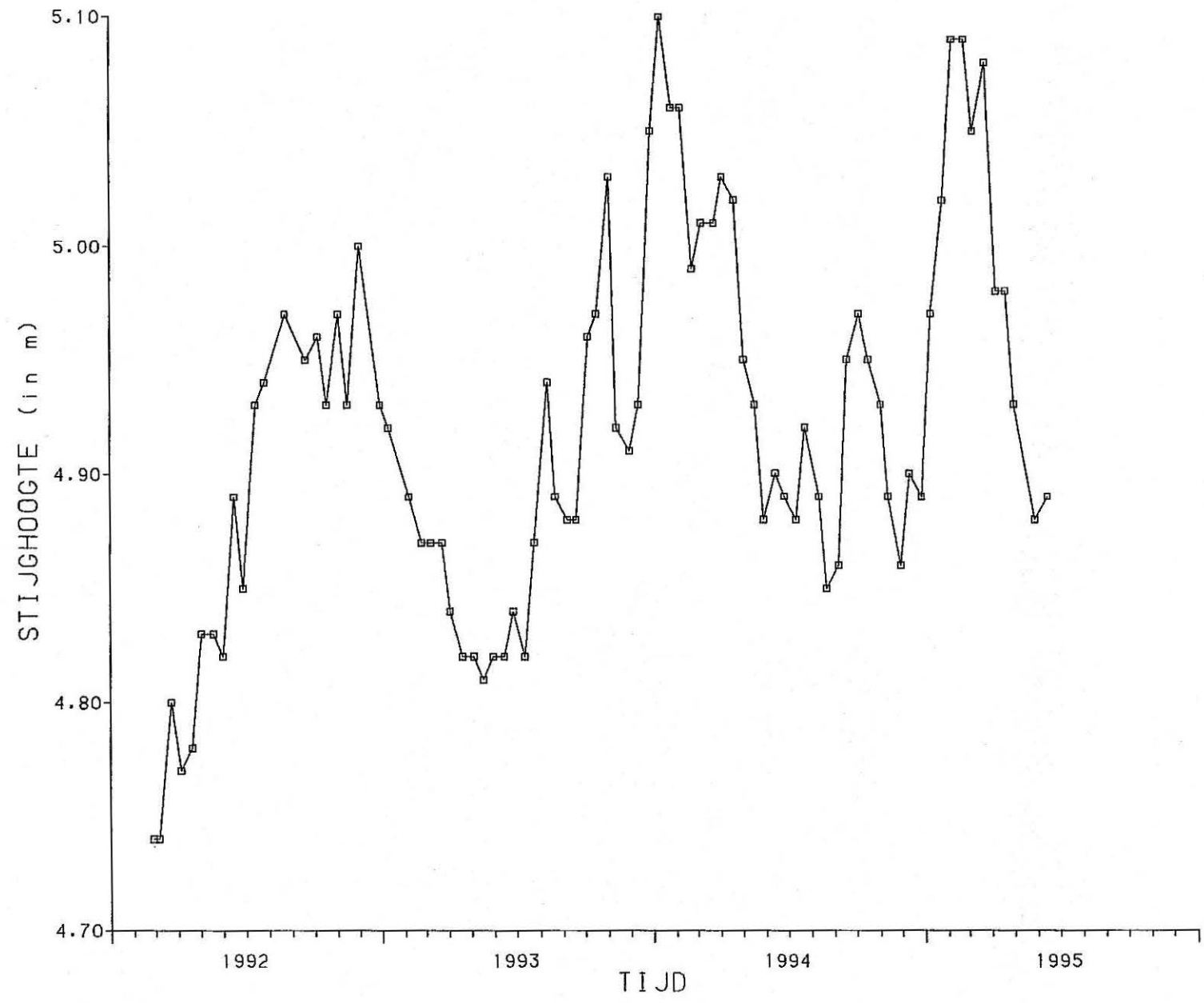


BIJLAGE 4

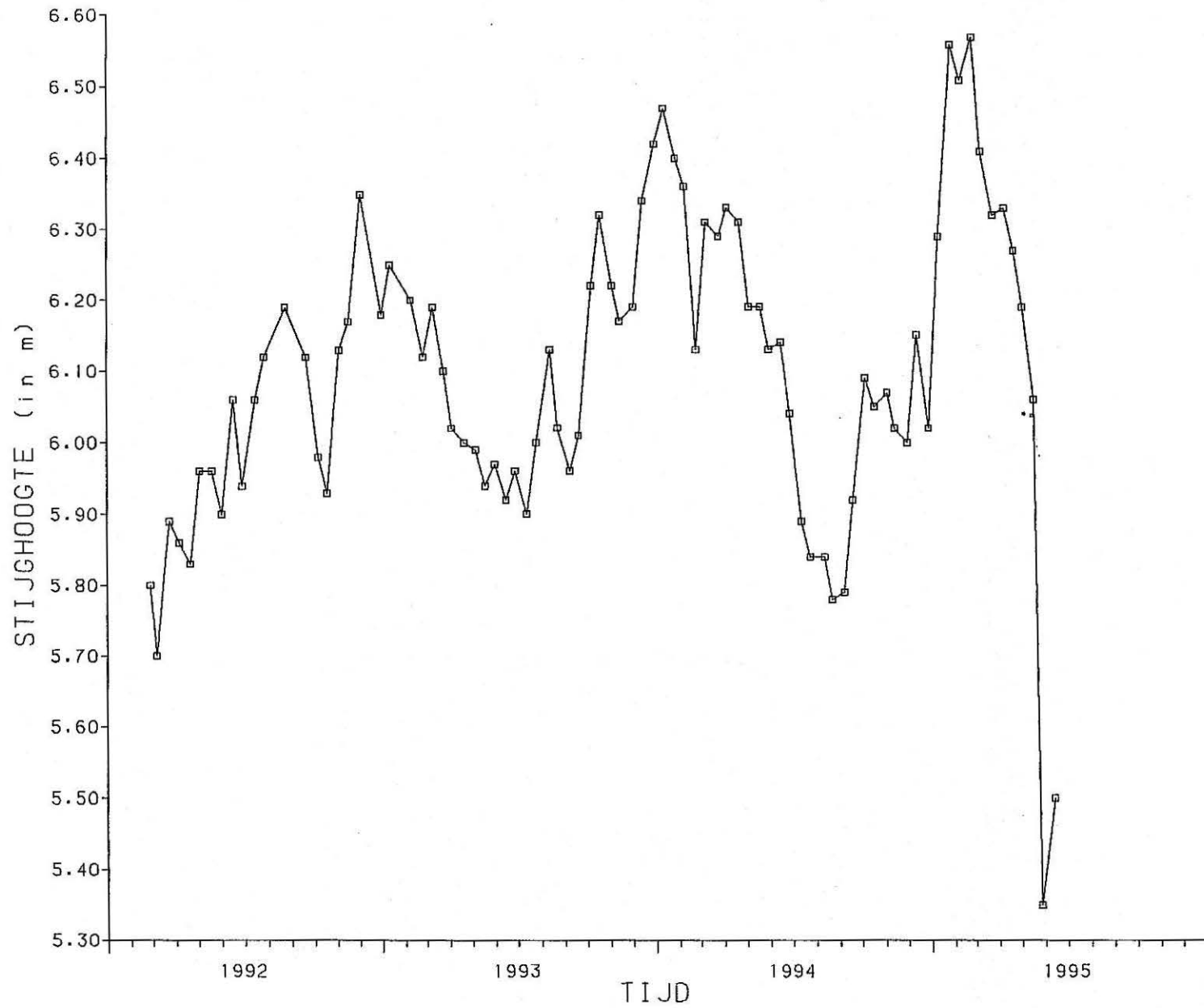
BASF-PIEZOMETER 01W4



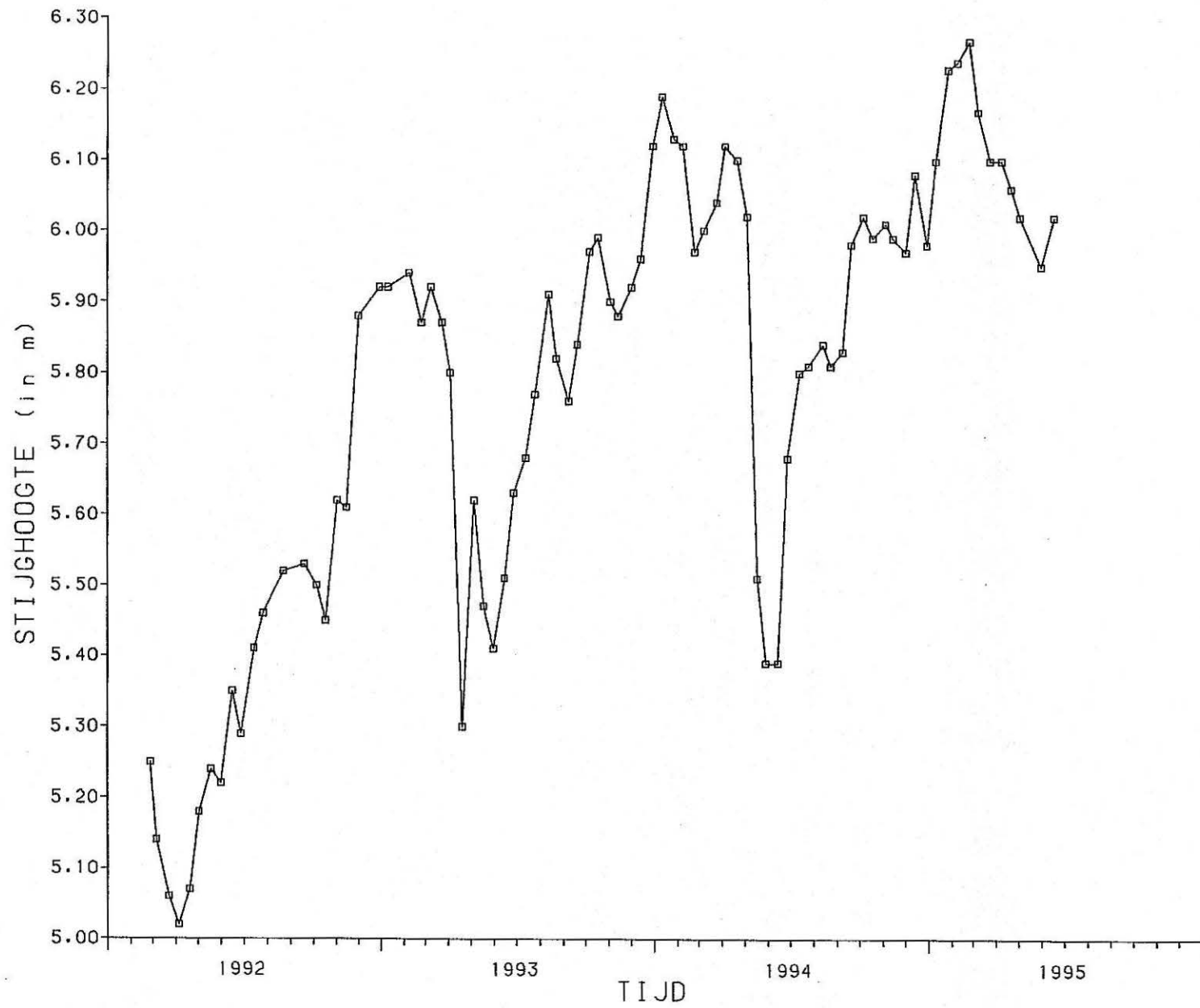
BASF : PIEZOMETER 02W4



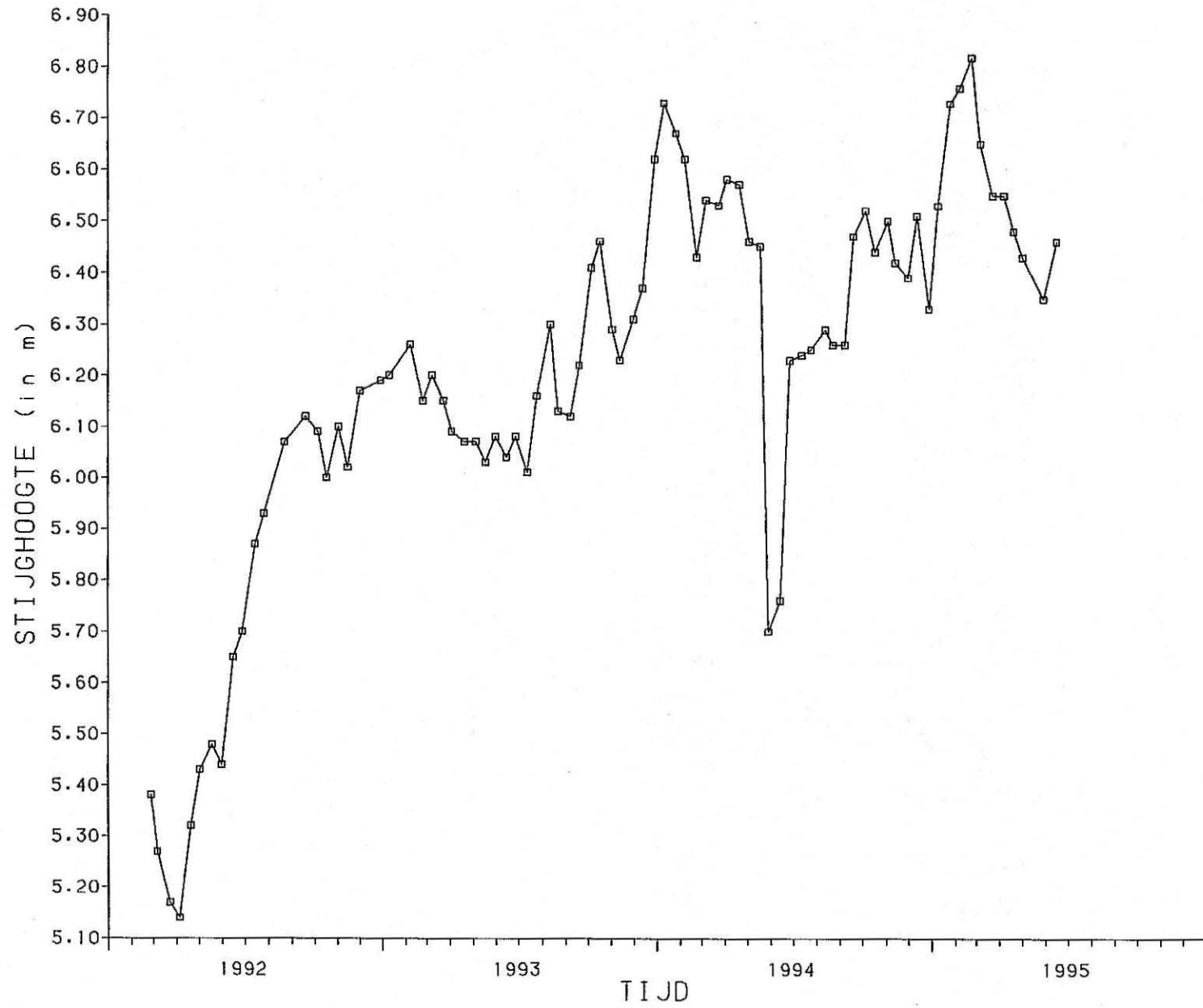
BASF:PIEZOMETER 03W4



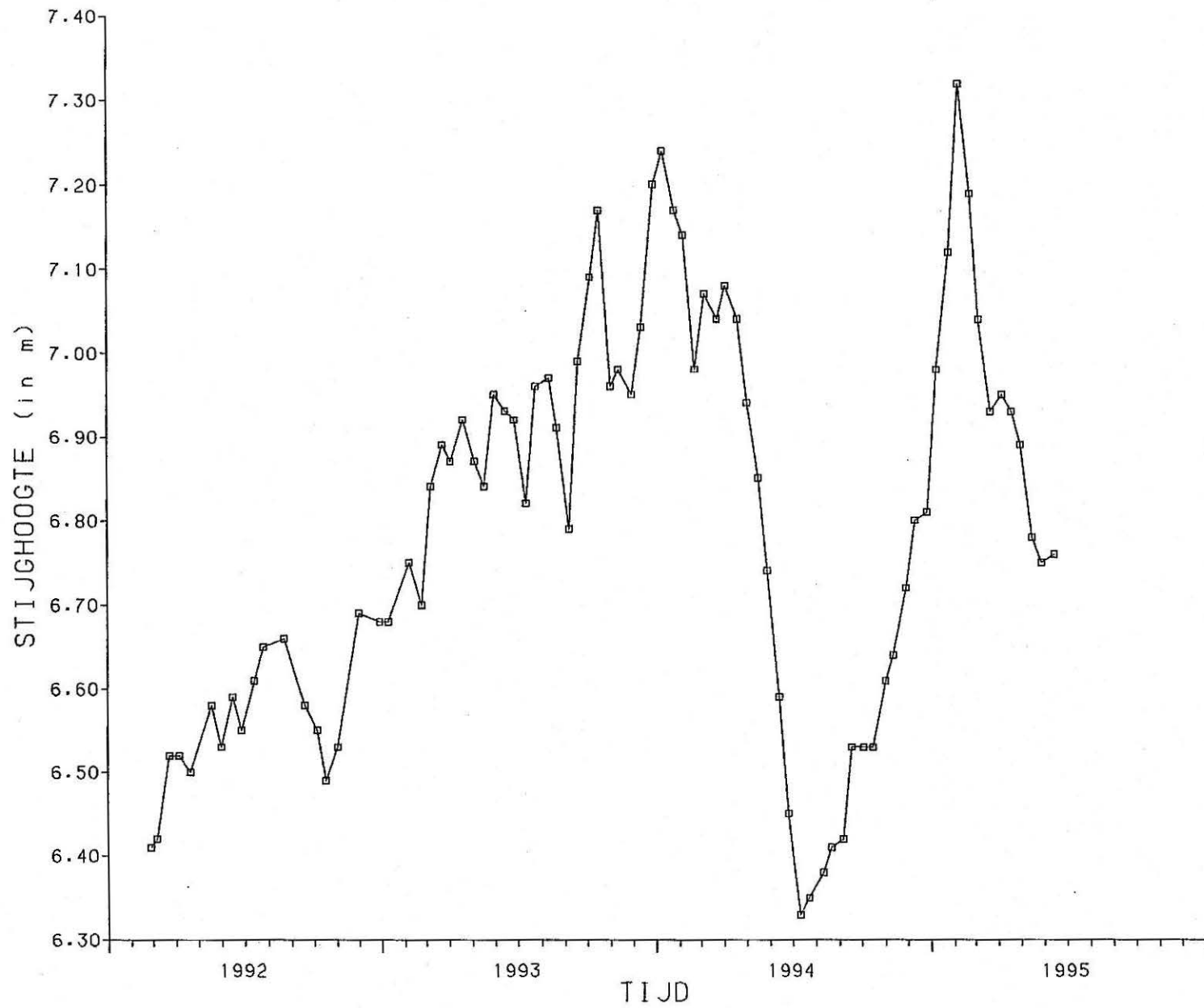
BASF:PIEZOMETER 04W4



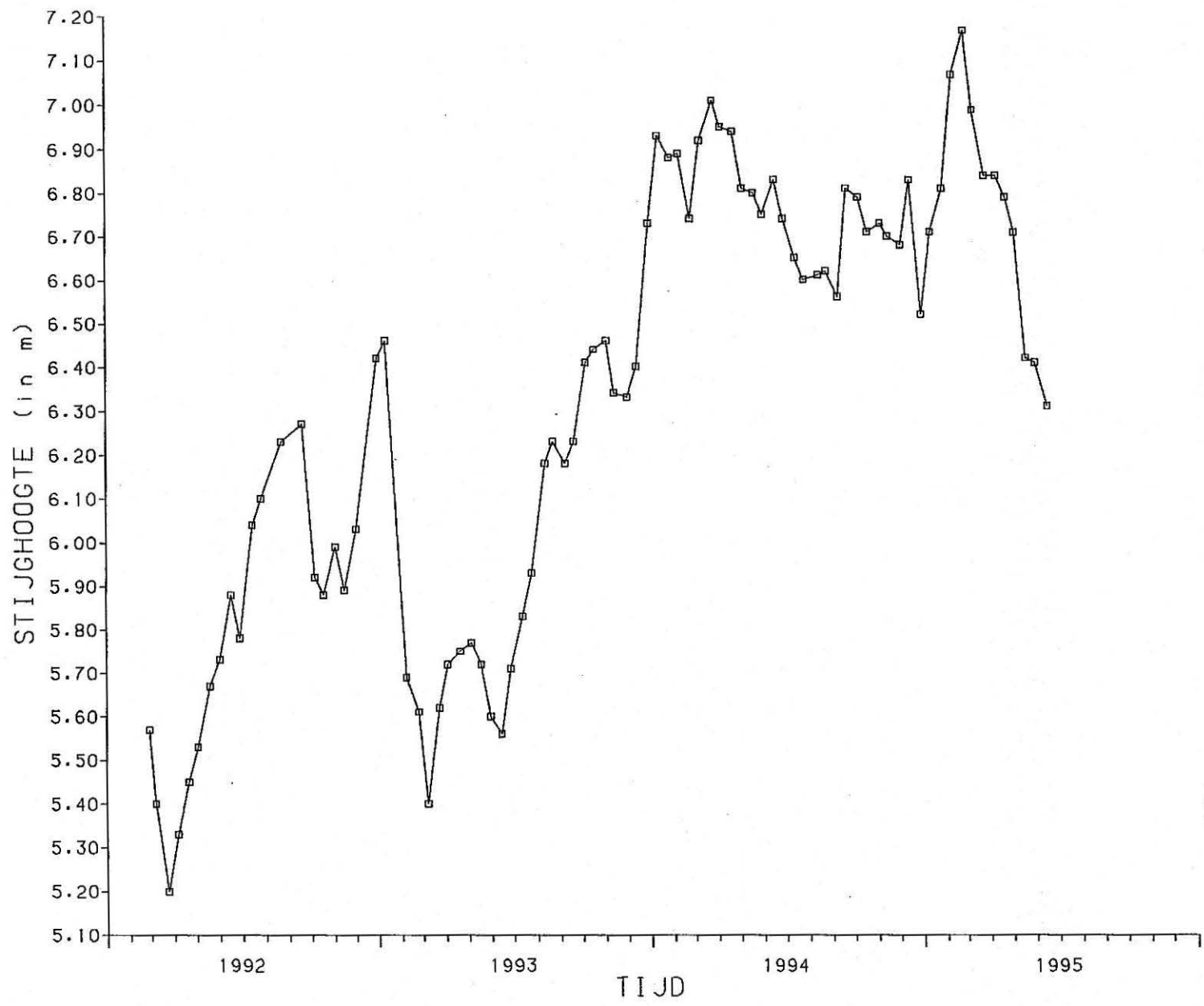
BASF:PIEZOMETER 05W4



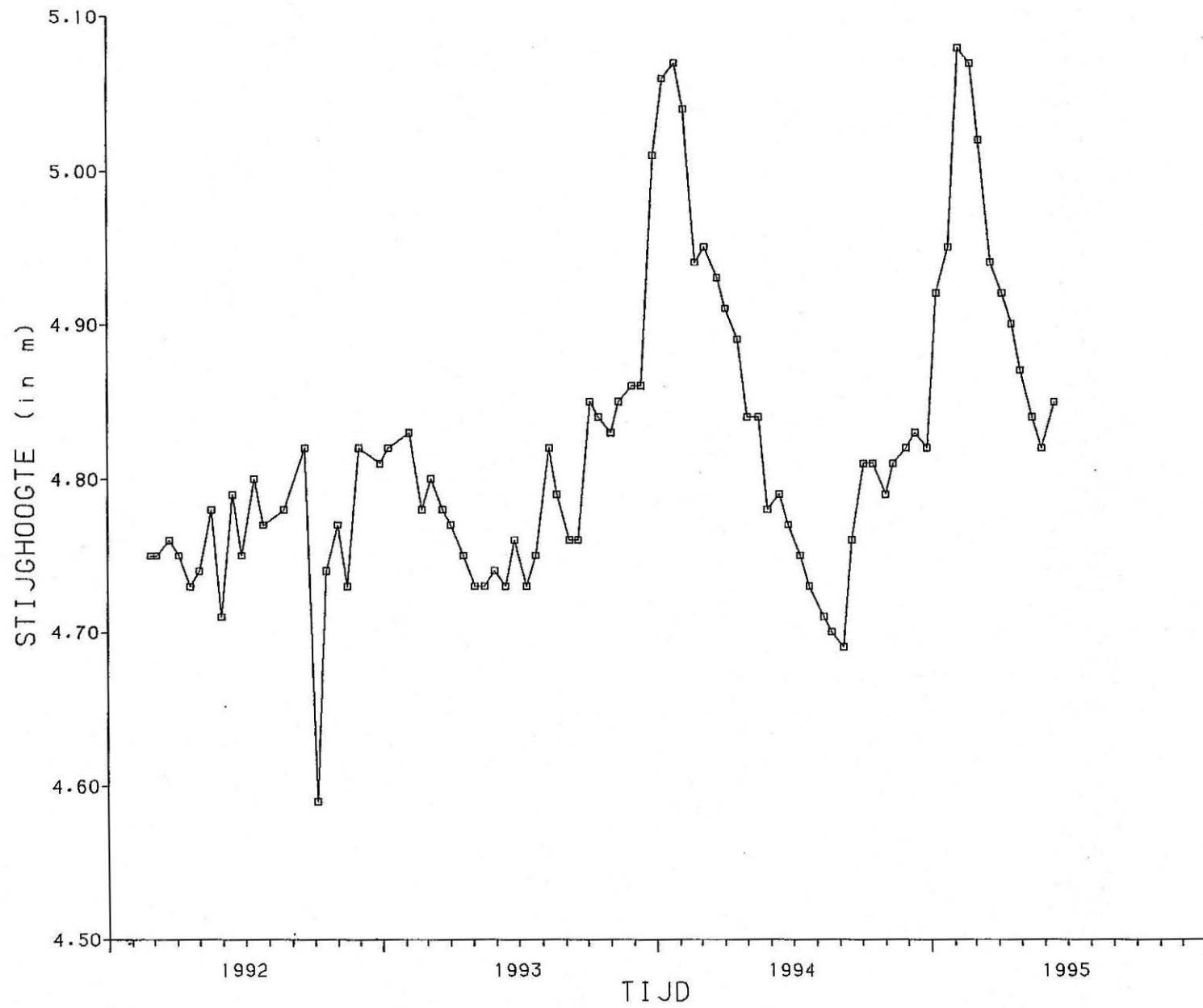
BASF:PIEZOMETER 06W4



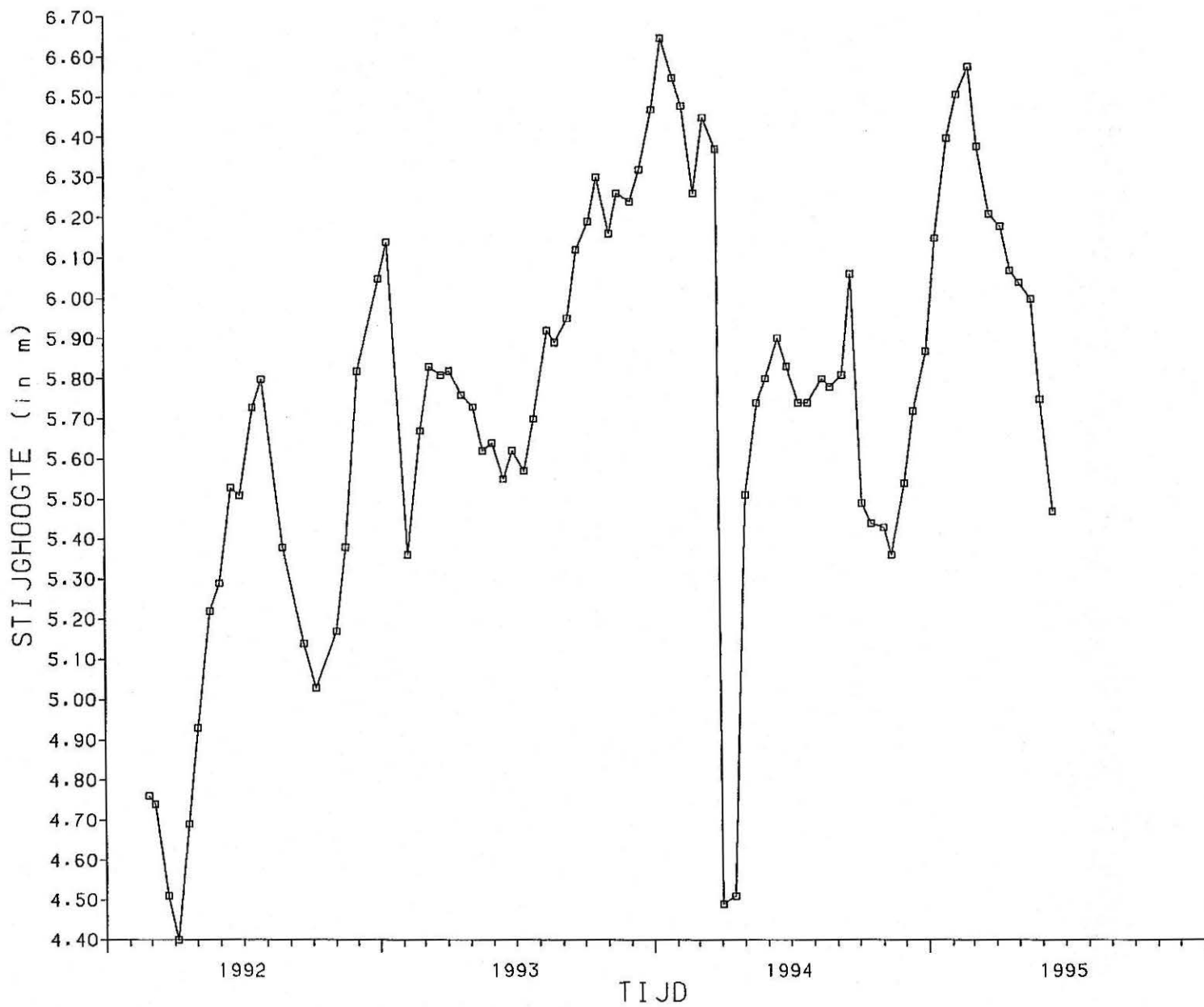
BASF:PIEZOMETER 07W4



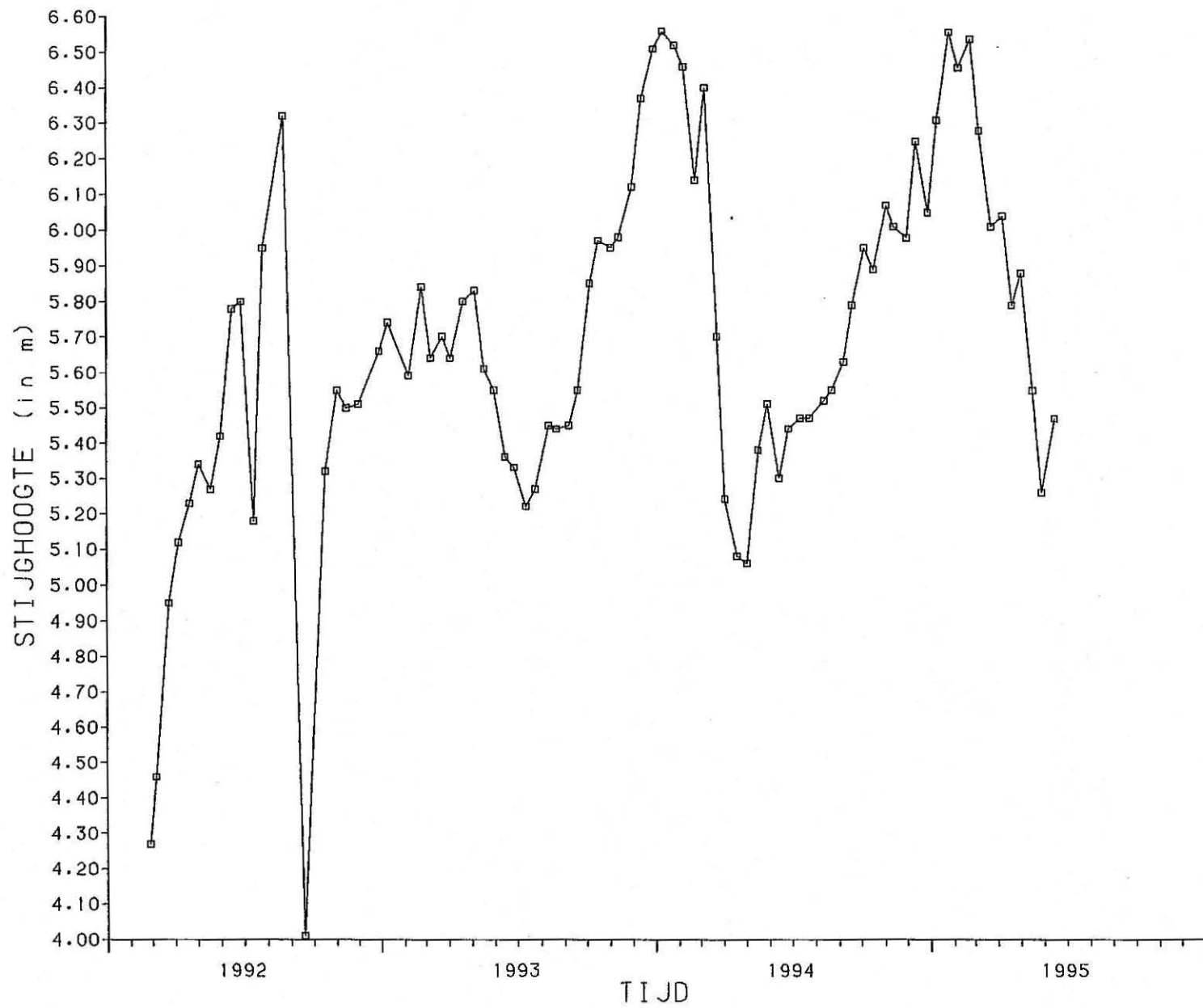
BASF:PIEZOMETER 08W4



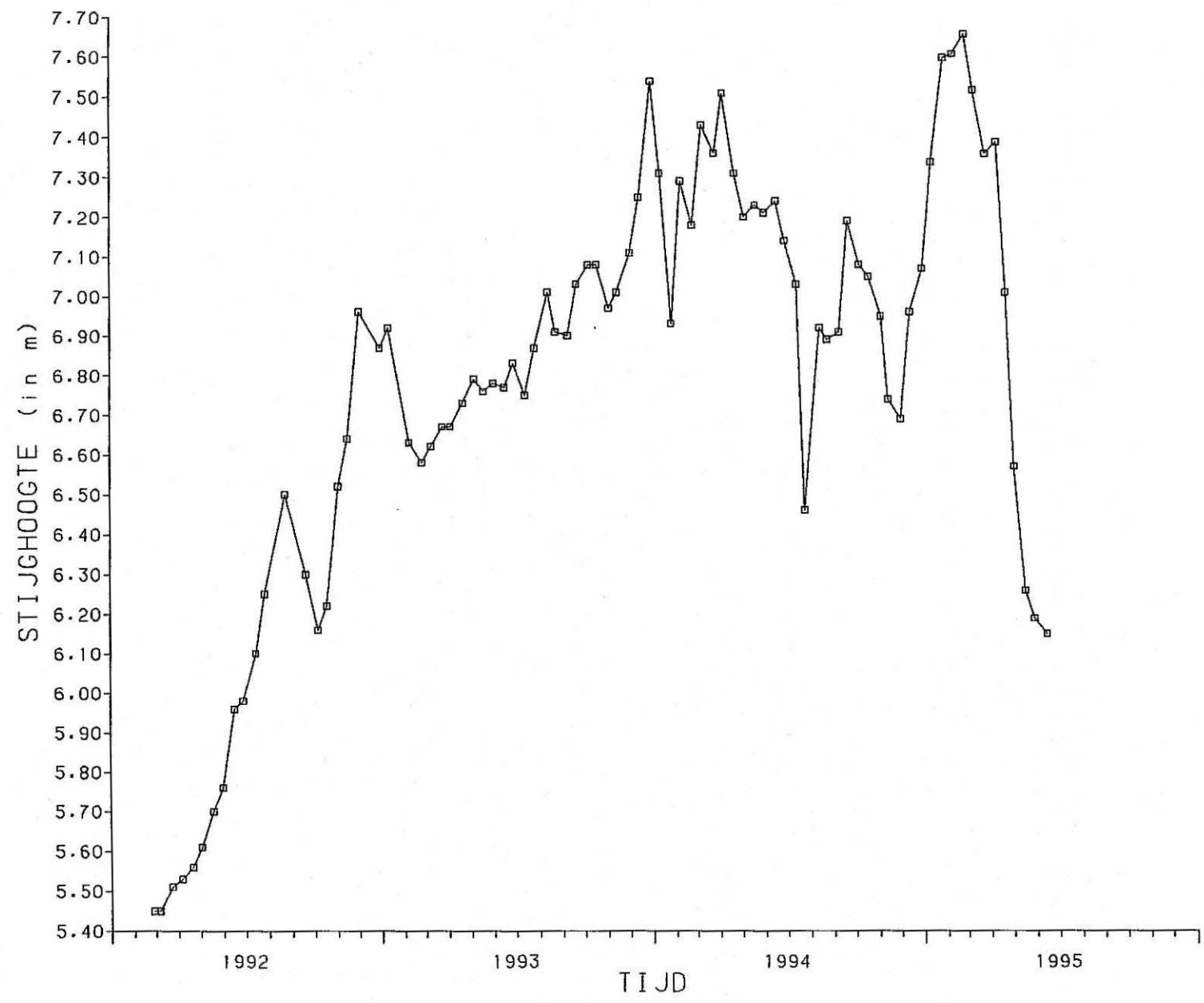
BASF:PIEZOMETER 09W4



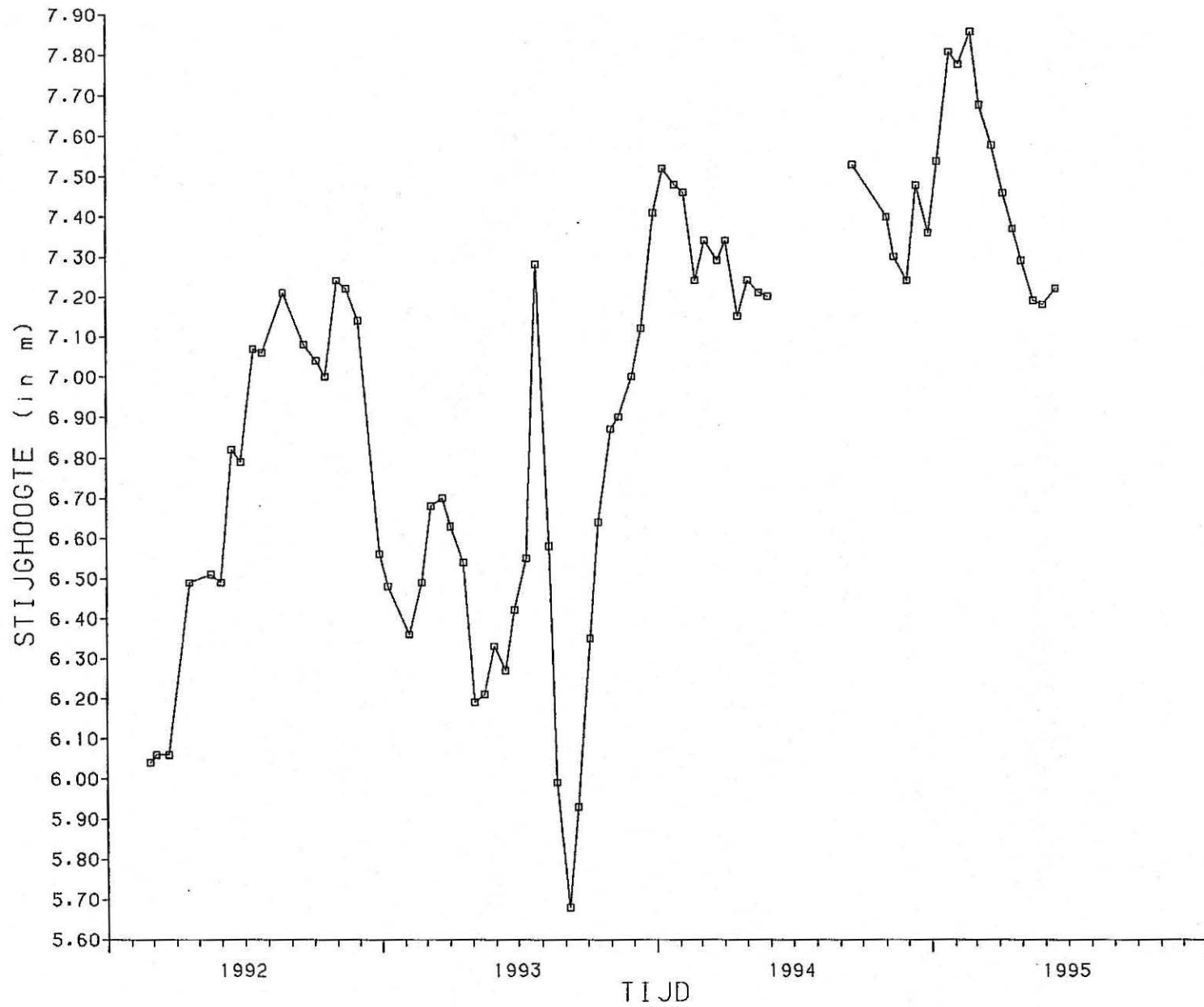
BASF:PIEZOMETER 10W4



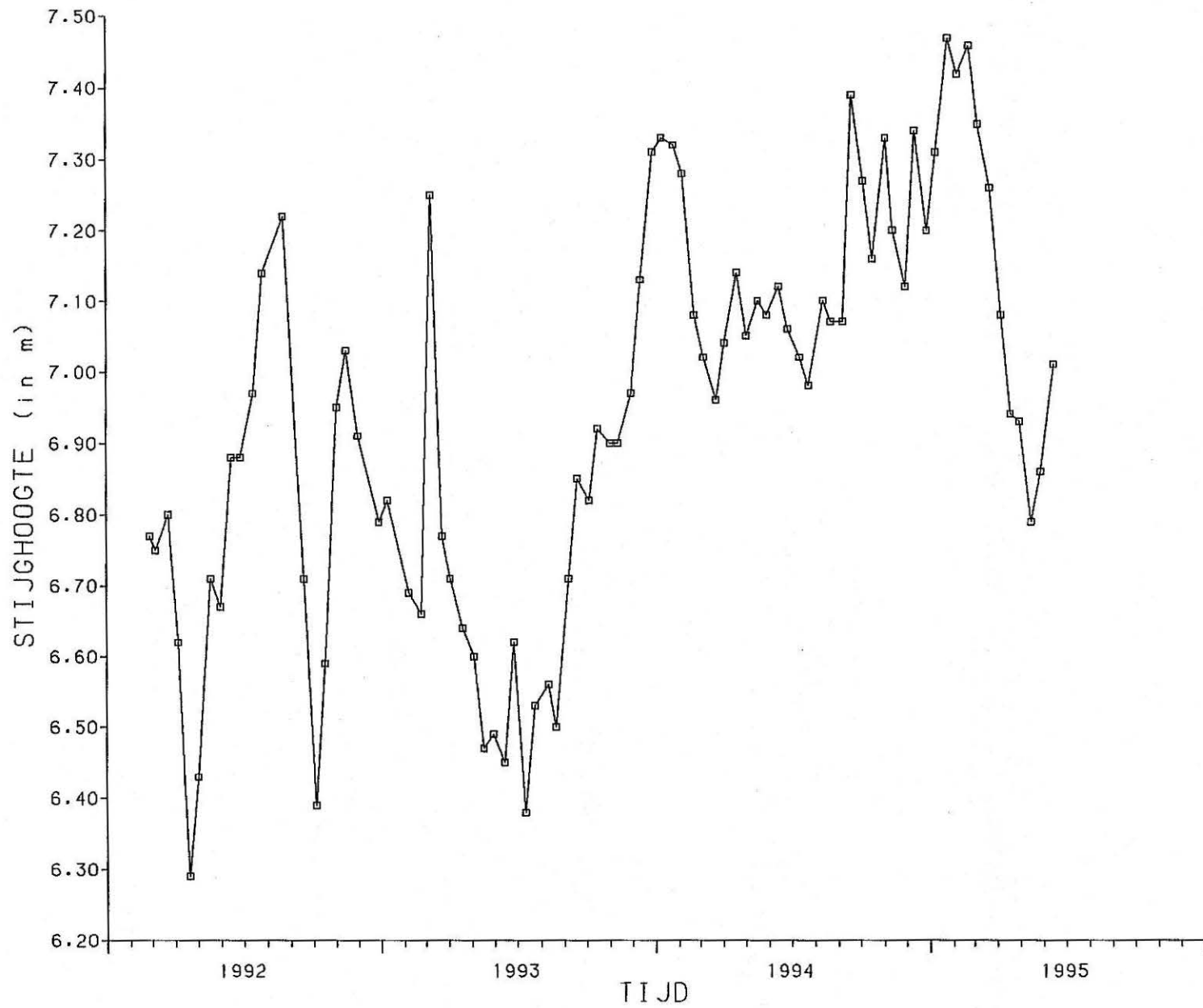
BASF · PIEZOMETER 11W4



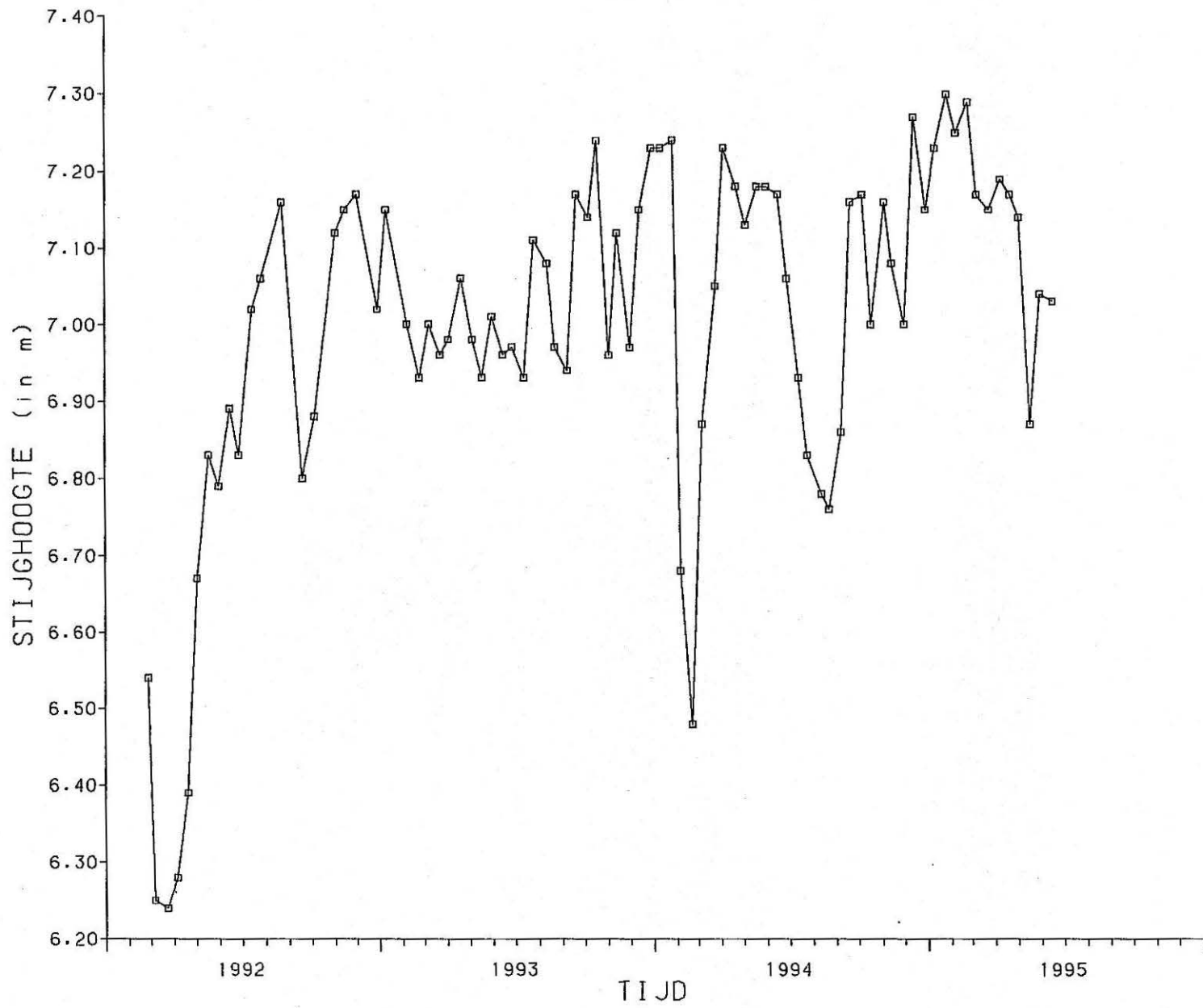
BASF:PIEZOMETER 12W4



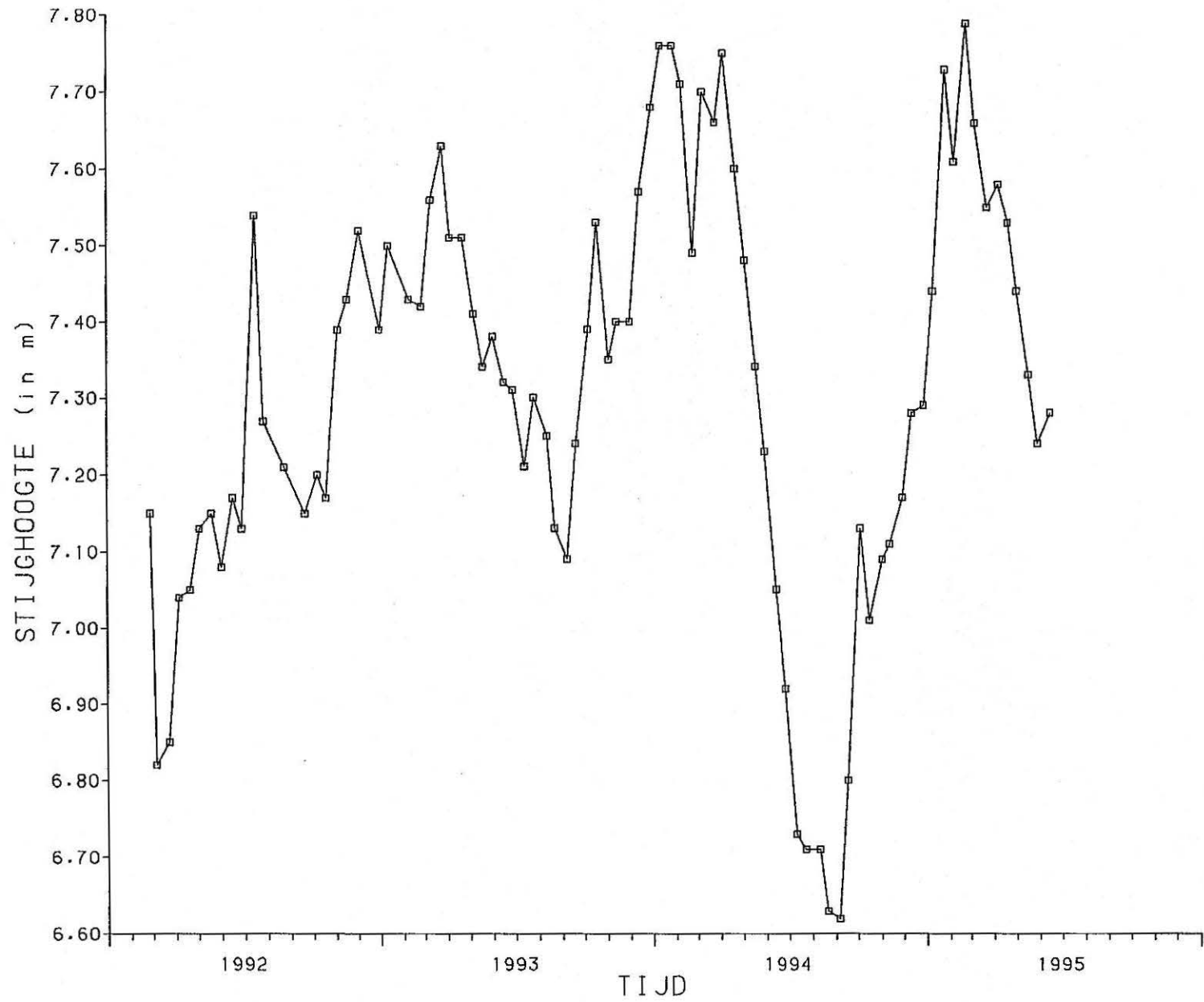
BASF:PIEZOMETER 13W4



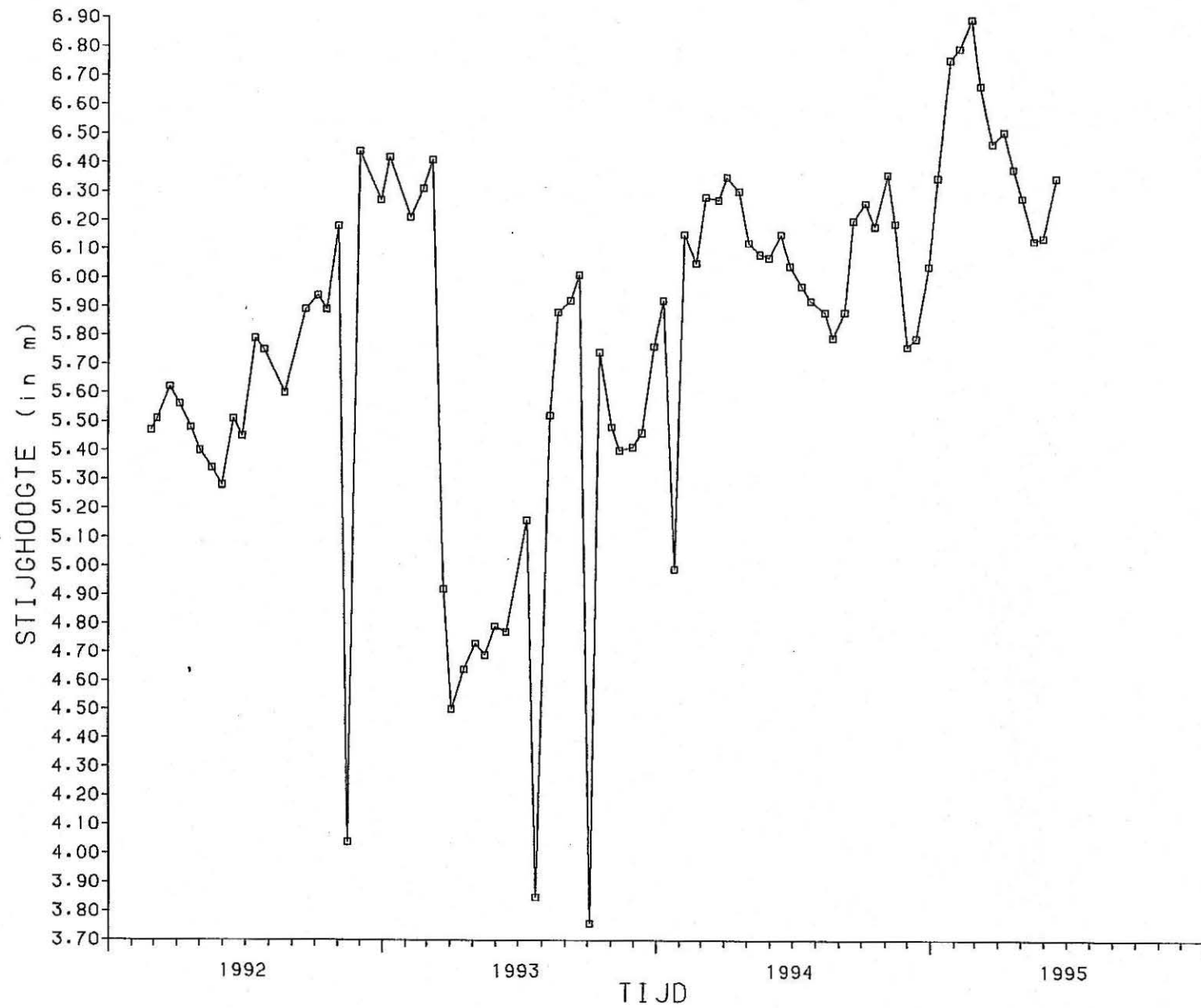
BASF:PIEZOMETER 14W4



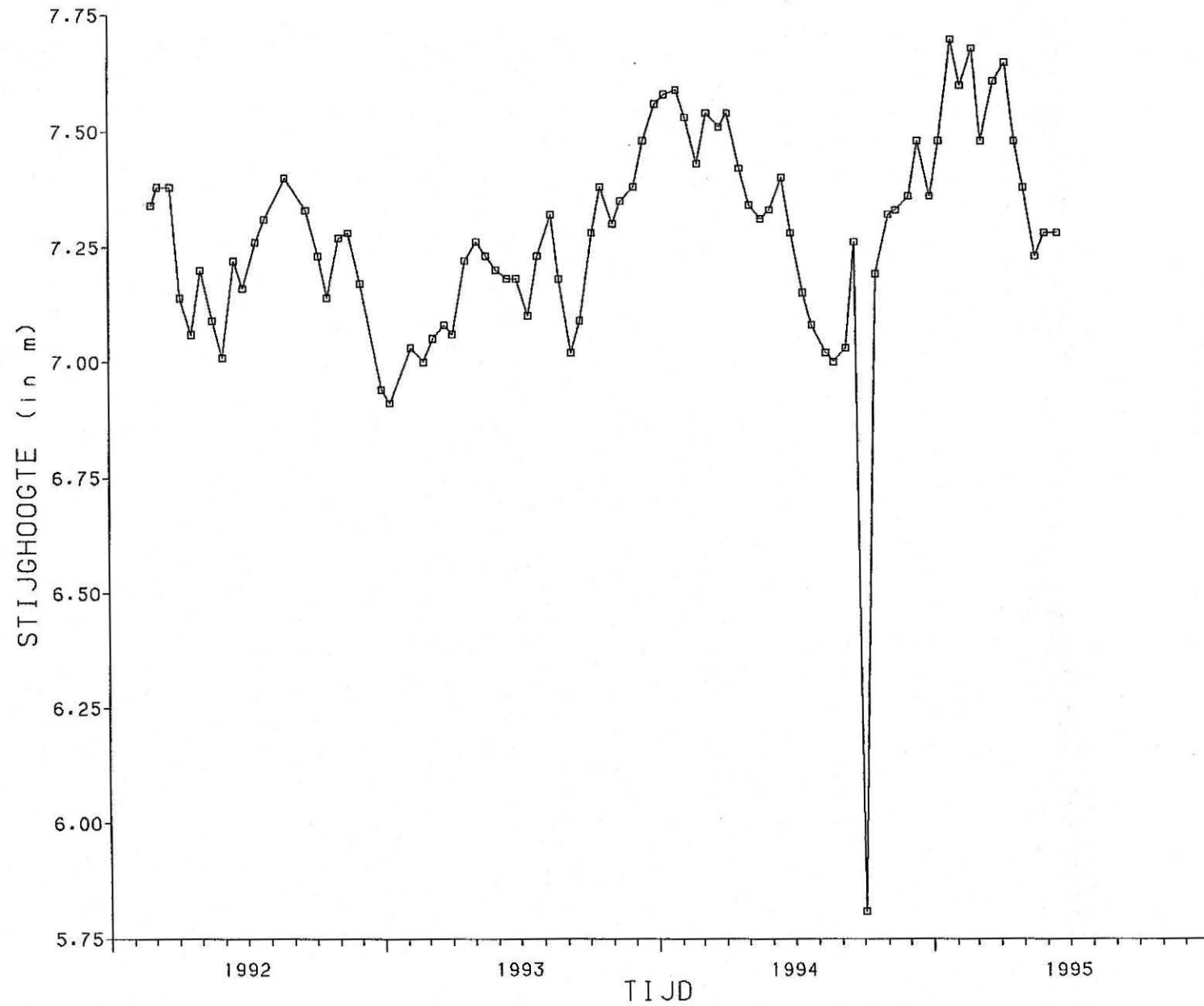
BASF:PIEZOMETER 15W4



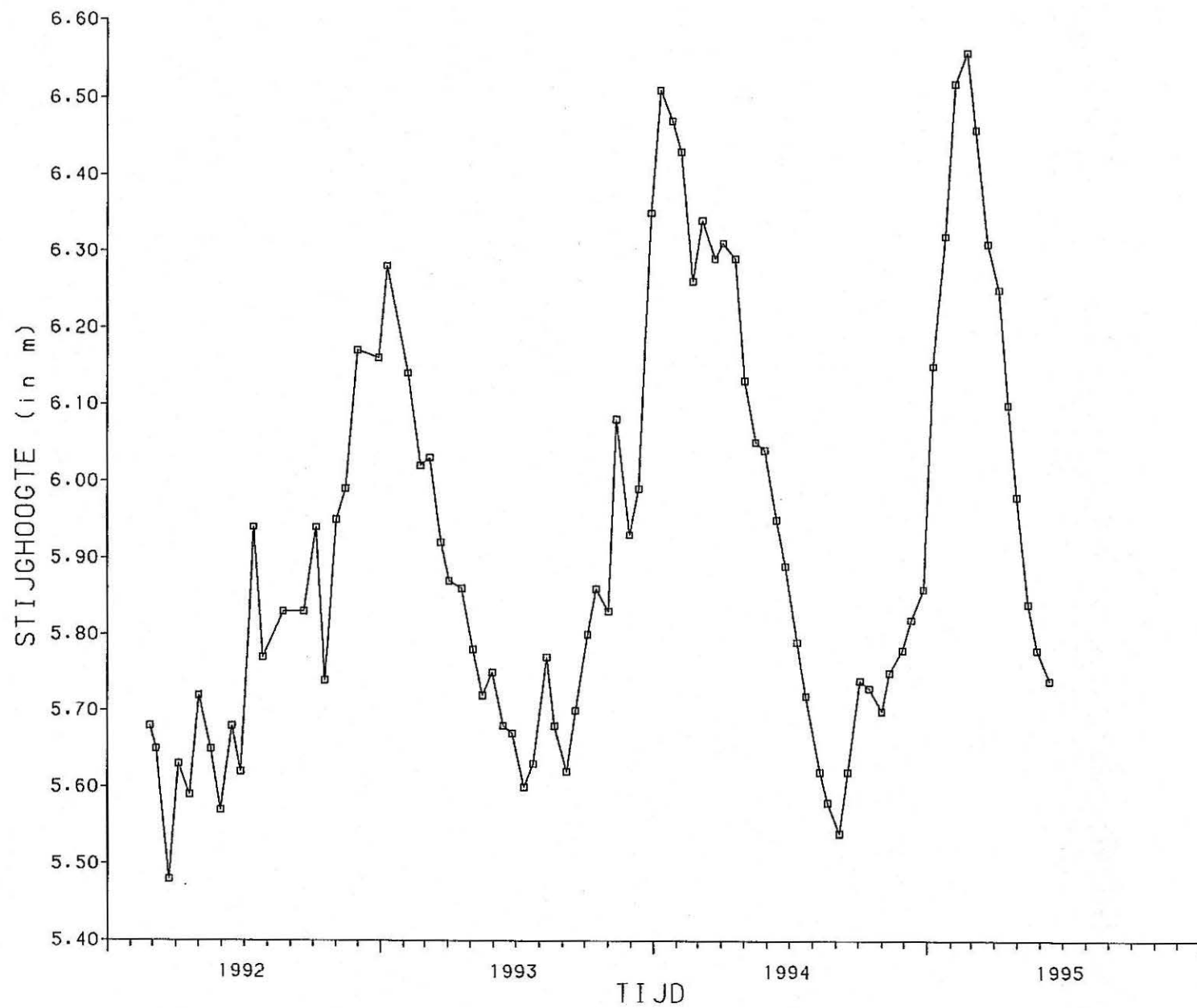
BASF:PIEZOMETER 16W4



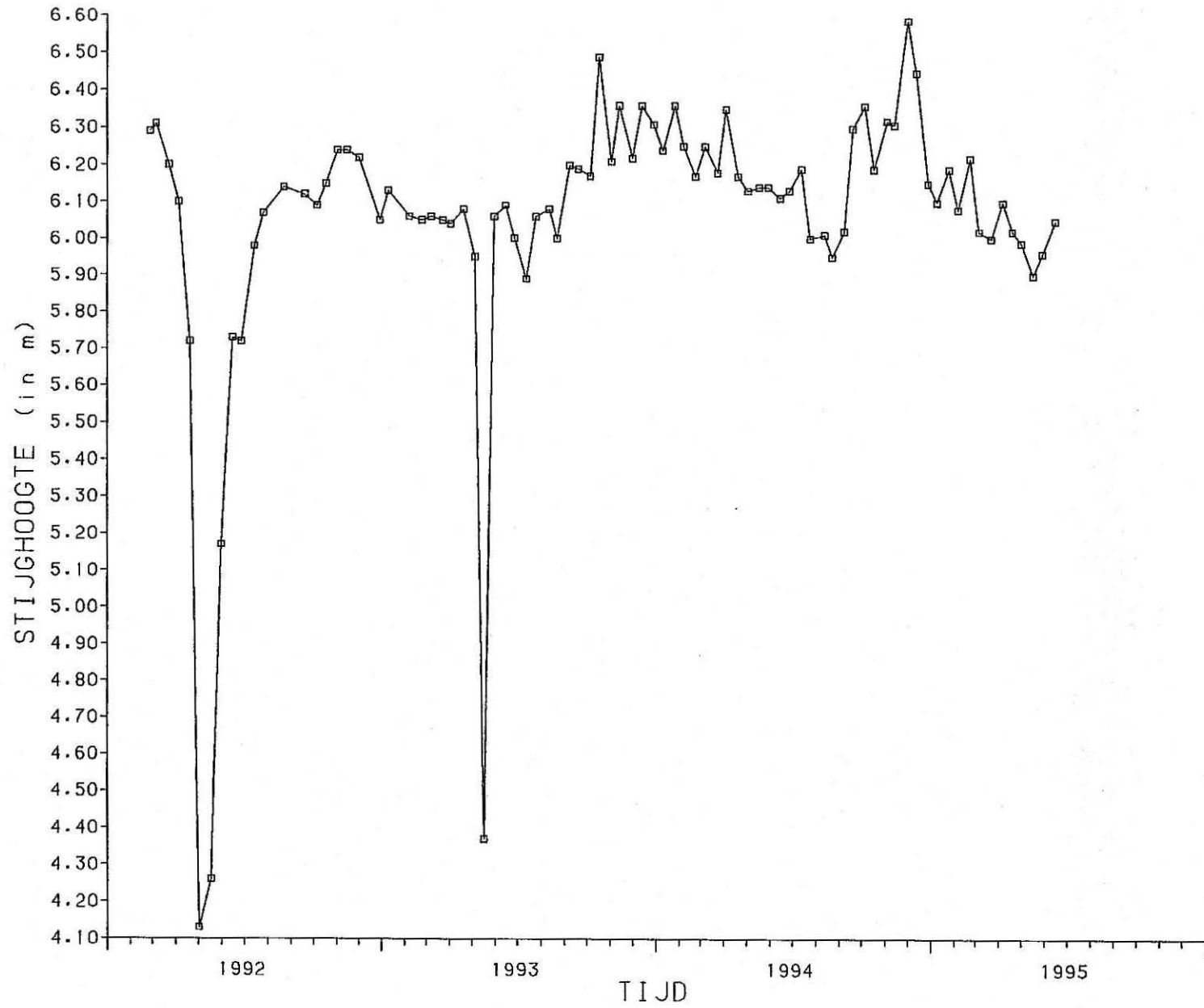
BASF:PIEZOMETER 17W4



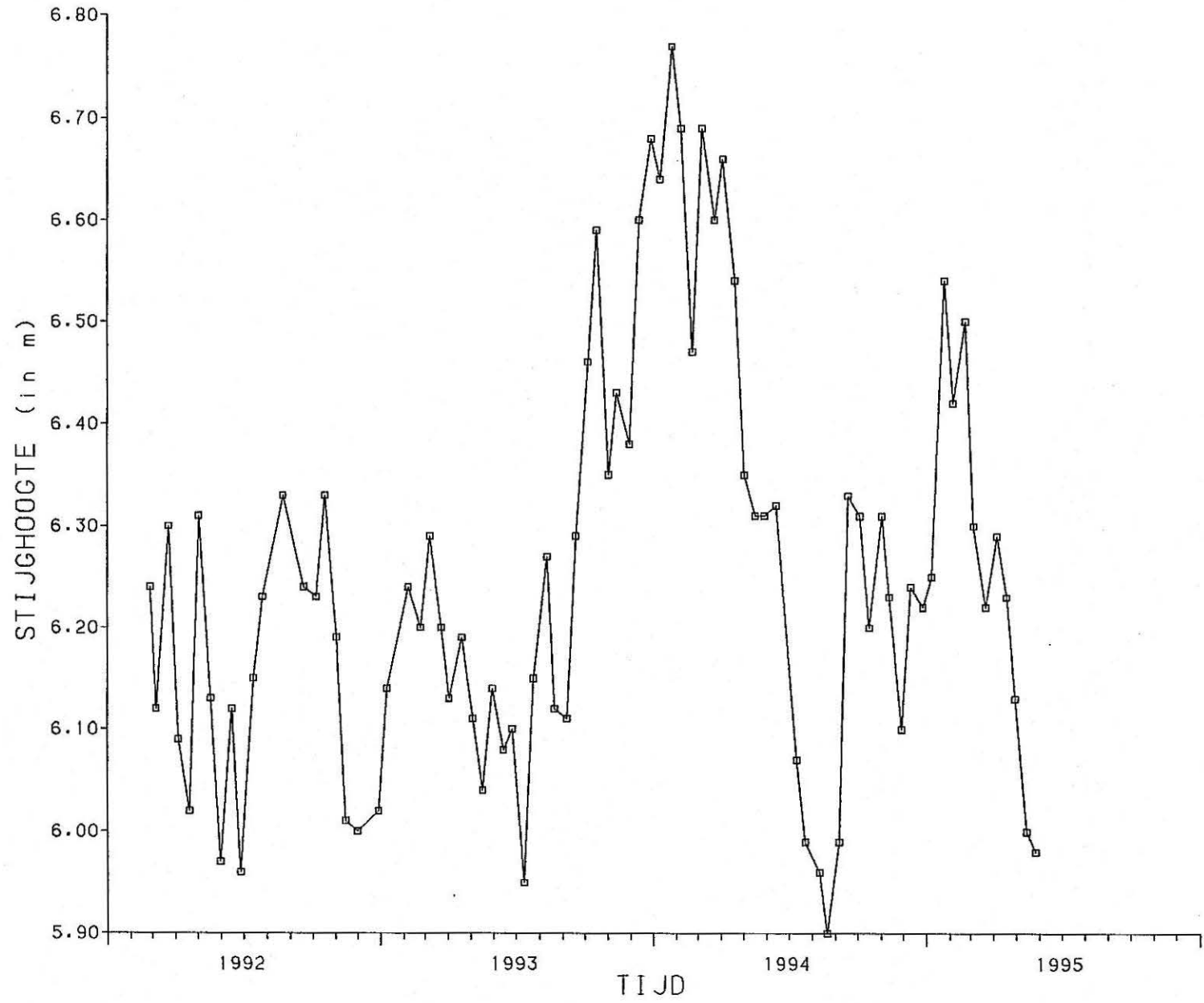
BASF:PIEZOMETER 18W4



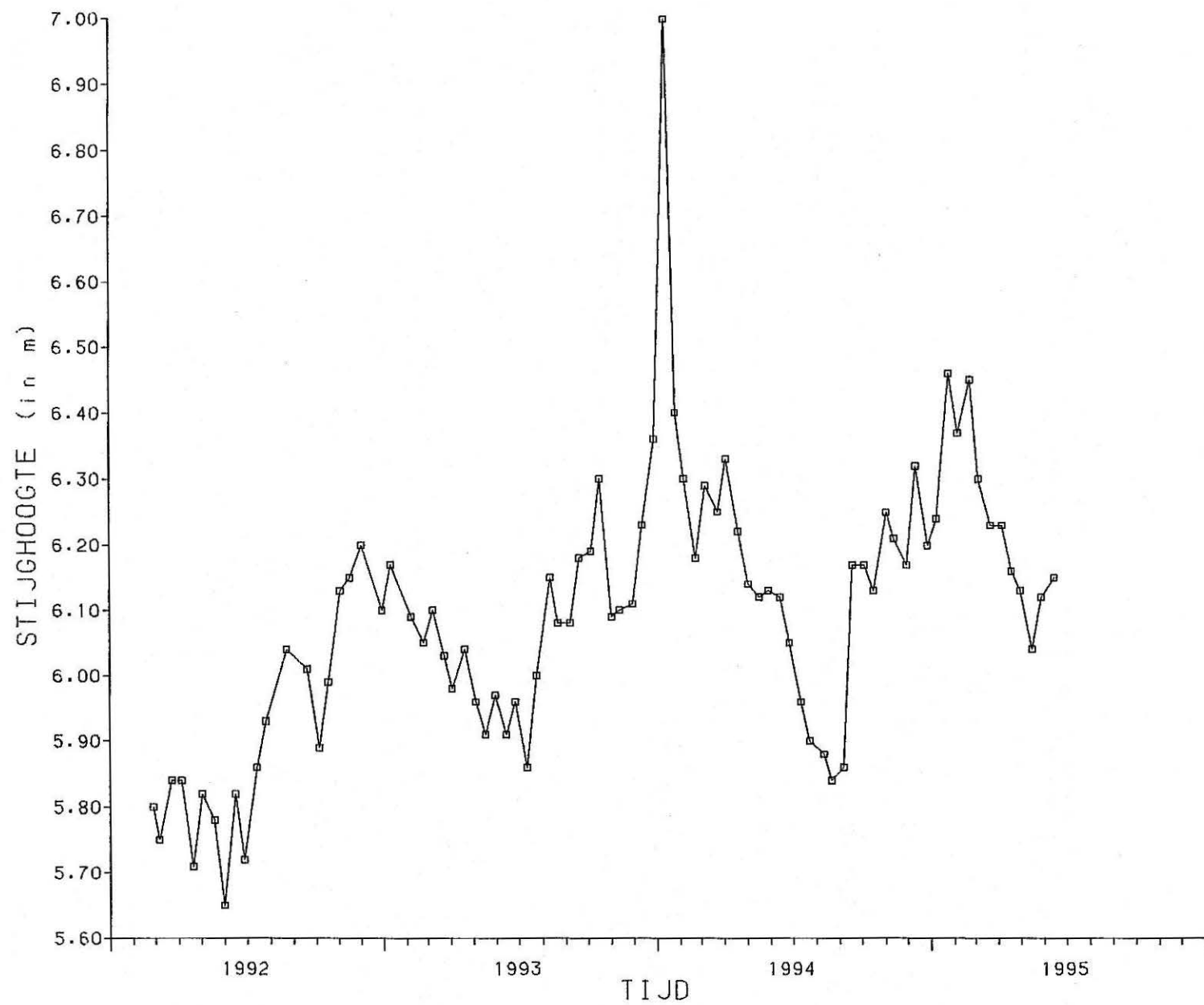
BASF:PIEZOMETER 19W4



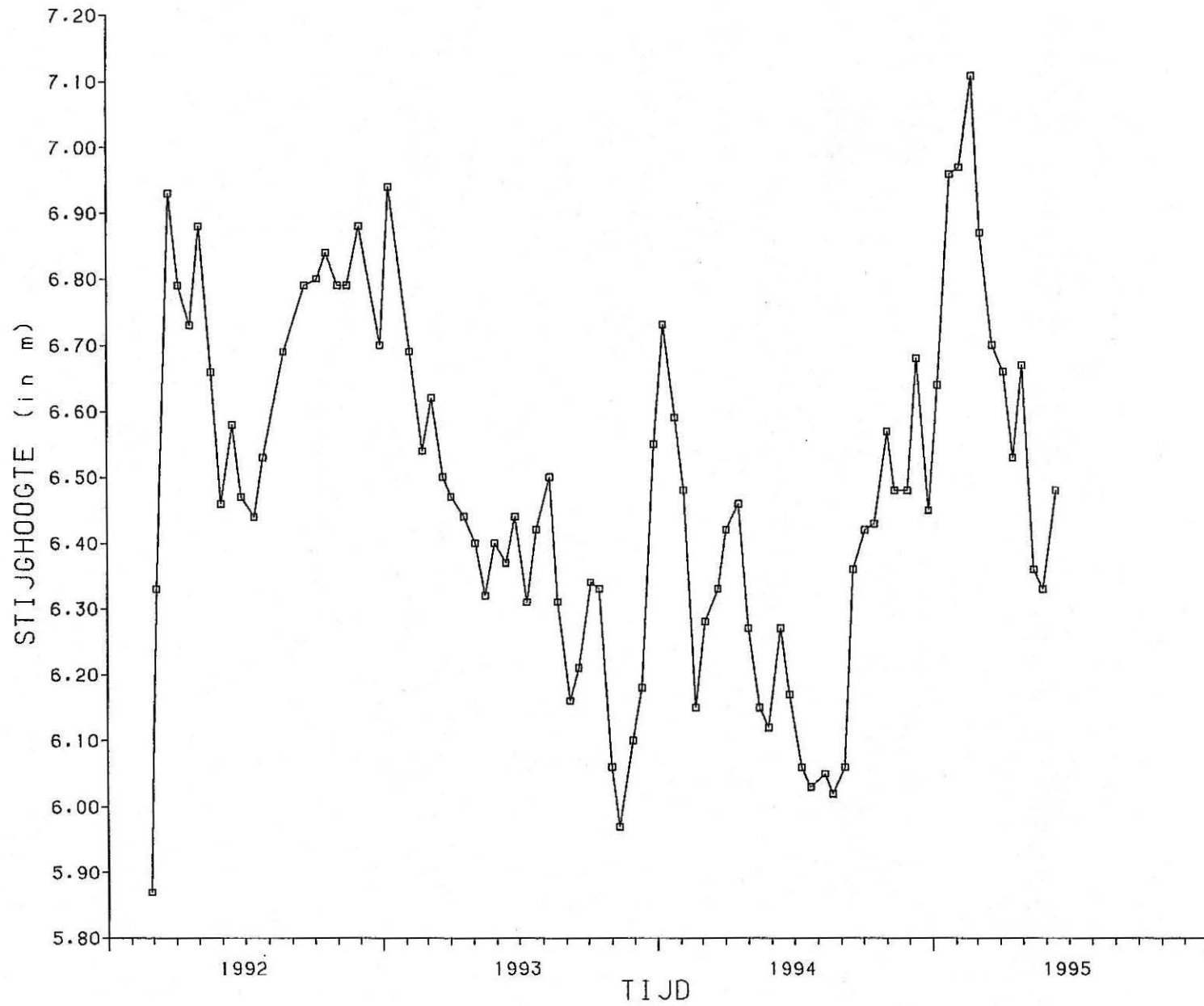
BASF:PIEZOMETER 20W4



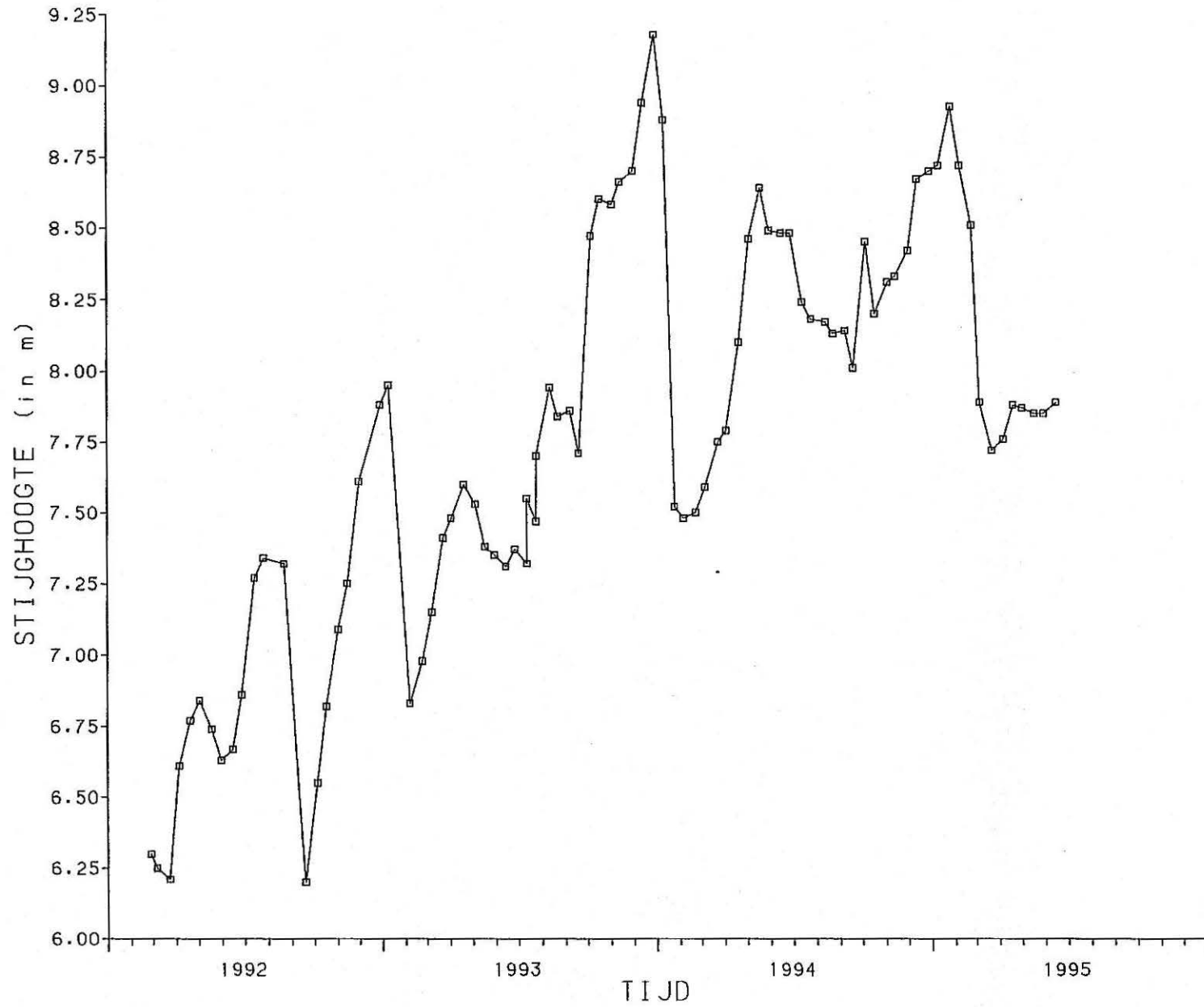
BASF:PIEZOMETER 21W4



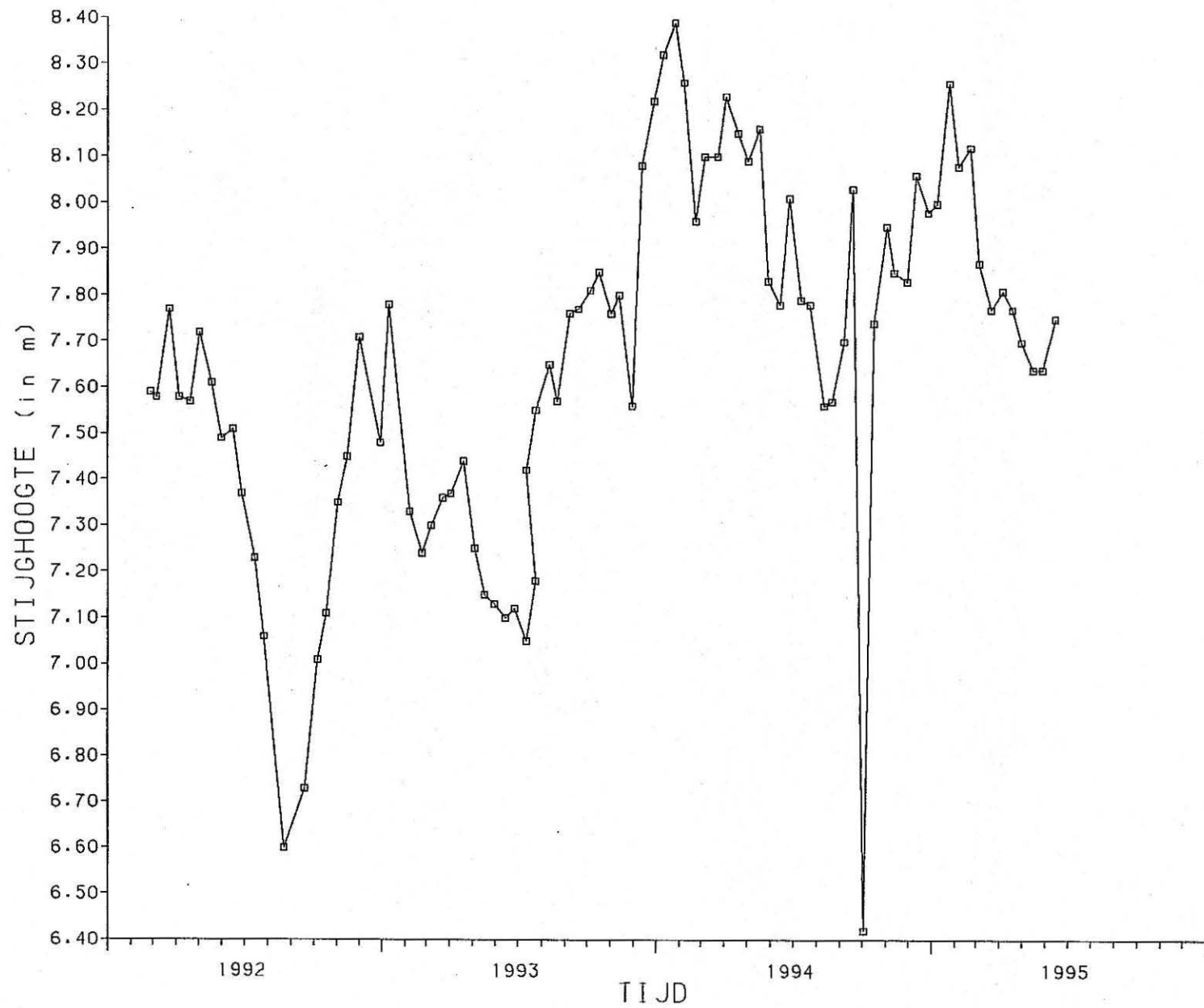
BASF:PIEZOMETER 22W4



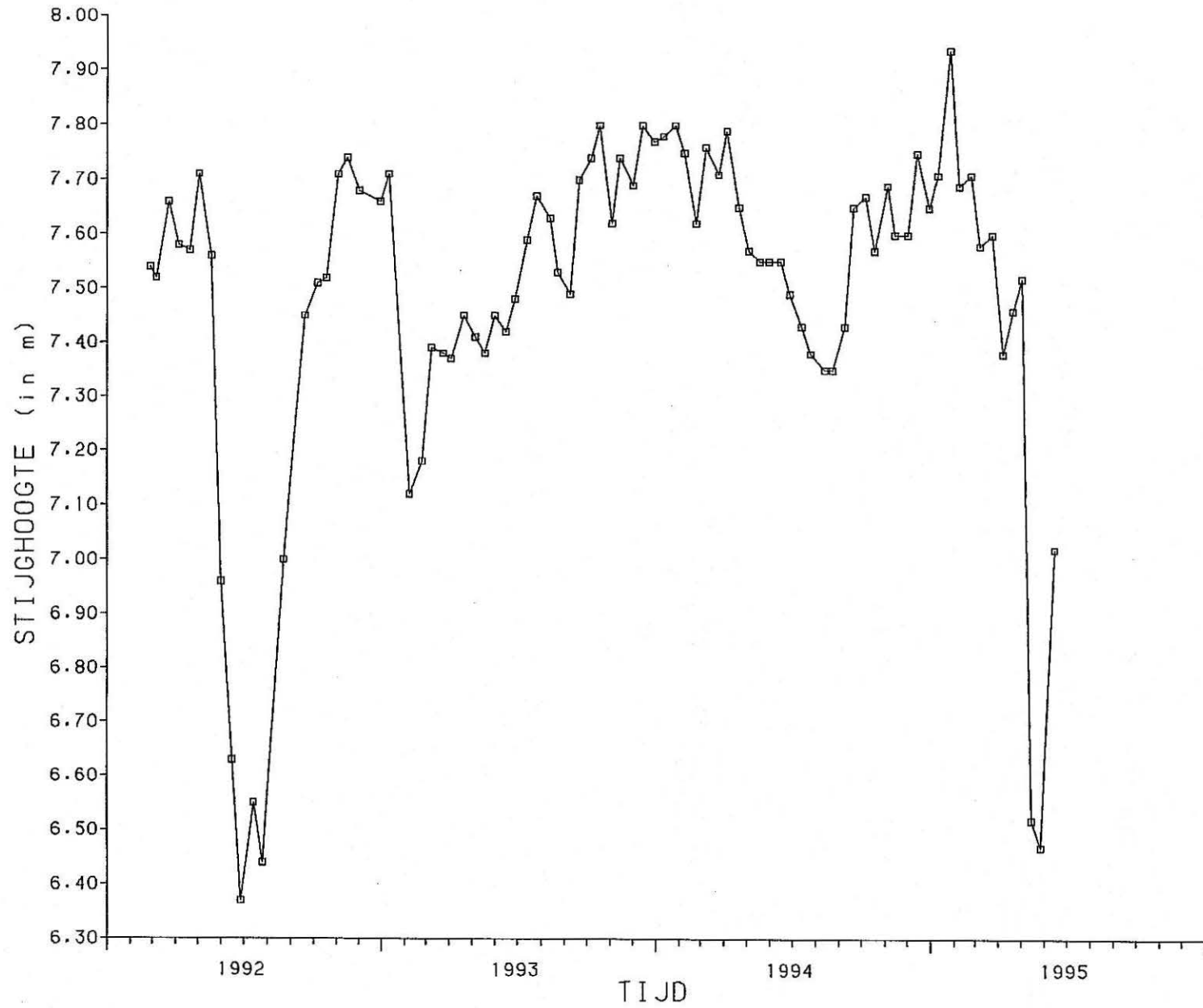
BASF:PIEZOMETER 23W4



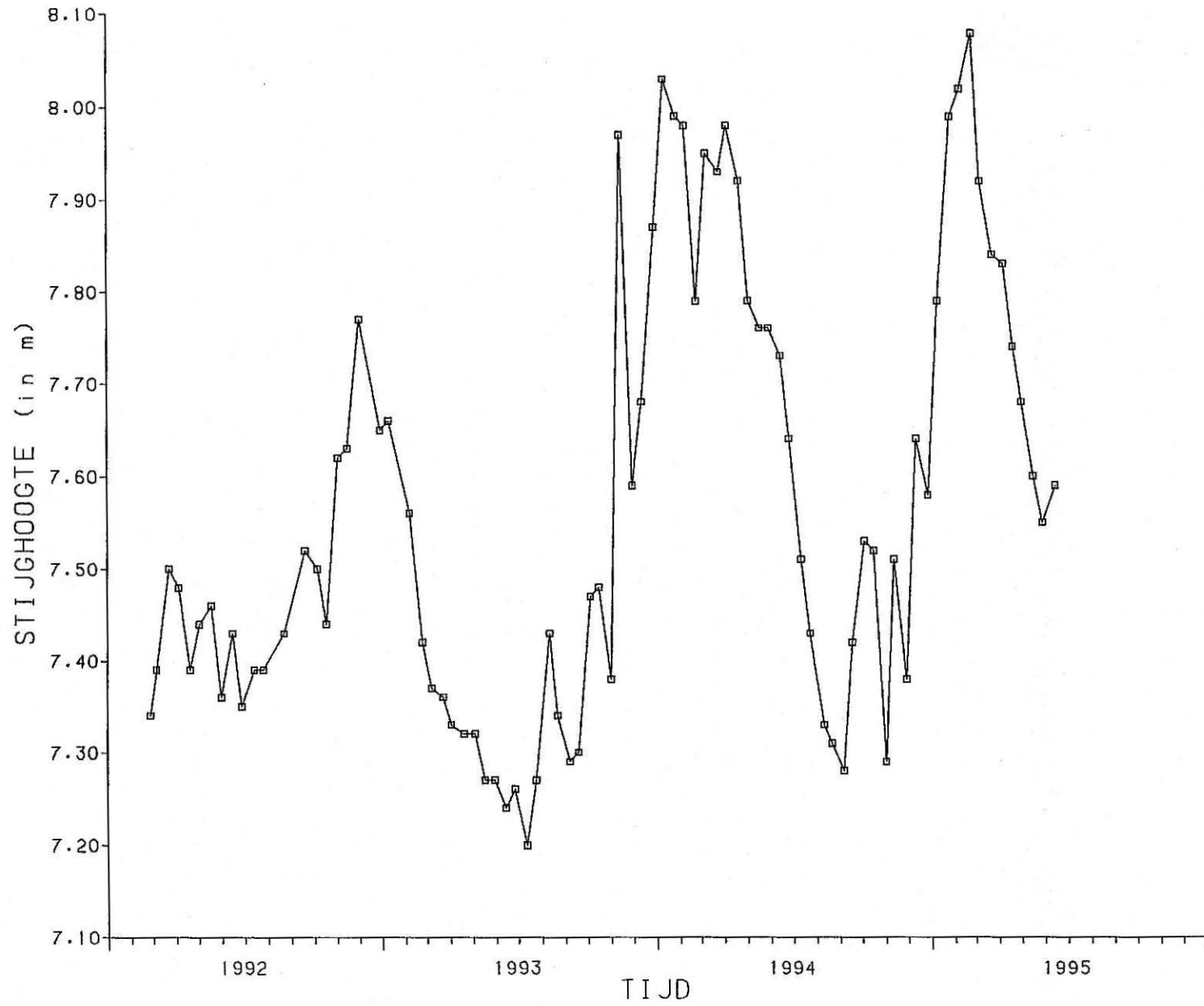
BASF:PIEZOMETER 24W4



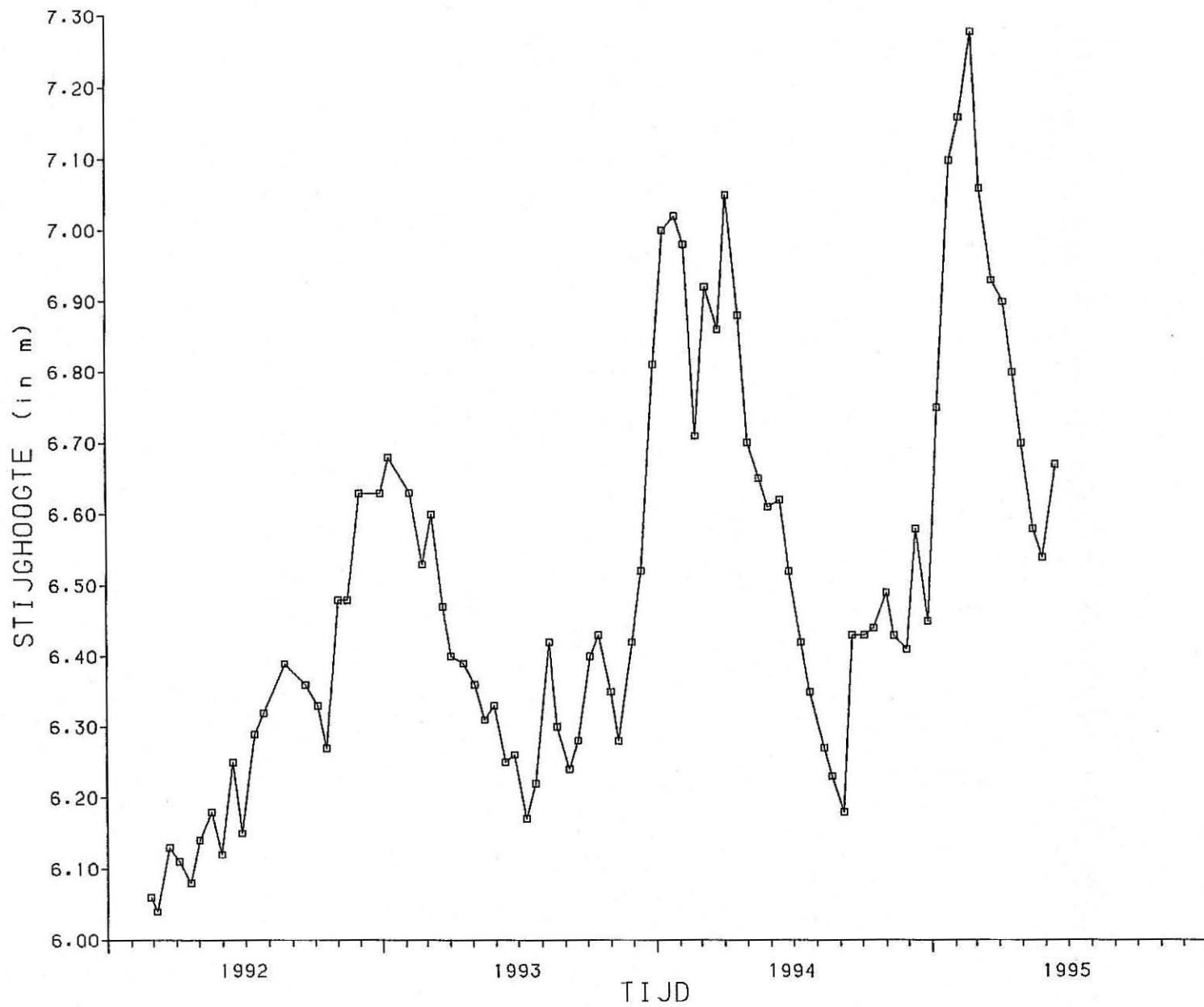
BASF:PIEZOMETER 25W4



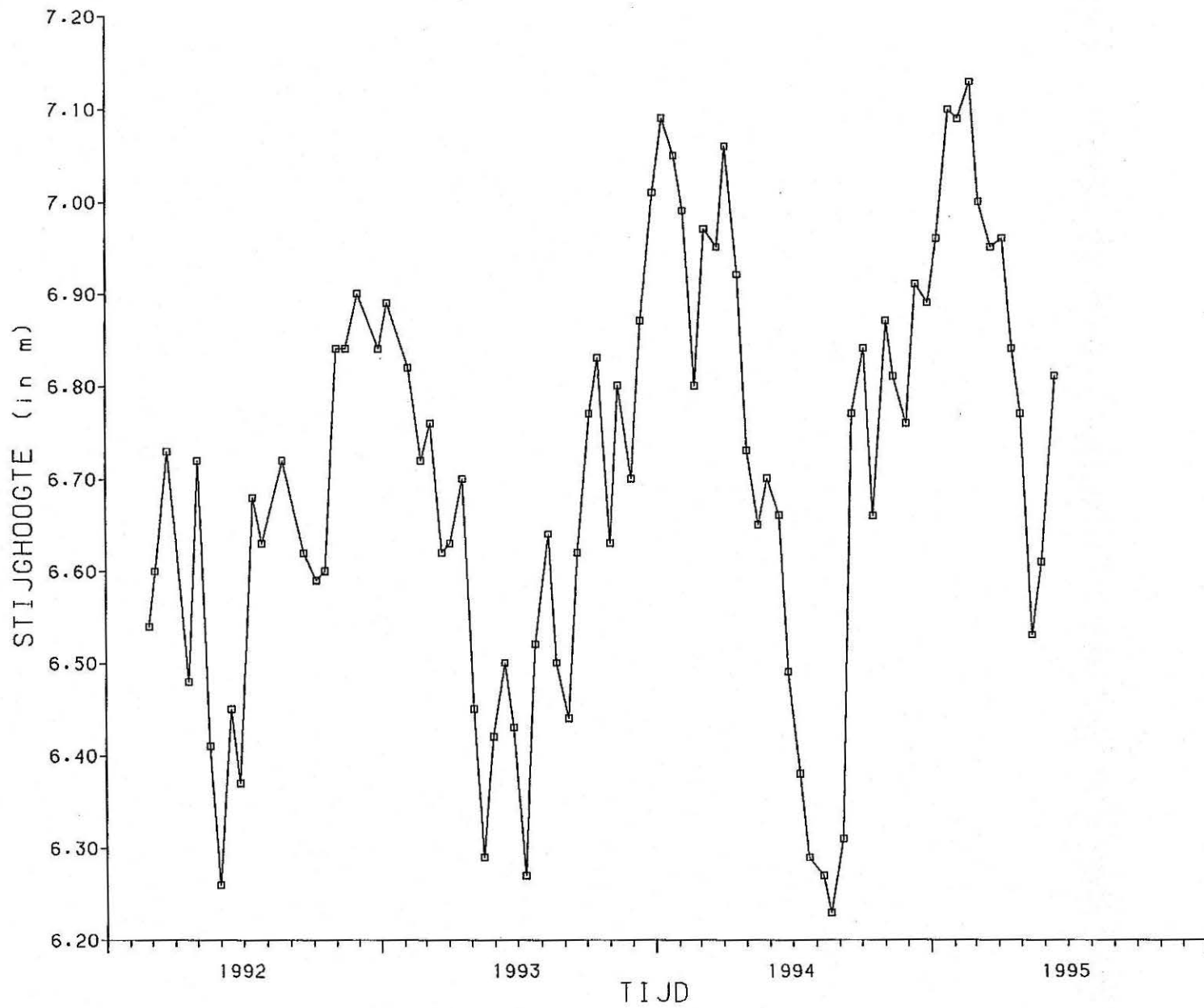
BASF:PIEZOMETER 26W4



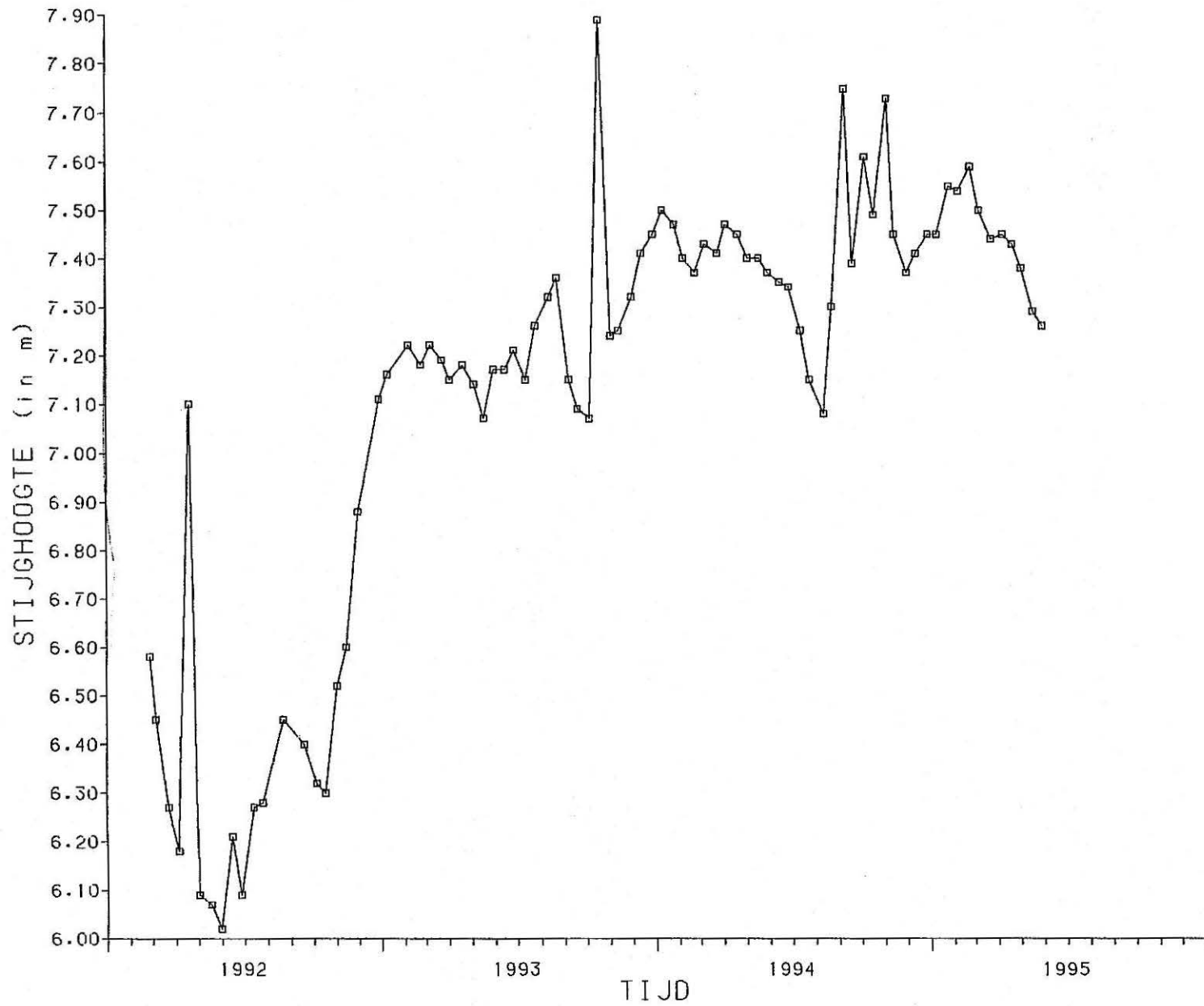
BASF:PIEZOMETER 27W4



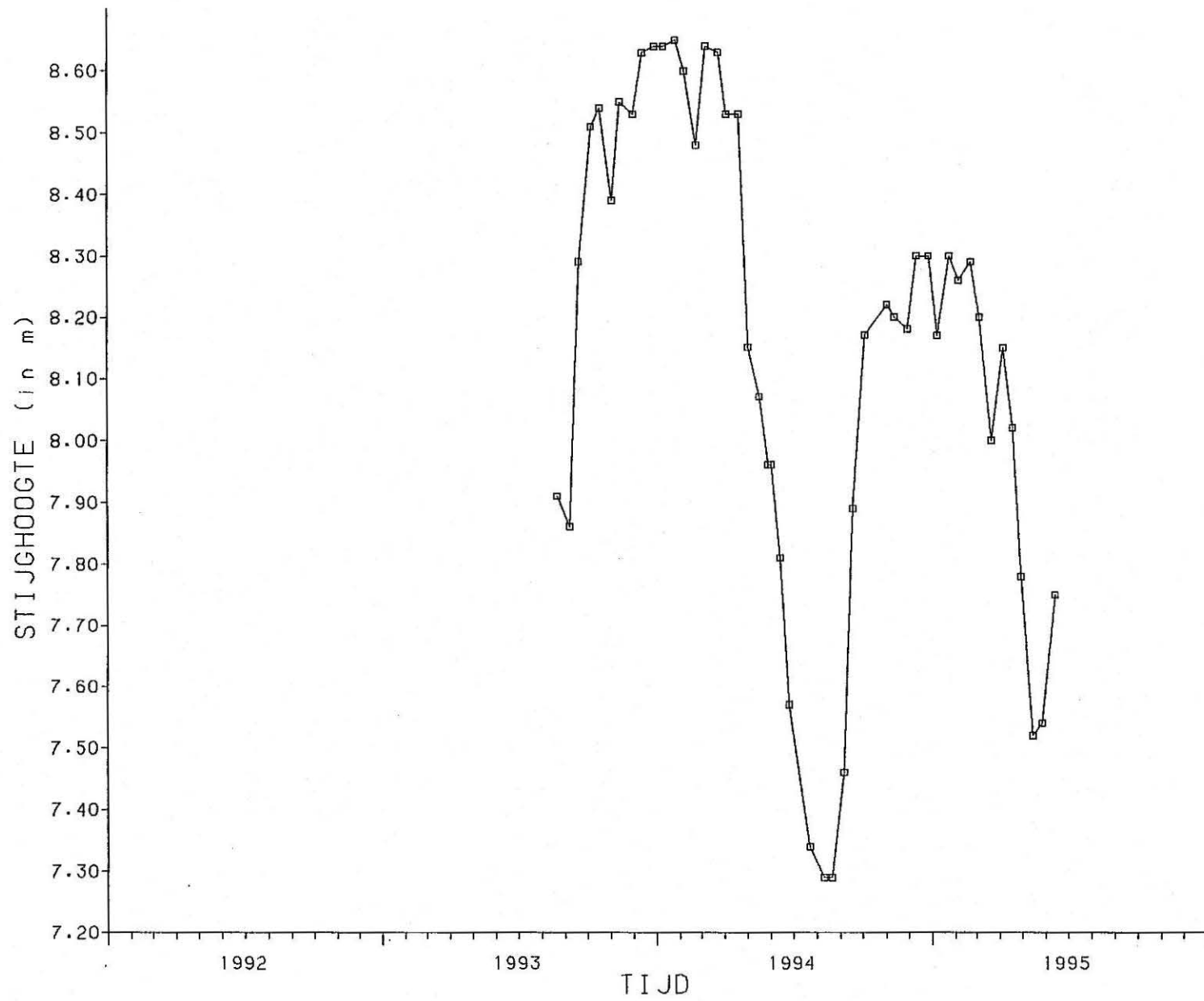
BASF:PIEZOMETER 28W4



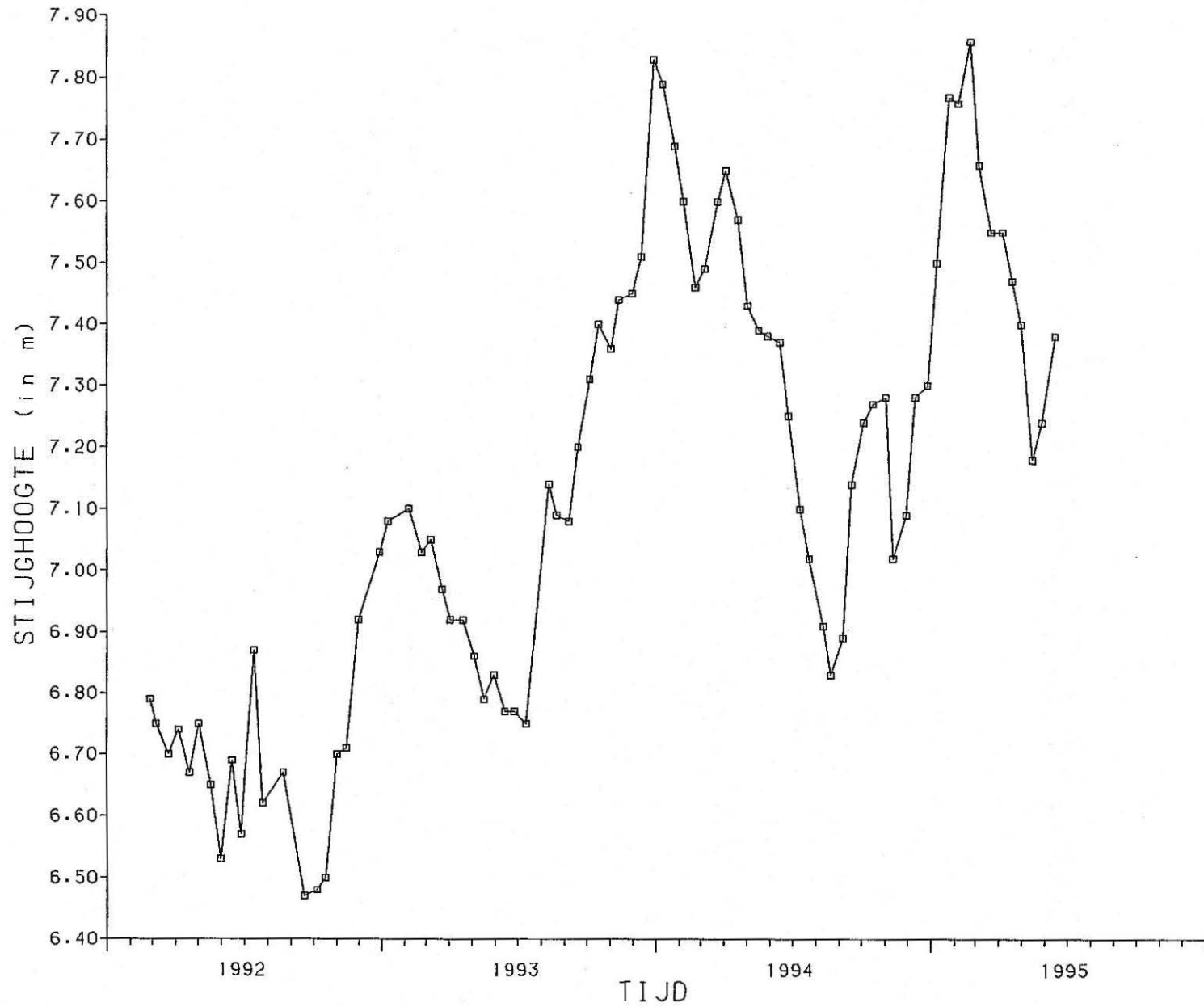
BASF:PIEZOMETER 29W4



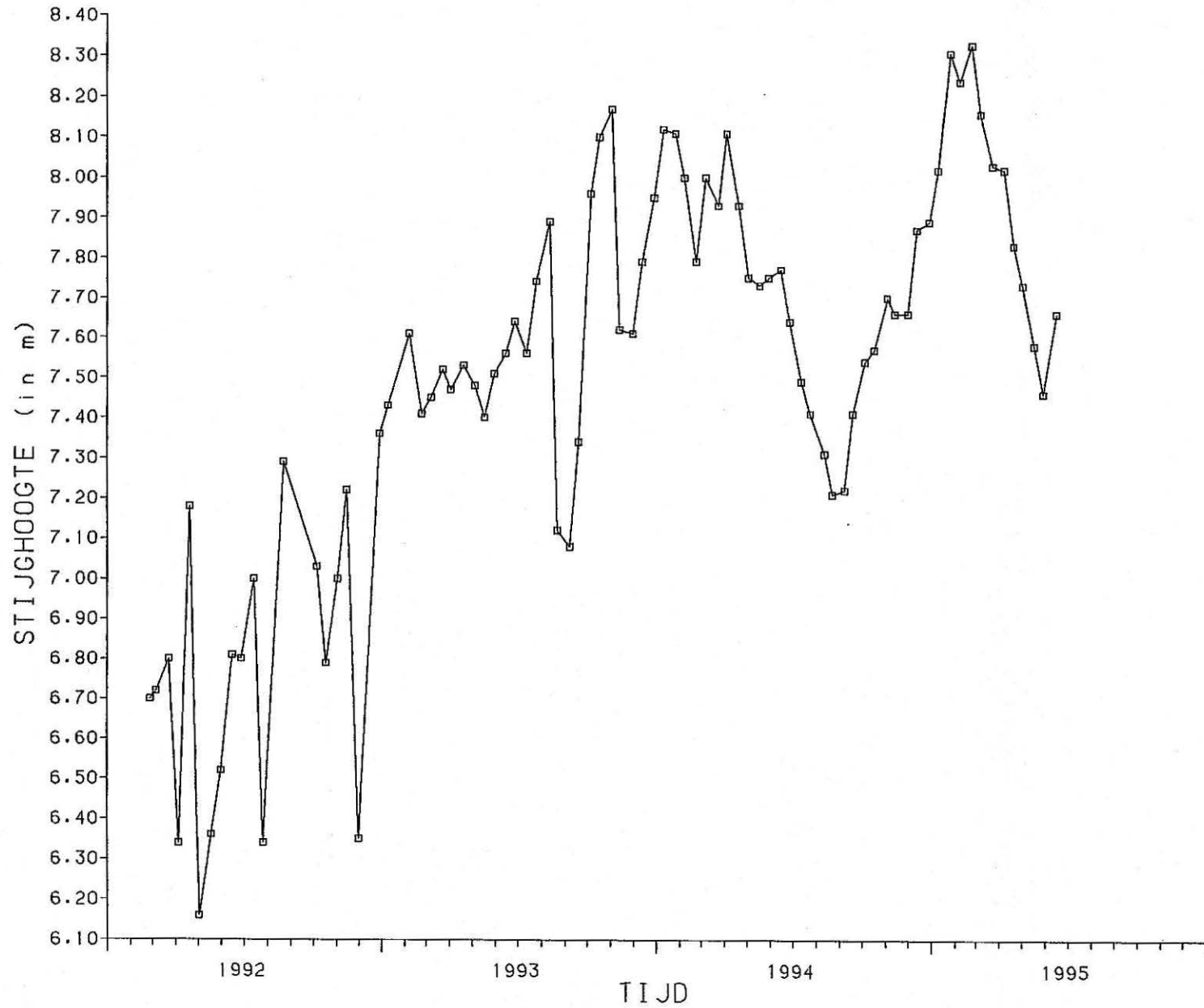
BASF:PIEZOMETER 30W4



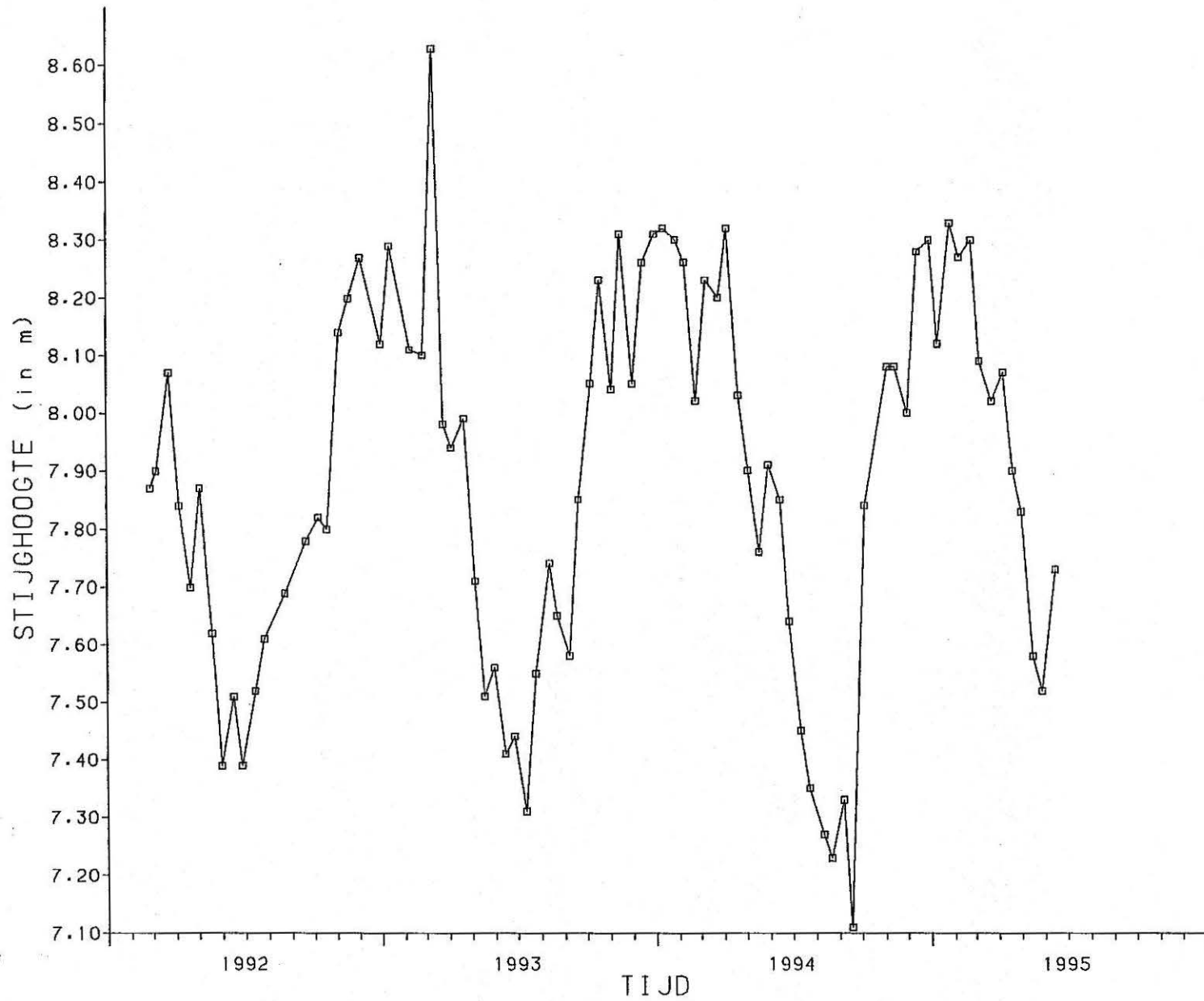
BASF:PIEZOMETER 31W4



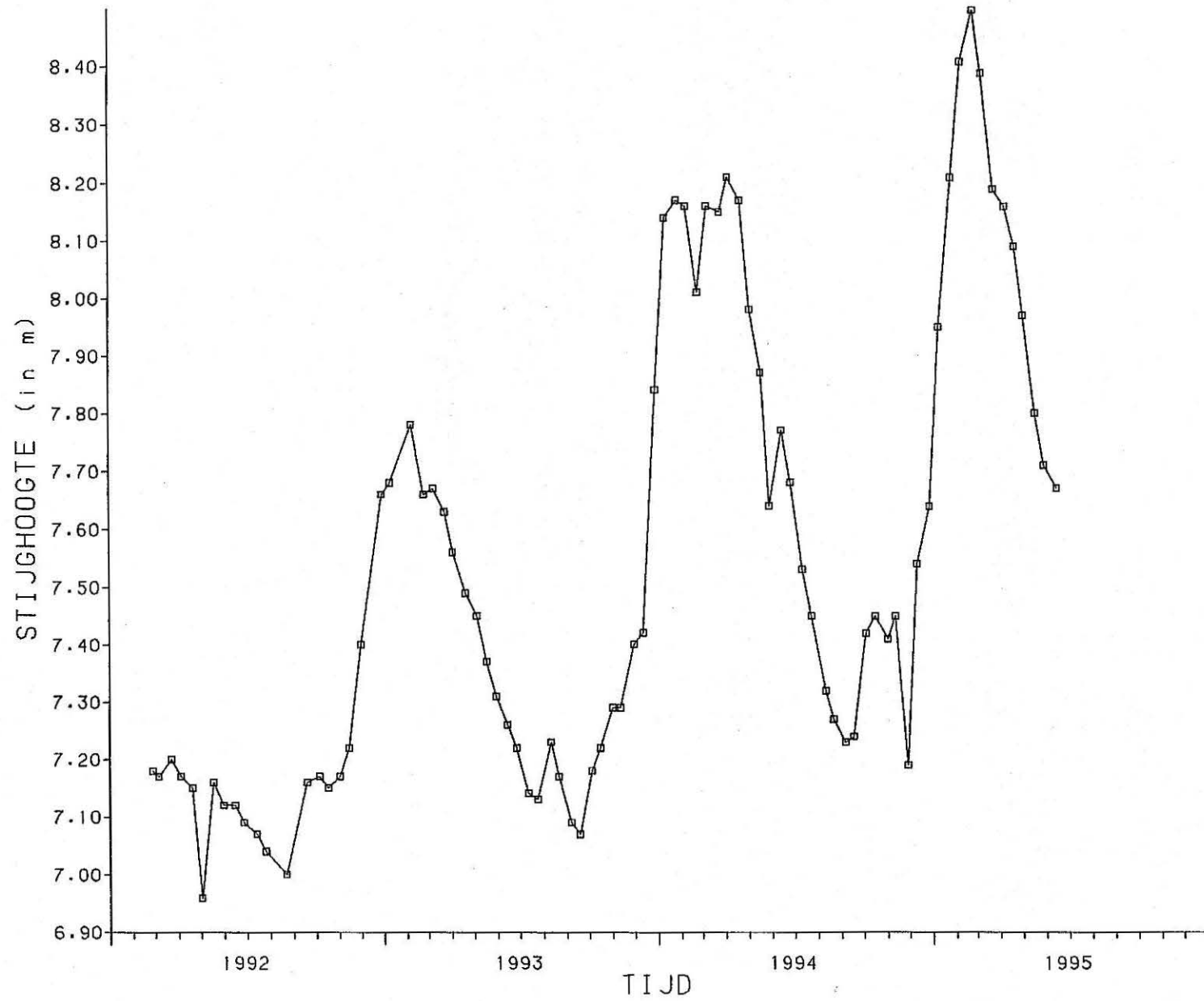
BASF:PIEZOMETER 32W4



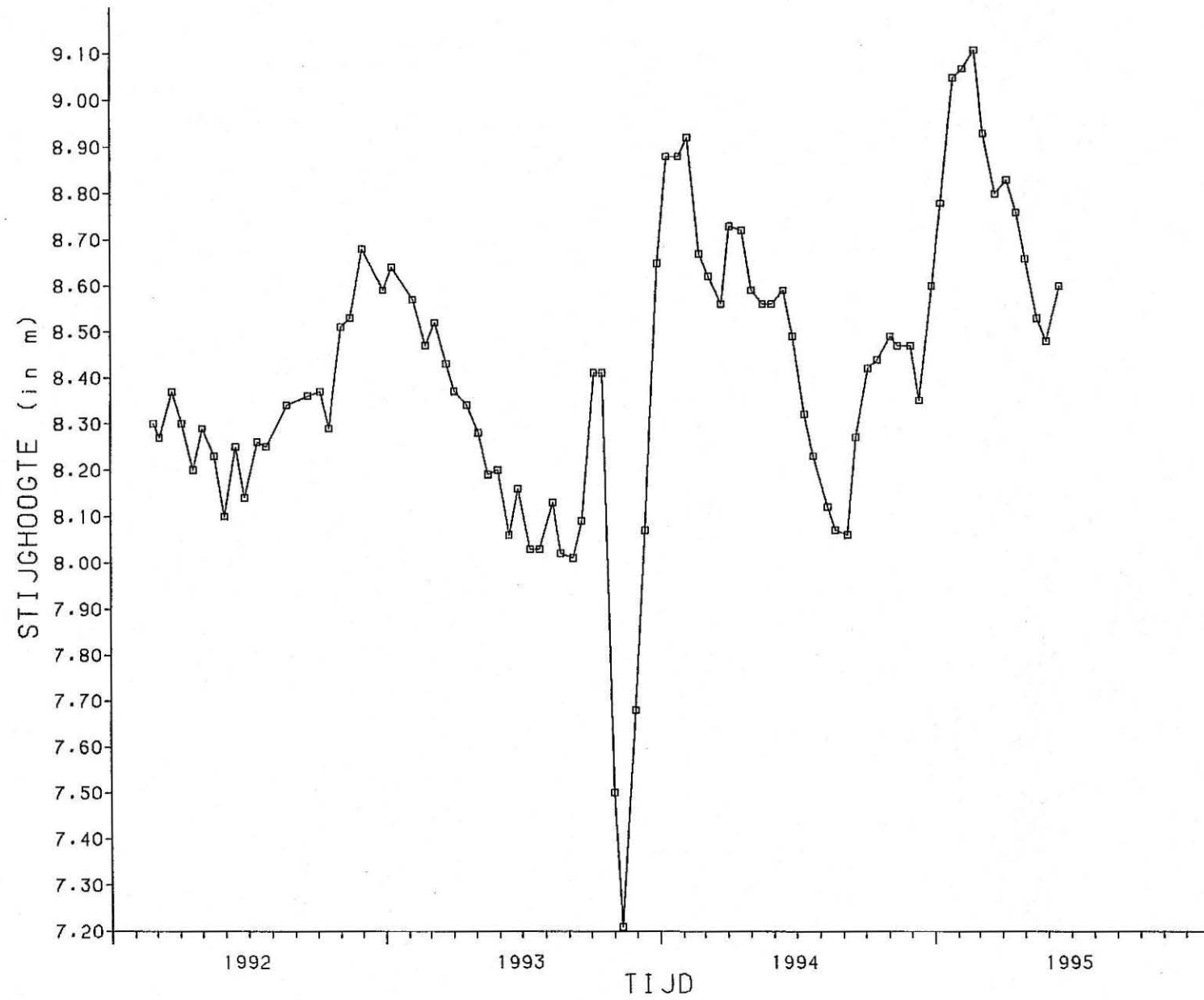
BASF:PIEZOMETER 33W4



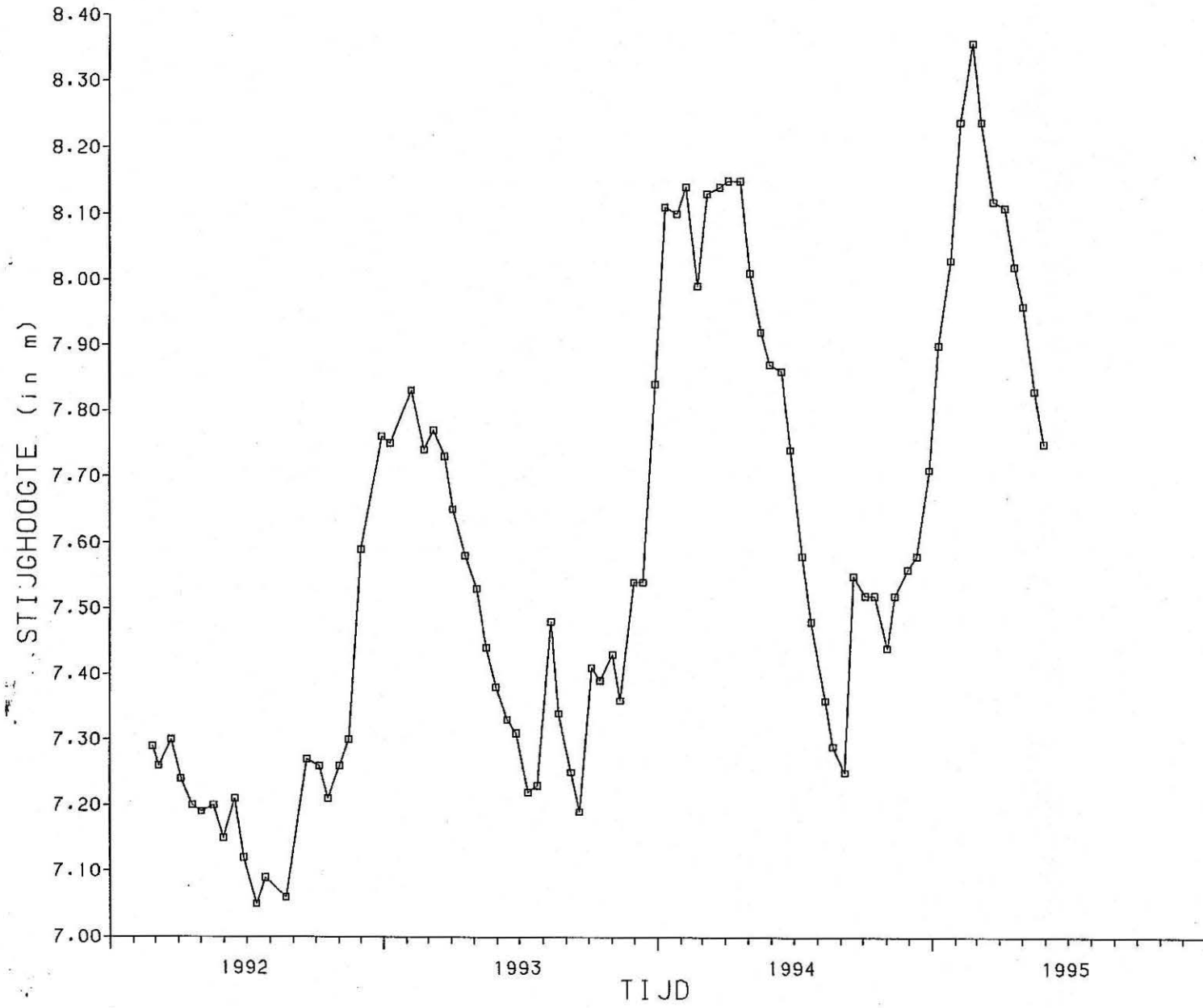
BASF:PIEZOMETER 34W4



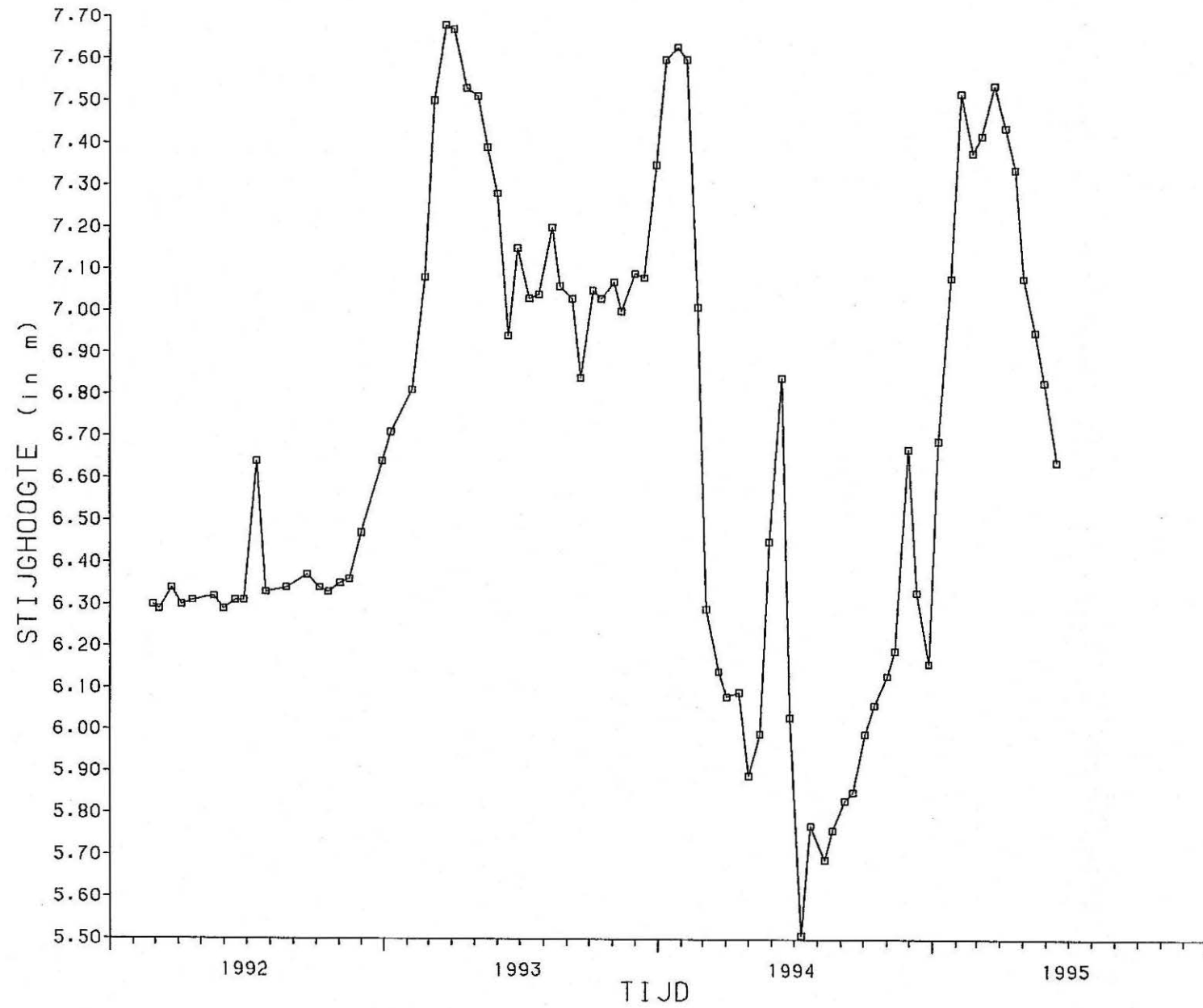
BASF:PIEZOMETER 35W4



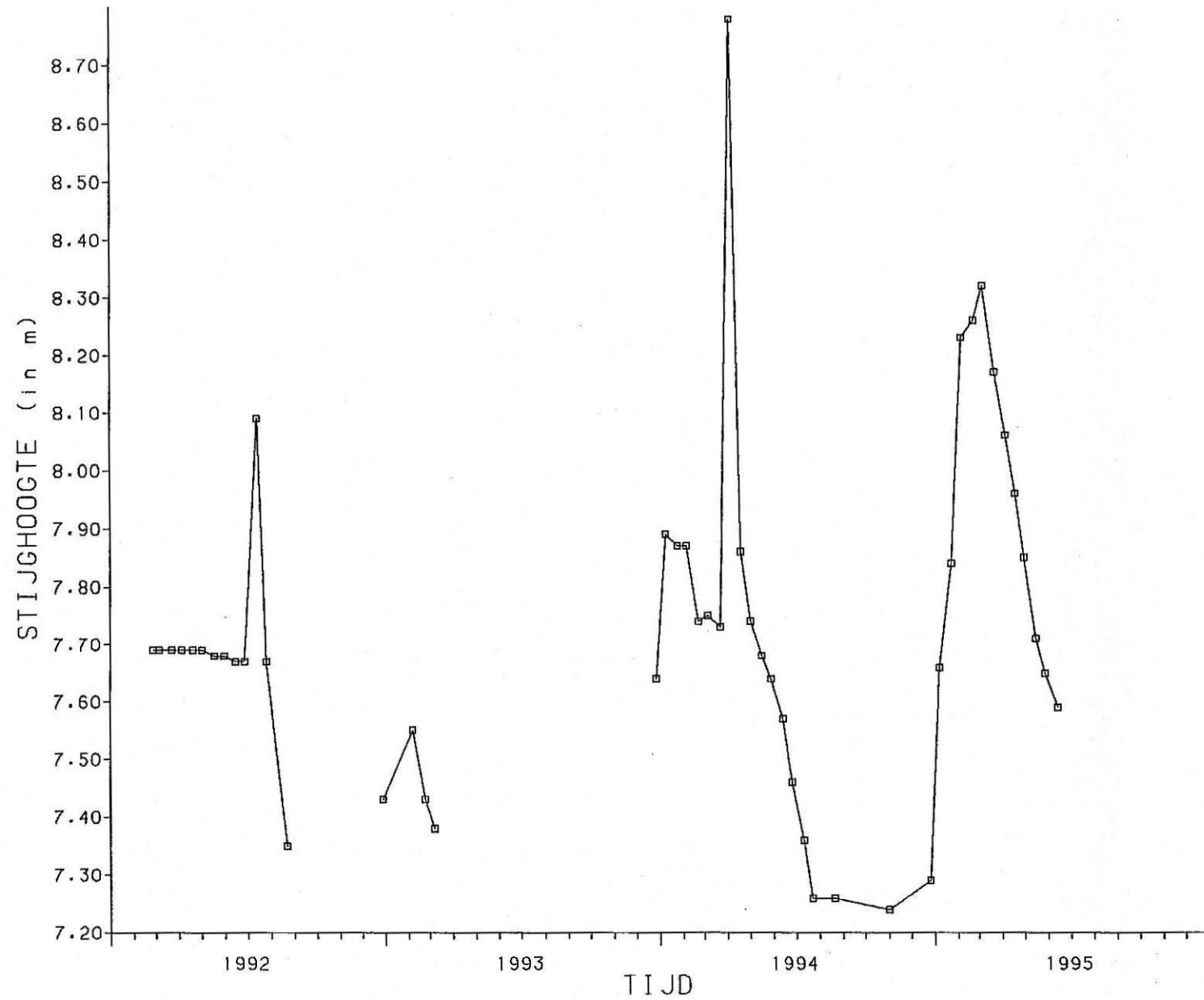
BASF:PIEZOMETER 36W4



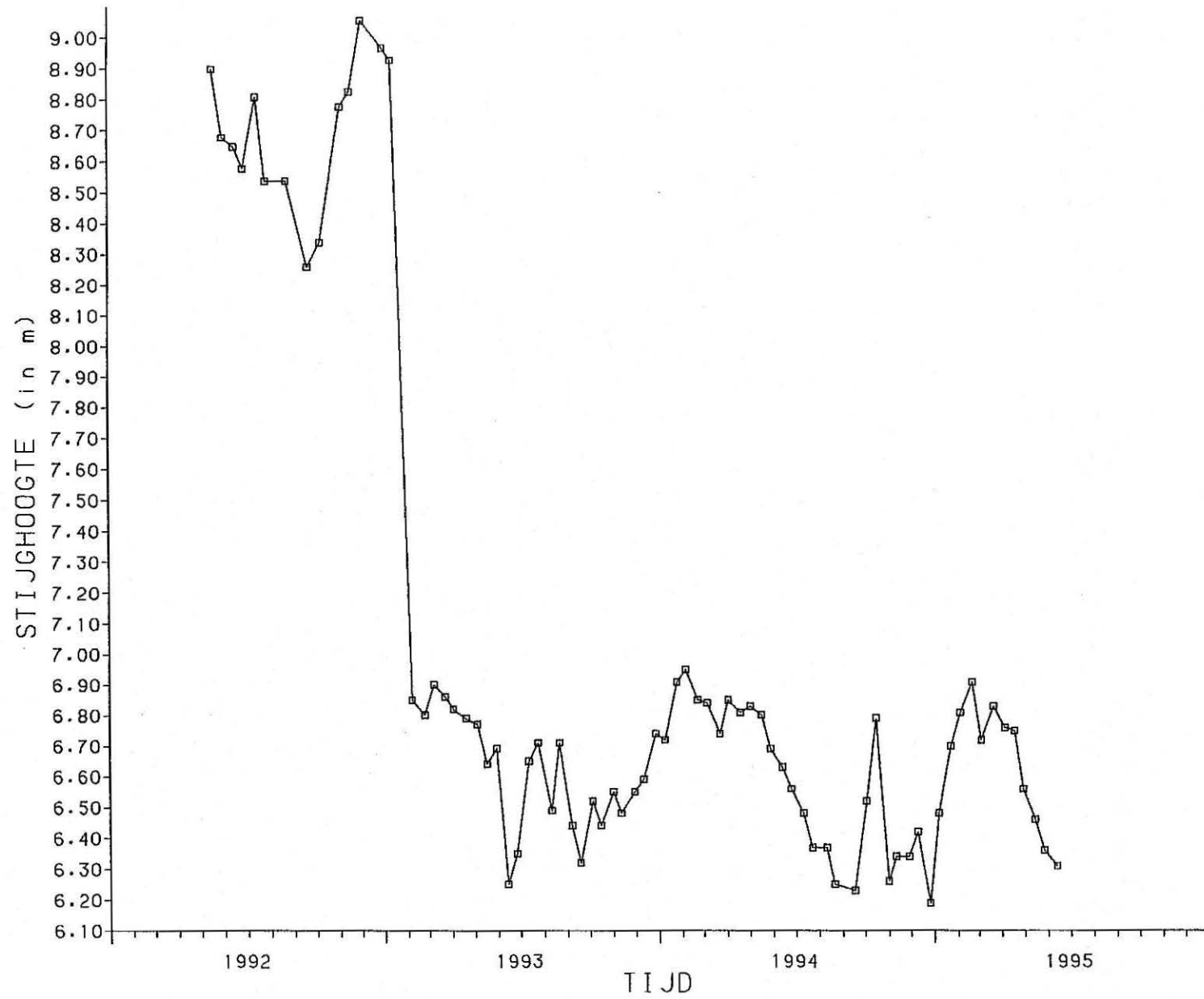
BASF:PIEZOMETER 37W4



BASF:PIEZOMETER 38W4



BASF:PIEZOMETER 39W4



BASF:PIEZOMETER 40W4

