

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

Zout-zoetproblematiek kompartimentering Oosterschelde

Interimrapport produktiefase

R2208

november 1985

INHOUD

1. Inleiding
2. DISTRO-VOLKERAK
3. Beheersmaatregelen
4. Produktiefase
 - 4.1 Algemene opzet
 - 4.2 Randvoorwaarden
 - 4.3 Beginvoorwaarden
 - 4.4 Normen
5. Resultaten produktiefase
 - 5.1 Resultaat serie II
 - 5.2 Resultaat serie III
 - 5.3 Resultaat serie IV
 - 5.4 Resultaat serie V
 - 5.5 Resultaat serie VI
 - 5.6 Resultaat serie VII
 - 5.7 Resultaat serie VIII
 - 5.8 Resultaat serie IX
6. Konklusies en aanbevelingen

Appendices

TABELLEN

FIGUREN

Interim rapportage produktiefase

1. Inleiding

Begin augustus 1985 is de bewijsproef DISTRO-Volkerak afgerond met een interimrapport.

Op basis van de resultaten van de bewijsproef is vervolgens besloten DISTRO voor verdere studies te gebruiken.

In het kader van de studie naar het effect van beheersmaatregelen ter voorkoming van te lage chlorideconcentraties en te sterke gelaagdheid in het deel van het Oosterscheldebekken ten westen van de compartimenteringsdammen tijdens de sluitingen daarvan, is eind 1984 besloten daarbij van het numerieke model DISTRO gebruik te maken.

In deze interim rapportage wordt een overzicht en een interpretatie van de resultaten uit de produktiefase gegeven, alsmede konklusies en aanbevelingen ten aanzien van eventueel te nemen beheersmaatregelen.

Voorafgaand aan de presentatie van de resultaten worden eerst de karakteristieke eigenschappen van DISTRO opgesomd, ten einde daarop terug te kunnen grijpen bij de interpretatie.

2. Distro-Volkerak

Het model DISTRO is een tweedimensionaal-vertikaal (2Dv) model, waarmee de niet-stationaire water- en zoutbeweging berekend kunnen worden.

Een 2Dv-model kent geen breedtedimensie, wat inhoudt dat eventuele effecten van breedtemiddeling op water- en zoutbeweging geparameteriseerd moeten worden verdisconteerd.

DISTRO-Volkerak omvat de wateren Keeten, Mastgat, Zijpe, Krammer en Volkerak. (zie figuur 1). De Krabbenkreek is als kombergende breedte geschematiseerd.

Het Slaak en het Krammer zijn samengenomen tot één tak. De Eendracht wordt gesimuleerd als bron/put. De zeerand (waterstand en chloride) ligt bij Stavertnisse. De andere begrenzing wordt gevormd door de Volkeraksluizen. Het model kent dus geen vertakkingen.

Lozingen en onttrekkingen van water en zout zijn mogelijk in de knooppunten, die op onderlinge afstanden van 500 m liggen.

De modelfaciliteit als zodanig en de gemaakte keuzes ten aanzien van de geometrie-schematisatie betekenen dat er aannamen gepleegd moeten worden ten aanzien van bepaalde randvoorwaarden.

De belangrijkste daarvan zijn:

- het verloop van de chlorideconcentratie ($c(t)$) op de zeerand
- het verloop van het debiet ($Q(t)$) in de mond van de Eendracht
- de longitudinale dispersiecoëfficiënt

Aannamen met betrekking tot de eerste twee grootheden zouden eenvoudiger c.q. overbodig zijn geweest wanneer een groter gebied zou zijn gemodelleerd, bijvoorbeeld het gehele Oosterscheldebekken ten oosten van de Zeelandbrug of de Stormvloedkering.

Een dergelijke keuze stuit echter op talrijke bezwaren, waarvan de belangrijkste zijn de hoge ontwikkel- en rekenkosten die een dergelijk model met zich meegebracht zou hebben en het niet kunnen ijken ervan bij gebrek aan (volgende) prototypegegevens.

De huidige zeerandinstelling is gebaseerd op een homogene concentratieverdeling over de vertikaal bij Stavenisse.

Het is ook mogelijk een gelaagde randvoorwaarde in te stellen, deze moet echter wel expliciet opgegeven worden.

Ter verkrijging van de hydraulische randvoorwaarden is gebruik gemaakt van het 1-D waterbewegingsmodel IMPLIC; voor een schatting van $c(t)$ op de zeerand is het stationaire zoutverdelingsmodel SYSAN gebruikt, terwijl in een bepaald geval ook het 1-D niet-stationaire water- en zoutbewegingsmodel ZWENDL is gebruikt.

De longitudinale dispersiecoëfficiënt is één van de ijkparameters.

Bij de ijking is gebleken dat de gekozen waarden eigenlijk iets te groot zijn, maar dat vanwege numerieke redenen kleinere waarden, gegeven de toegepaste lengtestap van 500 m, niet mogelijk zijn. Verbetering kan bereikt worden door verkleining van de lengtestap (met als gevolg dat ook de tijdstap verkleind moet worden), wat tot een sterke vergroting van de rekentijden zou leiden.

De modellering van de longitudinale dispersie is snelheidsafhankelijk en indirect dus ook getijamplitude afhankelijk. De huidige coëfficiënten zijn gelijk bij een amplitude van 3.50 m. Bij het Krammerscenario treden amplituden op van minder dan 1.00 m, wat tamelijk ver van het ijkgebied ligt en dientengevolge aanleiding geeft tot grotere onzekerheden. Daartegenover staat dat de

invloed van de dispersie minder groot wordt bij afnemend getij, waardoor de toename van de onzekerheid toch beperkt blijft.

In het Krammerscenario is de afsluiting van het Krammer gesimuleerd. Een dergelijke afsluiting betekent gedurende lange tijd een steeds vernauwend sluitgat met toenemende stroomsnelheden, die door het schakelen met de SVKO beperkt gehouden worden. In een dergelijke situatie treedt tengevolge van lokale stromingsveranderingen extra menging op. Dit gebeurt zowel in prototype als in DISTRO, alleen via verschillende mechanismen. In het prototype zal vooral extra menging optreden in het vertragingengebied van de stromingen, waar neren met verticale as ontstaan. In DISTRO ontstaat extra menging doordat bij grotere snelheidsverschillen tussen bodem en oppervlak de Richardsongetallen kleiner worden waarmee ook de demping van de verticale uitwisseling afneemt.

Bij de ijking en verifikatie bleek dat de gelaagdheid door DISTRO overschat werd, bij de verifikatie sterker dan bij de ijking. De vraag is hoe deze tendens zich voortzet voor kleinere getijamplituden. Afgaande op ervaringen met de getijgoot zal de overschatting van de gelaagdheid voor kleinere getijamplituden afnemen en tenslotte zelfs omslaan in een onderschatting van de gelaagdheid. Een voorzichtige kwantificering wijst echter uit dat dit laatste pas bij amplitudes onder de 2.30 het geval is, dat wil zeggen alleen aan het eind van het Krammerscenario en tijdens het Tholenschegat scenario.

Als het eind resultaat van de ijking gekwantificeerd samengevat wordt, leidt dit tot de volgende konklusies: (zie tevens tabel 2 en 3):

- een systematische overschatting van de diepte gemiddelde concentratie: ~~aan~~ $0,8 \text{ kg/m}^3$
- een maximum overschatting van de gelaagdheid van $0,25 \text{ kg/m}^3$

3. Beheersmaatregelen

Uit principeberekeningen naar het effect van diverse maatregelen ter verhoging van de chlorideconcentraties in het Oosterscheldebekken (notitie DDWT-85.366, zout/zoet aspecten sluiting C-dammen en afbouw SVK) is gebleken dat de meeste invloed uitgaat van terughouden van zoet water en het creëren van een rondstroming van de Oosterschelde naar de Westerschelde met behulp van het Antwerpsskanaal en/of het spuikanaal Bath.

Voor terughouden van zoet water zijn er in hoofdzaak twee mogelijkheden namelijk beperking van de zoetlast via de Volkeraksluizen en beperking van de

lozing van Mark en Dintel te Dintelsas.

De beperking van de zoetlast van de Volkeraksluizen kan plaatsvinden door beëindiging van het experimenteel lozingsprogramma $50 \text{ m}^3/\text{s}$, zodat het lozen van water via de spuisluis gestaakt kan worden, en het stopzetten van de (voor het Noordelijk Deltabekken) zoutbestrijdingsmaatregel "met lekkende ebdeuren schutten". De afvoer van de Dintel kan verkleind worden door bij Oosterhout water van de Mark naar het Wilhelminakanaal te pompen.

Voor rondstroming komt vooral het spuikanaal Bath in aanmerking.

Een kleine rondstroming kan gecreëerd worden door te pompen of te hevelen over de hoogwaterkering die het kanaal nog scheidt van de Oosterschelde; een grote rondstroming is mogelijk wanneer het kanaal in open verbinding met de Oosterschelde wordt gebracht.

Uitgaande van deze zinnig lijkende beheersmaatregelen is een set van berekeningen opgezet, waarbij als mogelijke maatregel ook het "schudden" is meegenomen. Aan de effecten van deze laatste maatregel is nog niet gerekend, met andere modellen.

Een toevoeging aan bovenstaande beheersmaatregel die (nog) niet in enige berekening uit de produktiefase verwerkt is, is het gebruik van de Flakkeese spuisluis richting de Grevelingen, waarmee water uit de bovenste lagen van het Volkerak naar het Grevelingenmeer geheveld kan worden. Het geschatte effect van deze maatregel is wel in de konklusies en aanbevelingen meegenomen.

4. Produktiefase

4.1 Algemene opzet

In de bewijsfase is de min of meer stationaire zoutverdeling berekend voor een periode uit 1977 waarin het getijverschil (TV) bij Yerseke 3.50 m en de zoetwaterlast (Q_f) van de Volkeraksluizen en de Mark en Dintel $50 \text{ m}^3/\text{s}$ heeft bedragen.

Vanwege de lange aanpassingstijden - het tijdschaaleffekt op de longitudinale zoutverdeling bij veranderende TV en Q_f is orde maanden - en als gevolg daarvan de lange rekentijd, zijn de berekeningen in de produktiefase uitgevoerd uitgaande van de eindresultaten van de bewijsfase, voor successievelijk kleinere getijverschillen en zoetwaterlasten.

Dit heeft tot gevolg dat de berekening met $TV = 2,70$ m (de situatie die heerst in de maanden voorafgaand aan de Krammersluiting) her eerst aan bod kwam. Bij het doorrekenen van de Krammersluiting en de sluiting van het Tholense Gat is gewerkt met de in augustus 1985 geldende scenario's. Tabel 1 bevat de voorgestelde berekeningen. De volgorde van de berekeningen is weergegeven in figuur 1. De letters in de bijlage verwijzen naar serienamen van de berekeningen.

Ter voorlichting wordt het volgende opgemerkt:

- I : Bewijsproef.
- II : Voorafgaande aan de Krammersluiting zal gedurende lange tijd het gemiddeld getijverschil tenminste 2,70 m bedragen (bijlage 2). Er wordt vanuit gegaan dat er bij de Volkeraksluizen niet gespuid en niet met lekkende ebdeuren geschut wordt. Ten opzichte van de huidige situatie geeft dit een beeld van de toekomstige situatie wanneer alleen zoet water teruggehouden wordt bij de Volkeraksluizen.
- III : Als variant op II met een rondstroomdebiet van $80 \text{ m}^3/\text{s}$.
- IV : Als variant op II met terughouden van zoet water bij Dintelsas met $15 \text{ m}^3/\text{s}$.
- V : Krammerscenario zonder beheersmaatregelen (behoudens niet-spuien bij de Volkeraksluizen).
Berekening V geeft vooral inzicht in de tijdschaaleffekten waarmee gelaagdheid zich eventueel zal ontwikkelen. Met behulp van de resultaten van III en IV kan dan aangegeven worden in hoeverre de beheersmaatregelen zin hebben om voorafgaande aan de Krammersluiting een goede (betere) uitgangssituatie te creëren vergeleken met niets doen.
- VI : Voorafgaand aan de sluiting van het Tholensche Gat zal er gedurende langere tijd een gemiddeld getijverschil van tenminste 2.30 m optreden. De zoetwaterbelasting is minder dan bij II, III en V. De reden hiervoor is, dat in de maanden voorafgaand aan de sluiting, de lozing door Mark en Dintel lager is dan in de maanden voorafgaand aan de Krammersluiting.
- VII : Met als uitgangspunt de resultaten van VI wordt gezien in hoeverre de sluiting van het Tholensche Gat gelaagdheid tot gevolg heeft op het Volkerak c.a.
- VIII: Flipperen vindt plaats ten behoeve van de uitvoering van de stormvloed kering. Het getijverschil is afwisselend 2,30 en 1,50 m. Het doel van deze berekening is vooral het verkrijgen van inzicht in de tijdschaal-

effekten. Met behulp van metingen tijdens het flipperen kan duidelijk worden wat het voorspellend vermogen is van DISTRO voor dit soort situaties, waarna conclusies getrokken kunnen worden uit de resultaten van berekeningen IX.

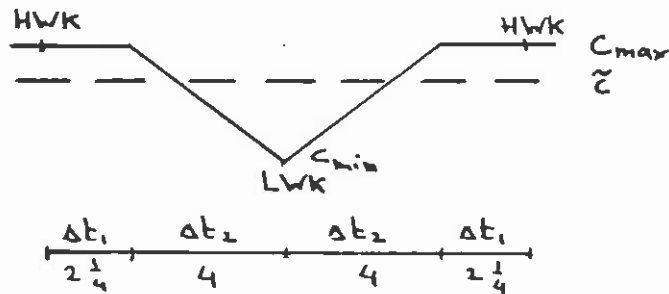
- IX : Schudden (kering afwisselend geheel open en geheel gesloten), dat voortgaand aan de Krammersluiting een mogelijke maatregel kan zijn om het in het Volkerak aanwezige zoete water over een groter volume te verspreiden, waardoor tijdens de sluiting gelaagdheid minder gemakkelijk tot ontwikkeling kan komen.
- X : De situatie met een getijverschil van 3.05 m en geen zoetwaterlast doet zich voor direct na de sluiting van het Krammer. Deze berekening geeft inzicht in de tijdschaal van het opheffen van eventueel tijdens de sluiting ontstane gelaagdheid.
- XI : In het Krammerscenario van augustus 1985 kwamen 3T0-getijden voor. Deze berekening zou inzicht geven in de gevolgen van het toepassen van 3 T0 bij een relatief klein verschil en zonder beheersmaatregelen. Tussen resultaten van V (T0/2,30) dienen als uitgangssituatie voor deze berekening. Naderhand is besloten deze berekening te wijzigen met 2T0-getijden als randvoorwaarde.

4.2 Randvoorwaarden

Voor het DISTRO model zijn randvoorwaarden nodig die het getij introduceren en bronnen of putten die de zoetwaterbelasting weergeven. Voor de bewijsfase konden deze voorwaarden ontleend worden aan metingen. Voor de productiefase zijn uiteraard geen metingen beschikbaar en moet uit andere informatiebronnen geput worden.

De getijrandvoorwaarde bij Stavenisse wordt ontleend aan IMPLIC berekeningen, evenals het getijdebiet in de mond van de Schelde-Rijnverbinding (SRV). De zouttrandvoorwaarde bij Stavenisse wordt voor de stationaire toestand afgeleid uit berekeningen met het getijgemiddelde model SYSAN in combinatie met gegevens over het getij. Op deze manier worden zowel de maximale concentratie als de toename van de chlorideconcentratie per tijdseenheid gedurende de vloedperiode berekend. Dit gaat op de volgende wijze:

Op basis van metingen wordt het verloop van c bij Stavenisse als volgt geschematiseerd:



Hierbij geldt: $\bar{c}_{\max} = \bar{c}_{\text{hwk}} = \bar{c}$ (op halve getijweg zeewaarts van Stavenisse)

$$\text{Dan volgt: } \bar{c}_{\min} = \frac{\{-\Delta t_1 (\bar{c}_{\max} - \bar{c}) - \frac{1}{2} \Delta t_2 (\bar{c}_{\max} - 2\bar{c})\}}{\frac{1}{2} \Delta t_2}$$

Toepassing op de prototype omstandigheden geeft:

Situatie 1977

Hiervoor geldt: $Q_f = 50 \text{ m}^3/\text{s}$, $TV = 3,50 \text{ m}$,
halve getijweg = Zeelandbrug (7000 m)

Uit SYSAN: Stavenisse $\bar{c} = 16,30 \text{ kg/m}^3$
Zeelandbrug $\bar{c} = 16,79 \text{ kg/m}^3$

zodat: $\bar{c}_{\min} = 15,28$ en $\bar{c}_{\max} = 16,78$

waaruit $\frac{\Delta c}{\Delta t} = (16,79 - 15,28)/4,3600 = 0,000104$

Situatie 1980

Hiervoor geldt $Q_f = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $TV = 4,08$, halve getijweg $\frac{4,08}{3,50} * 7000 = 8100 \text{ m}$

Uit SYSAN: Stavenisse $\bar{c} = 15,33 \text{ kg/m}^3$
Zeelandbrug $\bar{c} = 16,20 \text{ kg/m}^3$
Roggenplaat $\bar{c} = 16,84 \text{ kg/m}^3$

$$\text{zodat: } \bar{c}_{\max} = \frac{8100 - 7000*}{8000} (16,84 - 16,20) + 16,20 = 16,29$$

$$\text{en } \bar{c}_{\min} = 13,32$$

$$\text{waaruit } \frac{\Delta c}{\Delta t} = (16,29 - 13,32)/4,36000 = 0,000206$$

Als deze uitkomsten worden vergeleken met de prototype resultaten:

$$1977: \frac{\Delta c}{\Delta t} = 0,00012$$

$$1980: \frac{\Delta c}{\Delta t} = 0,00023$$

blijkt in beide gevallen de SYSAN-waarde ongeveer 0,000015 te laag, hetgeen als akseptabele onzekerheid wordt beschouwd. Ten behoeve van de berekeningen II, III, IV en VI zijn C_{\max} en $\frac{\Delta c}{\Delta t}$ berekend met behulp van SYSAN. De $\frac{\Delta c}{\Delta t}$ waarden zijn met het als systematisch verschil beschouwde 0,000015 verhoogd. Boven beschreven aanpak is gebruikt bij de series II, III en IV, VI. Omdat de longitudinale zoutverdeling zoals die met DISTRO berekend wordt, voor een niet onbelangrijk deel bepaald wordt door de zeerand, met name wat het niveau betreft, is het op zijn plaats enkele opmerkingen over SYSAN te maken.

SYSAN is afgeregeld door de dispersiecoëfficiënten op de verschillende takken zo goed mogelijk te ijken op dezelfde meting uit 1977 waarop ook DISTRO is geijkt. Uit de ijking blijkt dat voor het traject Stavenisse-Volkeraksluizen de SYSAN-resultaten 0,1 à 0,2 kg/m³ lager uitkomen dan de prototypegegevens. In de nota DWT - 82.015 "Principles of mixing in tidal basins in the Netherlands" is aangegeven dat de dispersiecoëfficiënten evenredig zijn met het kwadraat van de getijsnelheden. Voor het doorrekenen van situaties met lagere getijsnelheden (i.e. lagere getijamplituden) zijn de dispersiecoëfficiënten aangepast in overeenstemming daarmee. De getijgemiddelde concentraties zoals die met SYSAN berekend zijn, kunnen te hoog zijn, maar dan moet wel verondersteld worden dat de dispersiecoëfficiënten evenredig zijn met de getijsnelheid tot een macht groter dan 2. Dit lijkt niet voor de hand liggend, zodat gekonkludeerd mag worden dat de SYSAN-concentraties niet te laag uitvallen.

Voor de "niet-stationaire" toestanden V, VII, VIII en IX kan niet uitgegaan worden van een met SYSAN berekende stationaire zoutverdeling. Om toch de benodigde C_{\max} en

$\frac{\Delta c}{\Delta t}$ te verkrijgen is naar andere oplossingen gezocht.

T.b.v. het Krammerscenario (V) is daartoe een Oosterschelde-versie van het 1-D advektie-diffusiemodel ZWENDL ontwikkeld. Daarbij is eerst gewerkt aan een getijgemiddelde van vervolgens een niet-getij gemiddelde versie. De tijd heeft ontbroken om dit in het model nauwkeurig te ijken en te verifiëren.

Met ZWENDL om dit is vervolgens het Krammerscenario doorgerekent, zodat daarui C_{\max} en $\frac{\Delta c}{\Delta t}$ ter beschikking zijn gekomen.

Voor de berekening VII, VIII en IX is wel uitgegaan van de stationaire zoutverdeling uit SYSAN, zoals die respectievelijk gelden in de evenwichtssymmetries vlak voorafgaand aan het flipperen, cluster Tholensche Gat en schudden. Dit is toelaatbaar, omdat die situaties zo kort duren, dat geen wezenlijke verandering in de 1-D zoutverdeling verwacht mag worden.

Een volgend punt is de resulterende zoutlast vanaf de SRV. Uit SYSAN volgt alleen een getijgemiddeld zouttransport bij een getijgemiddeld restdebiet. Uit IMPLIC is wel het verloop van het getijdebiet bekend maar niet dat van de concentratie. Voor dit probleem is de volgende oplossing gekozen. Tijdens het onttrekken van water door de SRV wordt water afgevoerd met de in de mond van de SRV aanwezige chlorideconcentratie. De aldus op de SRV geborgen zoutlast wordt tijdens de lozingsfase in omgekeerde volgorde op het Volkerak teruggebracht. De chlorideconcentratie die het laatst is onttrokken wordt het eerst weer geloosd. Als het restdebiet uit Implic overeenkomt met dat in SYSAN en de chlorideconcentraties in de lozingsfase korrekt zijn opgedrukt dan moet de resulterende zoutlast overeenkomen met die uit SYSAN. Is dit niet het geval, dan kan het verloop van de opgedrukte chlorideconcentraties tijdens de lozingsfase nog enigzins gekorrigeerd worden.

4.3 Beginvoorwaarden

Uit ervaringen met metingen in het prototype en ook uit de rekenresultaten van de bewijsfase is duidelijk geworden dat voor berekeningen met een stationaire toestand als eindresultaat de beginvoorwaarde van met name de zoutverdeling

van essentieel belang is. In paragraaf 4.0 staat de berekeningsvolgorde aangegeven, waarbij ook staat aangegeven vanaf welk punt een berekening gestart moet worden. De meeste van deze starts geven een discontinue overgang in de randvoorwaarde te zien. Bijvoorbeeld: de start van II is het eindresultaat van I, waarbij de getijamplitude van 3.50 m tot 2.70 m gereduceerd wordt en de zoetwaterbelasting van 50 m³/s tot 35 m³/s.

Op basis van deze randvoorwaardeninstelling kan een bepaalde ontwikkeling verwacht worden. In overeenstemming met deze verwachtingen is het eindresultaat van I aangepast op overeenkomstige wijze als in de bewijsfase bij doorstarts gebeurd. Daarnaast is, althans voor die berekeningen die tot een stationaire toestand moesten leiden, ook bij de doorstarts af en toe ingegrepen om de convergentie kunstmatig te versnellen. Voor een paar berekeningen, met name die van het Krammerscenario, is tijdens de doorstarts ook de geometrie aangepast. Deze ingreep in de doorstarts levert de nodige specifieke problemen op. Door een dergelijke ingreep wordt de continuïteit in het behoud van water en zout namelijk geweld aangedaan. Zonder extra voorzorgsmaatregelen zo verandering van de geometrie leiden tot stoorgolven in de waterstand en ook tot sprongen in de chlorideconcentratie. In de berekeningen waar deze problematiek speelt, wordt nader op de extra voorzorgsmaatregelen teruggekomen.

Ten onrechte is in de series B, C en D met dezelfde geometrie gerekend als in A, dat wil zeggen een open Slaak. Pas vanaf serie E wordt met een nieuwe schematisatie gewerkt, waarbij het Slaak dicht is en de komberging naar de omliggende posities is verplaatst. Op zich blijven de series B t/m D en E t/m I onderling goed vergelijkbaar.

4.4 Normen

Voor de toelaatbare absolute chlorideconcentraties en voor de maximum verticale concentratie verschillen zijn normen opgesteld, die met name betrekking hebben op de Kom van de Oosterschelde en de Krabbenkreek. Ten eerste mag de chloride concentratie niet onder de 12,5 kg m⁻³ komen, wat bij 18°C overeenkomst een dichtheid van 14.85 kg m⁻³. Verder mag het verschil tussen bodem en oppervlak niet meer dan 2 kg m⁻³ bedragen, oftewel een maximum dichtheidsverschil van 2.668 kg m⁻³. Tenslotte mogen de concentraties niet langdurig onder de 13,5 kg m⁻³ komen, in dichtheidstermen 16,14 kg m⁻³. Bij het beoordelen van de resultaten en de effectiviteit van eventuele beheers

maatregelen zullen bovenstaande drie normen gehanteerd worden. Voor de kom van de Oosterschelde wordt Stavernisse als maatgevend beschouwd.

De resultaten worden gepresenteerd aan de hand van een beperkt aantal figuren. Van de waterbeweging zijn alleen de waterstandsvariatiën en het getijdebiet bij Stavernisse gepresenteerd. De overige stations reageren overeenkomstig en worden daarom niet getoond. De snelheidsvertikalen geven af afwezigheid van spronglagen een zeer grote gravitatie circulatie nauwelijks extra informatie en zijn daarom weggelaten.

De veranderingen in de chlorideconcentratie worden gepresenteerd via longplots en de variatie van de diepte en getijgemiddelde dichtheid. Dichtheidsvertikalen en isopykenen voegen bij afwezigheid van spronglagen weer geen-relevante informatie toe en zijn weggelaten. Tenslotte zijn voor de presentatie van het Krammerscenario's ook nog tijdregistraties gebruikt in een 3-tal stations.

5 Resultaten produktiefase

Achtereenvolgens worden nu de resultaten van de diverse produktie runs besproken in een volgorde die overeenkomt met die in tabel 1.

Waar dat zinvol is zullen ook resultaten van verschillende produktie runs gekombineerd gepresenteerd worden. Dit is het geval voor de series II, III en IV, voor V en X en voor VI en VII voor VI en VIII en voor II en IX en tenslotte voor II en XI.

5.1 Resultaat serie II

Serie II representeert de situatie voorafgaand aan de Krammersluiting waarbij gedurende tijd het zoetwaterdebiet bij de Volkerakdam tot $5 \text{ m}^3/\text{s}$ gereduceerd wordt. Bovendien wordt tengevolge van de verdere afbouw van de Oosterschelde kering de getijamplitude gereduceerd tot 2,70 m. Dit leidt tot een maximale chlorideconcentratie van $16,57 \text{ kg m}^3$ en $\frac{\partial c}{\partial t} = 0,000111 \text{ kgm}^{-3}/\text{s}$. In de mond van de SRV is een getijdebiet opgedrukt met een restdebiet van $2,35 \text{ m}^3/\text{s}$ naar het noorden. Dit getijgemiddelde debiet is een faktor 2 lager dan het debiet in SYSAN. De konsekwentie daarvan is dat de resulterende zoutlast van $11,5 \text{ kg/s}$, zoals die uit SYSAN volgt, niet gereproduceerd kan worden. Als dat toch geprobeerd wordt, door tijdens de periode van lozing systematisch hogere concentraties op te drukken dan in het voorgaande periode onttrokken zijn, ontstaat

een situatie waarbij de concentratie op het Volkerak langzaam op blijft lopen. Doordat te weinig water met relatief te veel zout op het Volkerak geloosd wordt, loopt daar de concentratie iets te hoog op. In de daarop volgende periode wordt dientengevolge een iets hogere concentratie onttrokken en vervolgens wordt in de daarop volgende lozingsperiode een nog hogere concentratie weer teruggebracht ten einde de uit de SYSAN volgende resulterende zoutlast te reproduceren. Toen dit mechanisme, dat een gevolg is van een verschil tussen het uit Implic afkomstige resulterend debiet en het voor de SYSAN berekening gebruikte restdebiet, onderkend was, is de serie II afgebroken (29^e getij) in een situatie waarin de concentraties rond de mond van de SRV nog heel langzaam maar konsekwent toe bleven nemen. Het is daardoor mogelijk dat de stationaire toestand, waarbij korrekte afstelling van restdebiet nagestreefd was, reeds gepasseerd is.

Als dat gebeurd is, dan ligt de huidige eindtoestand gezien de snelheid waarmee de concentraties toe bleven nemen in geen geval ver van de na gestreefde stationaire toestand.

Als de eindtoestand van serie II (B29) vergeleken wordt met die van serie I, (A27) dan blijkt dat de amplitude voor het verticale getij en het getijdebiet als gevolg van de gereduceerde amplitude op de zeerand bij Stavernisse over het hele gebied gelijkelijk afneemt. In overeenstemming daarmee nemen ook de snelheden bij maximale eb- en vloedstroom met 30% af. Uit de longplots van figuur 6 en 7 blijkt dat de gelaagdheid over het gehele estuarium enigszins is toegenomen als gevolg van het gereduceerde getij. In vergelijking met A27 is de concentratie in B29 over het gehele estuarium afgenomen. In de eerste plaats de lagere maximum concentratie op de zeerand. In de tweede plaats de verminderde zoetwaterafvoer achterin het estuarium. Ten derde het gereduceerde en van vorm veranderde getij en tenslotte de invloed van SRV.

Kwantificering van de diverse invloeden geeft dat de zoetlast van $2,25 * 10^6$ m³/getij naar $1,35 * 10^6$ m³/getij is teruggelopen. De zoutlast vanaf de SRV is in de eerste serie verwaarloosd en bedraagt in serie II $0,5 * 10^6$ kg/getij. De longitudinale gradient van de chloride concentratie verloopt vooraan in het estuarium gelijk, in het middengedeelte verloopt de getijgemiddelde concentratie in serie II steiler dan in serie I. Achterin het estuarium is het verloop in serie II flauwer dan dat in serie I. De longitudinale dispersiecoëfficiënt is over het gehele estuarium afgenomen, variërend van een afname van 70 m²/s tot 55 m²/s bij de zeerand tot een afname van 50 m²/s tot 45 m²/s ach-

terin het estuarium, waarmee tot op zekere hoogte tot uitdrukking komt dat het 2Dh-effekt bij een kleinere getijslag kleiner wordt. Tesaamen resulteert dit in lagere concentraties in serie II ten opzichte van serie I, ondanks de gereduceerde zoetwaterlast.

Aan de variatie van de diepte gemiddelde concentratie (figuur 3, 4 en 5) dat de variaties in B 29 niet kleiner zijn dan in A27 ondanks de kleinere getijslag. Dit hangt samen met de grotere longitudinale gradient in de concentratie, waardoor een kleinere getijslag toch een evengrote variatie van de chloride concentratie te zien geeft.

5.2. Resultaat serie III

In Serie III is serie II gecombineerd met de beheersmaatregel $80 \text{ m}^3/\text{s}$ rondstromen via de SRV. Aan de getijparameters verandert vrijwel niets, des te meer aan de randvoorwaarden voor de zoutbalans. Ten eerste gaat de maximum concentratie op de zeerand van 16.57 kg m^{-3} naar 17.03 kg m^{-3} . Dit is een logisch gevolg van het feit dat een reststroom op het Volkerak gecreeërd wordt die voor toevoer van extra zoutwater zorgt. De $\frac{\partial c}{\partial t}$ neemt af van $0,000111 \text{ kg m}^{-3}/\text{s}$ tot $0,000067 \text{ kg m}^{-3}/\text{s}$. De effecten hier van zijn duidelijk te zien in figuur 3 t/m 5. Door de grotere zoutindringing schuift het gebied met de grotere longitudinale gradient verder het Volkerak op, waardoor de variaties in het zoutgehalte bij Stavernisse afnemen en daarmee ook de

$\frac{\partial c}{\partial t}$ tijdens de vloedfase.

Met het omslaan van het restdebiet op de SRV van $2.35 \text{ m}^3/\text{S}$ (noordwaarts gericht naar $-77.7 \text{ m}^3/\text{S}$ (zuidwaarts gericht) verandert ook de resterende zoutlast nogal drastisch van $0,8 * 10^6 \text{ kg/getij}$ in serie II naar $-46,2 * 10^6 \text{ kg/getij}$ in serie III. Ook dit debiet wijkt enigszins af van het debiet in SYSAN waar met $80 \text{ m}^3/\text{S}$ gerekend is.

Het resultaat van serie III is een waterbeweging die nauwelijks van die van II afwijkt (zie figuur 2).

De zoutindringing vertoont zoals te verwachten was wel duidelijk verschillen. De totale zoutindringing neemt over de gehele getijperiode toe. De longitudinale dichtheidsgradient neemt nadrukkelijk af zoals te konstateren is uit het verloop van de diepte gemiddelde concentraties tegen de tijd (figuur 3 tot 5). Daarin is de toename van de chloride concentratie op de zeerand veel kleiner dan verder naar de Volkerakdam. Hetzelfde is te zien aan de longplots van

figuur 6 en 7 waarin de chloride concentratie aan zowel bodem als oppervlak in longitudinale richting minder afneemt. De gelaagdheid verandert nauwelijks wat ook niet verwacht mag worden bij vrijwel gelijkblijvende getijomstandigheden.

5.3. resultaat serie IV

Serie IV is eveneens een variant op serie II, maar nu gekombineerd met de beheersmaatregel reductie zoetlast met $15 \text{ m}^3/\text{s}$ tot $20 \text{ m}^3/\text{S}$. Ook deze ingreep heeft een marginale invloed op het getij. De maximum chloride concentratie bij Stavernisse komt op $16,9 \text{ kg m}^{-3}$ en de $\frac{\partial c}{\partial t}$ op $0,000078 \text{ kg m}^{-3}/\text{S}$. Het restdebiet door de SRV blijft gelijk aan dat in serie II, namelijk $2,35 \text{ m}^3 \text{ S}^{-1}$. De resulterende zoutlast, afkomstig uit SYSAN bedraagt $0,44 * 10^6 \text{ kg/getij}$ waarbij aangetekend dat ook deze hoeveelheid gebaseerd is op een restdebiet van $4,7 \text{ m}^3/\text{S}$.

Het resulterende effect vertoont duidelijk overeenkomst met dat van serie III. Geen of marginale verschillen in waterstanden en snelheden en hogere chlorideconcentraties over de gehele getijperiode. Dit is eenvoudig te zien aan de getijkrommen in figuur 9 en aan het verloop van de dieptegemiddelde concentratie op verschillende posities (figuur 10 tot 12). Uit de longplots (figuur 13 en 14) valt goed af te leiden dat de longitudinale gradient aan bodem en oppervlak sterk afneemt ten opzichte van serie II, daarnaast neemt ook de gelaagdheid duidelijk af.

Vergelijking van de beheersmaatregelen $80 \text{ m}^3/\text{S}$ rondstromen en $15 \text{ m}^3/\text{S}$ terughouden valt in het voordeel van de laatste uit. In deze situatie ontstaat over het gehele estuarium genomen een kleinere longitudinale gradient en neemt de gelaagdheid iets af.

5.2.4. Resultaat serie V

Serie V vormt de centrale set berekeningen uit de studie, namelijk het Kramersscenario. Het uiteindelijke in DISTRO gehanteerde scenario zoals dat beschreven is in bijlage I.

Voor serie V is dit scenario geschematiseerd tot 14 getijden met $T0/2,30$, vervolgens 12 getijden $3T0/2,70$ en tenslotte 3 getijden met gesloten SVK.

Voor de berekening van het Krammerscenario begon is eerst de geometrie aangepast, dat wil zeggen dat het Slaak gedicht is en vervolgens is het overblijvende bergende oppervlak toegerekend aan een tweetal omliggende punten op enige afstand van het sluitgat.

De sluiting van het Krammer is in diskrete stappen in de DISTRO berekeningen ingevoerd. Gedurende de eerste 12 getijden is de dwarsdoorsnede tijdens de doorstarts telkens met 250 m² verkleind van 8800 m² naar 5800 m². Vervolgens is de doorsnede in 18 vrijwel gelijke stappen verkleind tot het Krammer gesloten is. Het in sprongen verkleinen van de dwarsdoorsnede geeft, met name als de sprong procentueel groot wordt, de nodige continuïteitsproblemen. De berekening van de zoutverdeling is behoudend, ook over een doorstart heen. Als dus bij de doorstart ingegrepen wordt in de geometrie, wordt daarmee ook het behoud verstoord. Dit probleem is opgevangen door na een doorstart eerst de verstoorde concentratieverdeling in het sluitgat te corrigeren en vervolgens nog een keer door te starten, maar nu vanuit een situatie met een aangepaste geometrie. Deze aanpak was voldoende om de doorstartproblemen te ondrukken.

De getijrandvoorwaarde op de zeerand en het getijgebied in de mond van de SRV zijn weer toegeleverd door IMPLIC-berekeningen. De randvoorwaarden voor het chloride gehalte op de zeerand en in de mond van de SRV vormde ditmaal een probleem. Aangezien het tijdens het Krammerscenario niet om een stationaire situatie gaat is SYSAN niet toepasbaar. Voor de zeerand is dit probleem opgelost door een berekening met ZWENDL, waaruit het verloop van de maximum concentratie en de $\frac{\partial c}{\partial t}$ bij Stavenisse afgeleid konden worden.

Een probleem apart vormde toen nog de chlorideconcentraties tijdens de periode dat van de SRV water op het Volkerak geloosd werd. Hiervoor is de oplossing gehanteerd, die in paragraaf 5.0 staat aangegeven, met dien verstande dat het om een niet stationaire situatie ging, zodat voortdurend nieuwe inschattingen van de verwachte ontwikkelingen van het zoutgehalte op het Volkerak gemaakt moesten worden. Bovendien was niet altijd de geloosde hoeveelheid water gelijk of kleiner dan de in de voorafgaande periode onttrokken hoeveelheid water, in welke gevallen de informatie aangevuld moet worden door interpretatie van verder voorafgaande onttrekkingen. Ook is in dit geval geen uit SYSAN afkomstige resterende zoutbelasting bekend, wat in ieder geval een indicatie zou zijn voor de orde van grootte voor de in DISTRO te verwachten zoutlast. Als beginvoorwaarde is de stationaire toestand van serie II genomen, hetgeen

overeenkomstig met de verwachte uitgangssituatie in prototype, zonder dat beheers maatregelen vooraf zijn toegepast.

De resultaten worden bekeken aan de hand van de tijdregistraties en longplots. Met de longplots worden een viertal karakteristieke situaties twee aan twee vergeleken:

- de beginstoestand = stationair $T_0/2,70$: B29
- de toestand aan het eind van de $T_0/2,30$ fase: E14
- de toestand aan het eind van de $3T_0/2,70$ fase: E26
- de toestand op het moment van afsluiting: E29

In figuur 16 en 17 worden de longplots van B29 en E14 vergeleken. De gelaagdheid neemt achter in het estuarium toe. Rond het sluitgat neemt de gelaagdheid af, wat aan de extra mengende werking van het sluitgat toegeschreven wordt en vooraan in het estuarium neemt de gelaagdheid blijkens de resultaten toe. Deze toename van de gelaagdheid is echter grotendeels te wijten aan de discontinue doorstart van E1 na B29, zoals duidelijk uit de tijdregistraties van figuur 22 tot en met 24 blijkt. Bij de interpretatie van deze figuren wordt nader op deze doorstart teruggekomen. In de volgende fase van het getij ($3T_0/2,70$) wordt het getij gemiddeld genomen aanzienlijk gereduceerd wat zich uit in een sterk toenemende gelaagdheid in figuur 18 en 19. Alleen bij de zeerand neemt de gelaagdheid af, wat eveneens een gevolg is van de discontinue doorstart van E1. Aan de tijdregistraties (figuur 22 tot 24) is te zien dat dit effect bij E14 nog steeds niet uitgewerkt was, waardoor de gelaagdheid bij Stavenisse toch nog verder afneemt in tegenstelling tot de rest van het estuarium.

De toestand tijdens de laatste fase van de sluiting is te zien in figuur 20 en 21. Nu is te zien dat de grotere gelaagdheid, komende vanaf het Volkerak, zich door het sluitgat tot op het Zype uit gaat strekken. Ook dit effect is duidelijk op de tijdregistratie van figuur 24 waarneembaar.

De resultaten van de tijdregistraties op een drietal stations vooraan in het estuarium worden getoond in figuur 22, 23 en 24. Deze figuren laten het verloop van de waterstand van voor de concentratie bij bodem en oppervlak zien. In de eerste plaats blijkt uit de figuren een tweetal problemen, die een rechtstreekse interpretatie van de resultaten bemoeilijken. Ten eerste blijkt uit het verloop van de waterstanden dat de per getij opgedrukte waterstanden

bij Stavernisse op de overgang tussen twee getijden niet altijd goed aansluiten, met name niet tijdens de 3T0 fase. Dit is het gevolg van een fourier analyse van de Implic resultaten over een te klein interval. Doordat het getij zelfs niet bij benadering cyclisch is, ontstaan bij analyse over 12,5 uursperioden sprongen tussen de opeenvolgende getijden. Dit probleem had voorkomen kunnen worden door over 3 getijden te analyseren en vervolgens alleen het middelste deel van de analyse als randvoorwaarde op te leggen. Het probleem is helaas pas na het samenstellen van de complete tijdregistraties onderkend. Alvorens tot een nieuwe berekening zou worden besloten, is toen eerst naar het effect van de sprongen op de gelaagdheid gekeken. Vergelijking met de concentratie registraties laat zien dat er geen directe correlatie bestaat tussen het optreden van de sprongen en het afnemen van de gelaagdheid. Dit is wel verklaarbaar als de optredende maximale snelheden als gevolg van de sprongen bekeken wordt. Deze liggen in de orde van 0,6 m/s, wat te gering is om de opgetreden gelaagdheid significant af te doen nemen.

Het tweede probleem treedt op meteen na het begin van de berekening. Het eerst op positie 20 en even later ook op de posities 12 en 1 blijft een aanzienlijke gelaagdheid op te treden, die in de daarop volgende getijden weer verdwijnt. De oorsprong van deze gelaagdheid is het gevolg van de reeds genoemde ingreep in de geometrie nabij het sluitgat.

In serie I is nog met een open Slaak gerekend. Aan het begin van Serie V is dat gewijzigd. Dit is een nogal forse ingreep die een aanzienlijke invloed heeft continuïteit van de chlorideconcentraties, zoals reeds beschreven voor de afsluiting operatie in het Krammer. Na deze forse verstoring van de continuïteit gaat het model weer naar een stabiele getijgemiddelde situatie streven. Deze lijkt aan het eind van de T0/2,30 fase nog niet geheel bereikt, waardoor in wezen een extra ongunstige beginsituatie voor de rest van het Krammerscenario is gecreeërd. In het negende getij treedt nogmaals een verstoring als gevolg van een fout in de geometrie. De verstoring heeft echter slechts een beperkte invloed, zoals aan het verdere verloop van de concentratie is te zien. De verwachte problemen als gevolg van de zoetwaterlast van de Volkerakdam beginnen zich pas in het laatste deel van het Krammerscenario af te tekenen en dan nog voornamelijk voor positie 20.

Een verkleining voor deze pas laat optredende toename van de gelaagdheid ten westen van het sluitgat moet in de eerste plaats geweten worden aan het niet volledig uitschakelen van het getij. Verder is het zo dat ook het sluitgat

zelf een extra mengende werking heeft. In prototype zal met name in het ver-
traginggebied na de kontraktie zowel in het horizontale als het vertikale
vlak neervorming optreden, wat extra menging geeft. In DISTRO worden deze
mechanismen niet weergegeven. Horizontale neren niet omdat DISTRO breedte gemid-
deld is en vertikale neren omdat DISTRO met een hydrostatische drukverdeling
en een eenvoudig mengweglengte model werkt. Als gevolg van de hogere snelheden
rond het sluitgat en de daarmee gepaard gaande grotere vertikale snel-
heidsverschillen neemt de vertikale turbulente uitwisseling toe, dit gebeurt
zowel voor als na het sluitgat.

Bij de modellering van de mengende werking van het sluitgat is al aan de orde
geweest dat DISTRO breedte gemiddeld is en daarom geen horizontale neren weer
kan geven. Een andere konsekwentie van deze breedte middeling is dat de meng-
ende werking boven de platen slechts geparameteriseerd weer wordt gegeven. De
daaruit voortvloeiende dispersie coëfficiënten zijn echter afgeijkt voor een
getijslag van 3,50 m, terwijl in de eind fase van het Krammerscenario's een
getijslag van minder dan 1.00 m optreedt, wat een forse extrapolatie vanuit
het ijk domein is. Dit zal dus een negatief effect op de betrouwbaarheid van de
resultaten hebben. Dit negatieve effect wordt enigszins gecompenseerd doordat
de invloed van de dispersie afneemt bij gereduceerd getij.

5.2.5. Resultaat serie VI (F)

In deze serie wordt de fase voorafgaand aan de Tholensegatsluiting door-
gerekend. Daarbij wordt er vanuit gegaan dat de getijamplitude tot 2.30 m
wordt gereduceerd terwijl de zoetwaterbelasting beperkt blijft tot in het
totaal $20 \text{ m}^3/\text{s}$ overeenkomstig de instelling in serie IV. Als maximale chloride
concentratie is 16.67 kg m^{-3} genomen, gecombineerd met een $\frac{\partial c}{\partial t} = 0,000052 \text{ kg}$
 m^{-3}/s . De getijdebieten in de mond van de SRV zijn overgenomen van een Implic
berekening, met dien verstande dat de getallen dusdanig gemodificeerd zijn dat
het restdebiet overeenkomt met dat wat opgegeven was in de SYSAN berekening,
namelijk $-16.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Volgens SYSAN zou bij dit debiet een resulterend zout-
transport van -256 kg/s moeten optreden.

De resultaten van de berekening zijn te zien in figuur 25 tot en met 31.

Vergelijking met de getij kurven van serie I (figuur 25) laat zien dat een
aanzienlijk reductie van de getij amplitude optreedt, ten opzichte van I. Dit
resulteert in maximum snelheden die nog maar half zo groot zijn als die in

serie I.

In het verloop van de diepte gemiddelde concentratie (figuur 26 tot 28) is ten eerste de lagere maximum concentratie herkenbaar. Verder is duidelijk te zien dat de $\frac{\partial c}{\partial t}$ kleiner is, waardoor de toename van c in de vloedfase heel geleidelijk verloopt. De afname van c in de eb fase verloopt ook veel geleidelijker maar dat is het gevolg van de kleinere getijamplitude. Ten slotte blijkt de afname van de concentratie vanaf de zeerand naar de Volkerakdam in F16 veel kleiner te zijn dan deze in A27 was, of anders gezegd een kleinere longitudinale dichtheidsgradient.

Dit is goed te zien aan de longplots (figuur 29 tot 30) waaruit verder blijkt dat behalve de over het algemeen lagere concentratie in F16 ook de gelaagdheid over het algemeen groter is, wat aan de gereduceerde getijamplitude is te danken. Dat achterin het estuarium minder gelaagdheid optreedt, vindt zijn oorzaak in het gereduceerde zoetwaterdebiet.

5.2.6. Resultaat serie VII (G)

Deze relatief korte serie omvat het Tholensegatsscenario, uitgaande van de eindtoestand van serie VI (F16). De hele serie omvat maar 4 getijden gedurende welke periode de SVK dicht gaat. Op zeerand geeft dat een aanzienlijke reductie van de getijamplitude en een kleine afname van de maximale chloride concentratie van 16.60 kg m^{-3} in de eerste tot 16.53 kg m^{-3} in de laatste run. De $\frac{\partial c}{\partial t}$ neemt af tot $0.000035 \text{ kg m}^{-3}/\text{S}$ in de eerste twee runs en daalt vervolgens tot $0.000018 \text{ kg m}^{-3}/\text{S}$.

De debieten in de mond van de SRV zijn afkomstig uit Implic, de bijbehorende chloride concentraties gedurende de lozings periode zijn weer afgeleid uit de voorafgaande berekening, overeenkomstig de aanpak voor het Krammerscenario. Van het eindresultaat (G20) zijn alleen de longplots (figuur 32 en 33) vergeleken met de overeenkomstige grootheden aan het eind van serie VI (F16). Doordat het om een zeer korte periode gaat zijn de verschillen gering.

De gelaagdheid neemt iets toe, over vrijwel het gehele estuarium. De zoutindringing is rond LWK toegenomen, de rest van het getij neemt de indringing aan de bodem toe en aan het oppervlak af, wat overeenkomt met de toename van de gelaagdheid.

5.7 Resultaat serie VIII (H)

Serie VIII is opgezet om het voorspellend vermogen van DISTRO te testen. Hier toe wordt het zogenaamde flipperen gebruikt, dat plaatsvindt ten behoeve van de uitvoering van de stormvloedkering, met als doel inzicht te krijgen in tijdschaaleffekten. Uit vergelijking van de rekenresultaten met metingen moeten conclusies getrokken worden met betrekking tot de betrouwbaarheid van de DISTRO berekeningen aan de beheersmaatregel "Schudden".

Voor serie VIII is uit gegaan van de eindsituatie van serie VI, stationair TO/2.30 en volgens wordt 6 getijden lang afwisselend met een getijverschil van 2.30 m respectievelijk 1.50 m getroond. De chloride concentratie op de zeerand wordt afwisselend geijkt genomen aan 16.67 kg m^{-3} en 16.59 kg m^{-3} . De $\frac{\Delta c}{\Delta t}$ gelijk $0,000052$ respectievelijk 0.000034 . De debieten in de mond van de SRV zijn door Implic levend. De bijbehorende concentraties zijn door intrapolatie uit de onttrekkings periode.

Het resultaat wordt alleen aan de hand van 6 longplots bekeken, waarin de longitudinale dichtheid aan bodem en oppervlak is uitgezet op 6 overeenkomstige tijdstippen in de achtereenvolgende getijden (figuur 34 tot 36).

Duidelijk is te konstateren dat geen significante verschillen optreden tussen twee getijcycli uit elkaar liggende momenten. Als beheersmaatregel om de gelaagdheid te reduceren sorteert flipperen dus geen enkel effect.

5.2.8 Resultaat serie IX (I)

Deze serie test de effectiviteit van de beheersmaatregel "schudden". De overeenkomst met flipperen is vrij groot, alleen gaat het van een variatie in de getijslag van 2,30 m naar 0,60 m. De maximum chloride concentratie op de zeerand komt dan op $16,10 \text{ kg m}^{-3}$ de $\frac{\Delta c}{\Delta t}$ wordt op $0,000111 \text{ kg m}^{-3}$ te liggen.

De debieten en concentraties in de mond van de SRV zijn op dezelfde manier verkregen als voor serie VIII. Het resultaat, ook in de vorm van 6 langplots, is de serie in figuur 37 tot 39 waar een vergelijking is gemaakt met de eindtoestand van B29. Vergelijking van de resultaten op overeenkomstige tijdstippen laat zien dat de situatie eerder verslechtert dan verbetert in die zin dat de gelaagdheid in die zin dat de gelaagdheid iets toeneemt, met name achter in

het estuarium. Bij LWK op $T = 9000$ valt het grotere concentratie verschil bij de zeerand op. Dit is het gevolg van een foutieve randvoorwaarde voor de maximum concentratie op de zeerand.

De conclusie van deze serie berekeningen is dat schudden als beheers maatregel eerder een negatief dan een positief effect heeft.

6. Konklusies en aanbevelingen

De konklusies van deze interim rapportage worden getrokken op basis van een toetsing van de resultaten van de series II tot en met IX aan de normen zoals deze gedefinieerd zijn in paragraaf 4.4. Als toetsings resultaat worden de longplots op de LWK gebruikt. Bij het Krammer scenario de tijdregistraties bij Stavernisse, Oost en het Zuide.

Vervolgens wordt aangegeven welke onzekerheden er in de resultaten zitten als gevolg van onzekerheden in het model als zodanig en onzekerheden in de randvoorwaarden.

Vervolgens worden aanbevelingen gedaan voor mogelijk aanvullend onderzoek.

Als het resultaat van B29 bij LWK (zie figuur 6) getoetst wordt aan de in paragraaf 4.4 gestelde normen blijkt dat van positie 25 dichtheden optreden die onder de gestelde minimum norm liggen. Ook blijkt dat rond positie 22 maximale dichtheidsverschillen optreden van $3,7 \text{ kg m}^{-3}$, wat dus ruim boven de norm ligt. Tenslotte is in figuur 8 te zien dat getijgemiddeld de diepte gemiddelde chloride concentratie vanaf punt 33 onder de $13,5 \text{ kg m}^{-3}$ komt. De konklusie voor B29 luidt doordat aan de eerste twee normen niet wordt voldaan en aan de de derde marginaal

In figuur 6 is tevens te zien dat het eindresultaat C16 een veel beter resultaat geeft. Nu wordt de $1014,85 \text{ kg m}^{-3}$ norm pas vanaf positie 42 onderschreden, wat ruim voorbij het sluitgat ligt. Vanaf diezelfde positie treden ook pas dichtheids verschillen op de $2,668 \text{ kg m}^{-3}$ norm te boven gaan. Tenslotte laat figuur 8 zien dat de diepte en getijgemiddelde chloride concentratie de $13,5 \text{ kg m}^{-3}$ norm vanaf positie 45 onderschrijdt.

Voor het eindresultaat serie IV (D15) geeft toetsing aan de normen een onderscheiding van de $1014,85 \text{ kg m}^{-3}$ norm vanaf postitie 43, helemaal geen overschrijding van de $2,668 \text{ kg m}^{-3}$ norm en een onderschrijding van de $13,5 \text{ kg m}^{-3}$ vanaf positie 42.

Als het krammerscenario's wordt bekeken aan de hand van de tijdregistraties op positie 1, 12, en 20 (figuur 22, 23 en 24), blijkt dat afgezien van de beginfase, de $1014,85 \text{ kg m}^{-3}$ en de $1016,14 \text{ kg m}^{-3}$ normen niet onderschreden worden. Aangezien de onderschreidingen in de beginfase uitsluitend het gevolg zijn van een niet conservatieve doorstart van serie II naar serie V (zie paragraaf 5.4) moeten deze onderschreidingen met als significant aangemaakt worden. Toetsing aan de 2.668 kg m^{-3} norm laat zien dat deze op positie 1 en 12 niet overschreden wordt, behoudens in de aanloophase, als gevolg van de eerder genoemde fout in de doorstart. Op positie 20 treedt tijdens de 3T0 fase twee een te grote gelaagdheid op. De eerste keer bij tijdstap 28000 en daarna nog een keer bij tijdstap 33500. Daarna blijft dat zelfs in de eindfase van de sluiting het maximum toelaatbare dichtheidsverschil tussen bodem en oppervlak niet overschreden wordt.

Toetsing van het eindresultaat van serie VI (F16) aan de hand van figuur 29 laat zien dat de $1014.85 \text{ kg m}^{-3}$ norm vanaf positie 40 onderschreden wordt. De 2.688 kg m^{-3} norm voor het maximale verticale dichtheidsverschil wordt nergens overschreden. Uit figuur 31 blijkt verder dat de 13.5 kg m^{-3} voor de getij en diepte gemiddelde chloride concentratie vanaf positie 43 onderschreden wordt. Als vervolgens de eindtoestand van het Tholenschegatsscenario getoetst wordt aan de hand van figuur 32 blijkt dat de absolute concentratieverschillen weinig afwijken van die in F16. De gelaagdheid neemt relatief wel veel toe, waardoor zou LWK de 2.668 kg m^{-3} norm tussen positie 45 en 60 overschreden wordt.

De 1014.85 norm en de 13.5 kg m^{-3} worden respectievelijk vanaf positie 43 en positie 50 onderschreden.

De hierboven omschreven toetsing van de rekenresultaten aan de normen van paragraaf 4.4 zijn gebruikt als basis voor de tabellen van appendix II. Daar wordt een gekwantificeerde samenvatting van de DISTRO berekeningen uit de produktiefase gegeven, gekombineerd met het resultaat van de ijkkingsberekening en aangevuld met informatie over systematische afwijken en betrouwbaarheids intervallen.

Samenvattend kunnen de resultaten van de produktiefase als volgt weergegeven worden:

- het einde van de fase II (2,70 m stationaire en $Q_{zoet} = 35 \text{ m}^2/\text{s}$) voldoet bij de Krabbenkreek niet aan de gestelde normen.
- van de beheersmaatregelen $80 \text{ m}^3/\text{s}$ rondstromen en $15 \text{ m}^2/\text{s}$ terughouden voldoet

rondstromen het beste, aangezien daarmee de gunstigste situatie ten westen van het sluitgat wordt gecreeërd.

- in het Krammerscenario zoals met DISTRO doorgerekend is blijkt de $3T_0$ fase kritiek
- gedurende het Tholenschegatscenario en ook in de daaraan voorafgaande periode is de kans, dat geen kritiek situaties optreden, klein als het rivierdebiet van Mark en Dintel $15 \text{ m}^3/\text{s}$ is. Is dit $30 \text{ m}^3/\text{s}$ of meer dan is de kans, dat in de Krabbenkreek de gelegenheid te groot wordt, duidelijk aanwezig.
- tijdens het flipperen blijkt de gelaagdheid tussen twee opeenvolgende getijden maar weinig te veranderen
- het schudden heeft als beheersmaatregel geen zin aangezien de gelaagdheid juist toeneemt.

Appendix I

Sluitingsscenario's Tholensche Gat en Kramer

De hier gepresenteerde scenario's zijn gebaseerd op de inzichten zoals die zijn op dit moment in de Ontwerpgroepen Tholensche Gatsluiting en Krammersluiting.

In de loop van de tijd kan nog bijstelling plaatsvinden. Bij het definiëren van de DISTRO-berekeningen kan hiermee geen rekening worden gehouden.

Tholensche Gat

Duur	TV Yerseke (m)	μA_{svk} (m ²) tov NAP	$A_{tg}^*)$ (m ²) tov NAP	$\mu_{tg}^*)$ (-)
14 dg	2,30	13.500	4.800	1,4
2 getij	1,45	6.650	1.100	1,1
1 getij	0,80	3.000	550	1,0
1 getij	0,80	3.000	0	n.v.t.

*) A en μ aan het begin van een periode

De TV's 2,30 en 1,45 zijn maatgevend. Zonodig zal de opening van de SVK aangepast worden. De opening van 3000 m² is een pessimistische schatting van de lekopening van de SVK ten tijde van de TG-sluiting. Het is nu niet helemaal duidelijk welk TV in de slotfase gerealiseerd zal worden. Voor de DISTRO-berekeningen zal uitgegaan worden van de genoemde TV's. De hele sluitingsoperatie duurt 31 getijden, waarvan 4 met sterk gereduceerd getij.

Krammer

Bij de Krammersluiting worden de volgende SVK-manipulaties toegepast:

$T_0/75\%$: de SVK is voortdurend voor 75% open d.w.z. $\mu A = 57\%$ van $16.700 \text{ m}^2 = 12.500 \text{ m}^2$ t.o.v. NAP

$3T_0/75\%$: 75/25/12/75/25/12

$3T_0/60\%$: 60/25/12/50/25/12

$3T_0/50\%$: 50/25/12/12/35/12

$3T_0/30\%$: 30/12/30/12/30/12

Het eerste getal van elke reeks geeft de SVK-opning in % bij vloed, gevolgd door de relatieve opening bij eb enz. Het getal 12 wil zeggen gesloten kering, waarbij de lekopening 2000 m^2 bedraagt.

Bij de overgang van het ene scenario op het andere moet er dus voor gezorgd worden dat er steeds op de goede plaats ingeplugd wordt.

De Krammersluiting verloopt als volgt:

Duur (dg)	TV Yerseke (m)	μA_{SVK} (m^2) tov NAP	$A_k^*)$ (m^2) tov NAP	$\mu^*)$ (-)
21	2,70**)	16.700**)	9.600	1,1
16,2	2,25	$T_0/75\%$	8.200	1,0
2,6		$3T_0/75\%$	5.800	0,8
0,9		$3T_0/60\%$	4.200	0,75
1,9		$3T_0/50\%$	3.500	0,75
1,3		$3T_0/30\%$	2.200	0,75
1,5		$T_0/12\%$	1.100	0,7
14,0	2,30	$T_0/$	0	n.v.t.
daarna	3,05	$T_0/$		n.v.t.

*) A en μ aan het begin van een periode

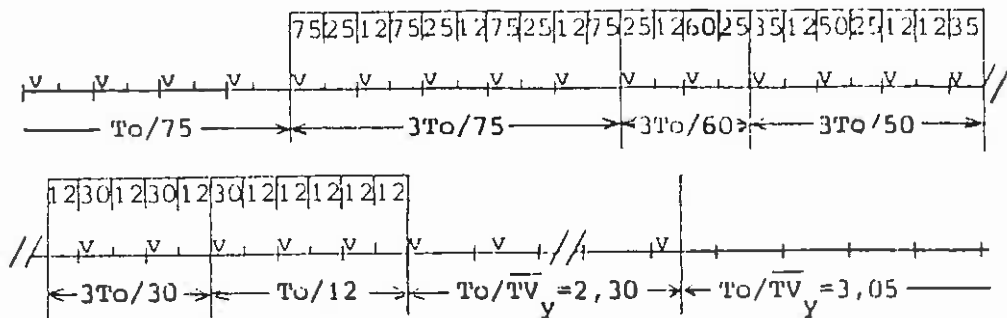
***) Bij een μA van 16.700 hoort op dit moment een TV van 2,80 à 2,85. Bij de sluiting wordt de gegeven μA gehanteerd. Voor de Distro-berekeningen wordt

veiligheidshalve uitgegaan van $T_V = 2,70$ m.

De betekenis van bovenstaande tabel is dus dat na de periode met $T_0/75\%$ gedurende 2,6 dg het $3T_0/75\%$ -scenario gevolgd wordt, vervolgens gedurende 0,9 dg het $3T_0/60\%$ -scenario enz.

(Uitgangspunt: een getij duurt aan de buitenzijde van SVK steeds 12h.25 min.)

Als tijdreeks ziet het sluitingsscenario er als volgt uit:



v = vloedfase van het getij

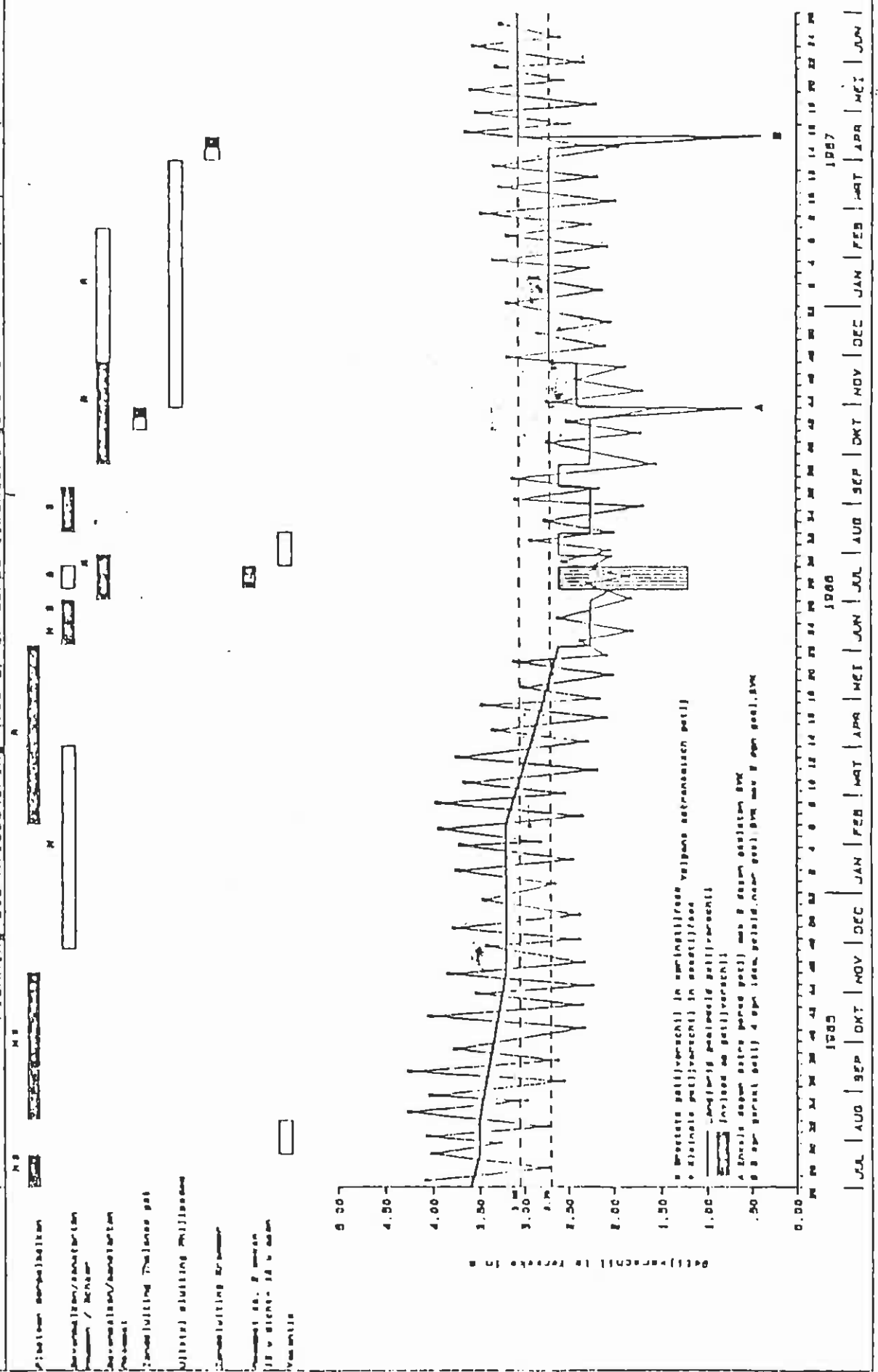
De veranderingen in de SVK-opening worden steeds op gelijk water binnen en buiten aangebracht.

Zoals blijkt duurt de hele sluitingsoperatie 115 getijden (bijna 60 dagen) waarvan 16 met sterk gereduceerd c.q. sterk gerekt getij, voorafgegaan door 41 getijden met ongedempt getij en 31 getijden met beperkt gedempt getij en gevolgd door 27 getijden met eveneens beperkt gedempt getij.

Zoals eveneens blijkt worden niet in alle gevallen de verschillende $3T_0$ -scenario's geheel doorlopen. Bij een tragere voortgang van het werk dan verwacht kan in eerste instantie gedacht worden aan het een geheel aantal malen doorlopen van elk $3T_0$ -scenario, resulterend in $2 \cdot 3T_0/75$, $1 \cdot 3T_0/60$, $2 \cdot 3T_0/50$, $1 \cdot 3T_0/30$ en $3 \cdot T_0/12$ zodat de totale periode met gereduceerd/gerekt getij 21 getijden bedraagt.

18-12-1984

18-12-1984
 GLOBAAL VERLOOP GETIJVERSCHIL TE YERSEKE
 Planning Stormvloedkering (700 d) en Compartimenteringswerken



Globaal verloop getijverschil te Yerseke.
 Planning Stormvloedkering en Compartimenteringswerken

Appendix II Schatting van minimum chloridegehalten en maximum gelaagdheid bij Stavenisse en in Krabbenkreek

1. Toelichting tabellen

In de tabellen 2 en 3 is op basis van de berekeningen met DISTRO-Volkerak (in de tabellen aangeduid met letter in de linkerbovenhoek van de betreffende vakken) een schatting gemaakt van de verwachtingswaarde en de onzekerheid daarin van de optredende minimale chlorideconcentraties C_{\min} en maximale gelaagdheid ΔC_{\max} ter plaatse van Stavenisse en de Krabbenkreek. Deze schattingen gelden voor de situaties:

- voor de Tholensche Gatsluiting (geometrie 86)
- voor de Krammersluiting (geometrie 87)

Bij een afvoer van Mark en Dintel van $30 \text{ m}^3/\text{s}$ (tabel 2) en $45 \text{ m}^3/\text{s}$ (tabel 3). Naast deze als referentie aangeduide omstandigheden is ook het resultaat van een drietal beheersmaatregelen weergegeven, te weten:

- rondstromen naar Bath
- zoetwater reductie (met $15 \text{ m}^3/\text{s}$)
- hevelen naar Grevelingen.

Per vakje worden in de tabellen 4 getallen ingevuld

A

$$C_{\min} \pm \sigma$$

$$\Delta C_{\max} \pm \sigma$$

waarbij

C_{\min} : verwachtingswaarden van minimum chlorideconcentratie in de natuur

σ_1 : soort standaard deviatie, kans dat chlorideconcentratie $< (C_{\min} - \sigma_1)$ is kleiner dan 15%

ΔC_{\max} : verwachtingswaarden van maximum gelaagdheid ($C_{\text{bodem}} - C_{\text{oppervlak}}$)

σ_2 : kans dat gelaagdheid $> (\Delta C_{\max} + \sigma_2)$ is kleiner dan 15%

2. Verwachtingswaarden

In de vakken met letter (die de bijbehorende DISTRO berekening aanduidt) is de uitkomst van de berekeningen met DISTRO-Volkerak gegeven (waarden op LWK). De chlorideconcentraties zijn gecorrigeerd voor de systematische afwijking tussen natuurmeting en DISTRO-berekeningen, die gekonstateerd is tijdens de bewijsfase []. Deze afwijking wordt veroorzaakt door het verschil in zout-randkonditie in Stavenisse (o.a. gevolg van dwarsmiddeling in DISTRO). De in DISTRO berekende minimumwaarden zijn verlaagd met (0,5 à 0,8) kg/m³, afhankelijk van de grootte van het verticale getij.

De verticale gelaagdheid wordt voor de situatie met een groot verschil (T.V. > 3.5 m) door DISTRO overschat. Extrapolatie naar omstandigheden met kleinere getijverschillen kan betekenen dat deze tendens omslaat (DISTRO ervaring uit getijgootverifikatieonderzoek []). Veiligheidshalve is aangenomen dat dit plaatsvindt: de in Distro gevonden gelaagdheid is met 0 - 0.6 kg/m³ vergroot, afhankelijk van de grootte van het verticale getij.

Wat betreft de verticale gelaagdheid moet hierbij opgemerkt worden dat er op het traject ten westen van de Krammer geen spronglaag optreedt. De profielen van de chlorideconcentratie tonen een geleidelijke afname van de concentratie van bodem naar oppervlak gaande. Dit betekent dat de verticale, turbulente uitwisseling van stof niet sterk geremd wordt, zoals wel optreedt bij aanwezigheid van een spronglaag.

Extrapoleren naar de andere randkondities levert de waarden in de vakken zonder letter:

° voor een zoetwater reductie wordt verschil (D-B) als maat genomen.

Vershil (D -B)	Stavenisse	Krabbenkreek
C _{min}	0.63	+ 0.90
ΔC _{max}	- 0.28	- 0.57

° voor de maatregel "rondstromen Bath" is het verschil (C - B) als maat genomen.

Verschil (C -B)	Stavenisse	Krabbenkreek
C_{\min}	1.05	1.39
ΔC_{\max}	- 0.57	- 0.88

° voor de maatregel hevelen van $80 \text{ m}^3/\text{s}$ naar de Grevelingen is het $\frac{\text{verschil (C-B)}}{2}$ als maat genomen.

Verschil (C -B)	Stavenisse	Krabbenkreek
2		
C_{\max}	- 0.52	- 0.90
ΔC_{\min}	+ 0.30	+ 0.60

3. Schatting van de standaard deviatie

De onzekerheid in de minimum chloridegehalten (σ_1) wordt voor de DISTRO-berekeningen geschat op $(0.2 - 0.5) \text{ kg/m}^3$, afhankelijk van de grootte van de verticale getijslag. De standaarddeviatie in de verticale gelaagdheid (σ_2) wordt afhankelijk van de verticale getijslag geschat op $(0.3 - 0.7) \text{ kg/m}^3$.

Extrapoleren naar niet het DISTRO gesimuleerde omstandigheden (vakken zonder letter) geeft een vergroting van de standaarddeviatie op:

- + 0.1 kg/m^3 bij rondstromen
bij reductie zoetdebiet
- + $0,3 \text{ kg/m}^3$ bij hevelen.

V	getij $T_0/4.05$	Q_f 100 m ³ /s	rondstromen 0	Duur stationair
A I	$T_0/3,50$	totaal : 50 m ³ /s	0	stationair
B II	$T_0/2,70$	VKS- schut: 5 m ³ /s - spui: 0 m ³ /s M + D: 30 m ³ /s	0	stationair
C III	$T_0/2,70$	als II	80 m ³ /s	stationair
D IV	$T_0/2,70$	VKS-schut: 5 m ³ /s -spui: 0 m ³ /s M + D: 15 m ³ /s	0	stationair
E V	Krammerscenario	als II	0	Krammerscenario (50 getijden)
F VI	$T_0/2,30$	als VI	0	stationair
G VII*	Thol. Gat. scenario	als IV	0	4 getijden
H VIII*	Flipperen	als IV	0	4 à 6 getijden
I X	Schudden	als II	0	4 à 6 getijden
J X	$T_0/3.05$	KSS-schut: 5 m ³ /s	0	10 getijden
K	$3T_0/2.30$	als X	0	stationair

* Situatie met open Oesterdam; in de voerige gevallen is er sprake van een gesloten Oesterdam

G komt achter F aan en duurt slechts 4 geijden
T komt achter E aan

Tabel 1: DISTRO-berekeningen

instelling	geometrie 1977		geometrie 1986		geometrie 1987			
	TV = 3.50 m	VKS schut = 20 m ³ /s	TV = 2.30	Tholense Gat scenario	TV = 2,70 stationair	eind periode	eind 3T ₀ periode	gesloten Krammer
1 Referentie	15.6 ± 0.2	14.6 ± 0.4	14.7 ± 0.5	14.7 ± 0.5	14.6 ± 0.3	14.9 ± 0.5	14.9 ± 0.5	E29
	0.9 ± 0.3	1.4 ± 0.5	1.3 ± 0.7	1.3 ± 0.7	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.7	1.2 ± 0.7	E29
2 Rondstromen naar Bath 80 m ³ /s	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	15.7 ± 0.3	15.9 ± 0.6	15.9 ± 0.6	C
					0.7 ± 0.4	0.8 ± 0.8	0.7 ± 0.8	
3 Zoetwater reductie 15 m ³ /s	N.V.T.	15.2 ± 0.3	15.4 ± 0.4	15.3 ± 0.3	15.2 ± 0.4	15.5 ± 0.6	15.5 ± 0.6	F
		1.0 ± 0.4	1.0 ± 0.6	1.0 ± 0.4	1.2 ± 0.5	1.1 ± 0.8	1.0 ± 0.8	D
4 Hevel Bruinisse 80 m ³ /s onttrekken	N.V.T.	15.1 ± 0.7	15.2 ± 0.8	15.1 ± 0.6	15.1 ± 0.6	15.4 ± 0.8	15.3 ± 0.8	G
		1.1 ± 0.8	1.1 ± 1.0	1.0 ± 0.7	1.2 ± 0.7	1.1 ± 0.7	1.0 ± 1.0	D

Tabel 2A Overzicht van verwachtings waarde en onzekerheid in Cl-gehalte nabij wateroppervlak C min en de gelaagdheid ΔC_{max} op L.W.K. in Stavenisse voor $Q_{MVD} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$

instelling	tijdstrip		geometrie 1977		geometrie 1986		geometrie 1987							
	TV = 3.50 m	stationnair	Tholense Gat scenario	TV = 2.30	stationnair	Tholense Gat scenario	TV = 2,70	stationnair	TV = 2.30 m	eind periode	eind 3T ₀	gesloten Kramer		
	VKS schut = 20 m ³ /s	VKS schut = 5 m ³ /s	VKS schut = 5 m ³ /s	VKS schut = 20 m ³ /s	VKS schut = 5 m ³ /s	VKS schut = 5 m ³ /s	VKS schut = 5 m ³ /s	VKS schut = 5 m ³ /s	Krammerscenario					
1 Referentie	14.6 ± 0.2	13.6 ± 0.4	13.7 ± 0.5	13.3 ± 0.3	13.6 ± 0.3	14.5 ± 0.5	14.4 ± 0.5	1.4 ± 0.3	1.9 ± 0.5	2.2 ± 0.7	2.2 ± 0.4	1.8 ± 0.4	1.5 ± 0.7	1.7 ± 0.7
2 Rondstromen naar Bath 80 m ³ /s	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	14.7 ± 0.3	15.0 ± 0.4	15.9 ± 0.6	1.3 ± 0.4	1.3 ± 0.4	1.0 ± 0.5	0.7 ± 0.8	0.9 ± 0.8		
3 Zoetwater reductie 15 m ³ /s	N.V.T.	14.6 ± 0.3	14.8 ± 0.4	14.2 ± 0.3	14.5 ± 0.4	15.4 ± 0.4	15.3 ± 0.6	1.3 ± 0.4	1.6 ± 0.6	1.7 ± 0.4	1.1 ± 0.8	1.2 ± 0.8		
4 Hevel Bruinisse 80 m ³ /s onttrekken	N.V.T.	14.3 ± 0.7	15.4 ± 0.8	14.0 ± 0.6	14.3 ± 0.6	15.2 ± 0.8	15.1 ± 0.8	1.4 ± 0.8	1.4 ± 1.0	1.1 ± 1.0	1.4 ± 0.7	1.3 ± 1.0		

Tabel 2B Overzicht van verwachtings waarde en onzekerheid in Cl-gehalte nabij wateroppervlak C_{min} en de gelaagdheid ΔC_{max} op L.W.K. in Krabbenkreek voor $W_M + D = 30 \text{ m}^3/\text{s}$.

instelling	tijdstip		geometrie 1977		geometrie 1986		geometrie 1987		eind periode	eind 3T ₀	gesloten
	TV = 3.50 m	VKS schut = 20 m ³ /s	stationnair	Tholense Gat	TV = 2.30	VKS schut = 5 m ³ /s	stationnair	TV = 2.70			
1 Referentie	N.V.T.	13.9 ± 0.5	14.1 ± 0.6	14.0 ± 0.4	14.0 ± 0.4	14.0 ± 0.4	14.2 ± 0.6	14.2 ± 0.6	14.2 ± 0.6	14.2 ± 0.6	14.2 ± 0.6
		1.7 ± 0.6	1.6 ± 0.8	1.6 ± 0.5	1.7 ± 0.5	1.7 ± 0.5	1.7 ± 0.8	1.7 ± 0.8	1.5 ± 0.8	1.5 ± 0.8	1.5 ± 0.8
2 Rondstromen naar Bath 80 m ³ /s	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	15.0 ± 0.5	15.0 ± 0.5	15.0 ± 0.5	15.3 ± 0.7	15.3 ± 0.7	15.2 ± 0.7	15.2 ± 0.7	15.2 ± 0.7
				1.0 ± 0.6	1.2 ± 0.6	1.2 ± 0.6	1.1 ± 0.9	1.1 ± 0.9	1.0 ± 0.9	1.0 ± 0.9	1.0 ± 0.9
3 Zoetwater reductie 15 m ³ /s	A	15.6 ± 0.2	14.6 ± 0.4	14.7 ± 0.5	14.7 ± 0.3	14.6 ± 0.3	14.9 ± 0.5	14.9 ± 0.5	14.9 ± 0.5	14.9 ± 0.5	14.9 ± 0.5
		0.9 ± 0.3	1.4 ± 0.5	1.3 ± 0.7	1.3 ± 0.4	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.7	1.4 ± 0.7	1.2 ± 0.7	1.2 ± 0.7
4 Hevel Bruinisse 80 m ³ /s onttrekken	N.V.T.	14.4 ± 0.8	14.6 ± 0.9	14.5 ± 0.7	14.5 ± 0.7	14.5 ± 0.7	14.7 ± 0.9	14.7 ± 0.9	14.7 ± 0.9	14.7 ± 0.9	14.7 ± 0.9
		1.4 ± 0.9	1.3 ± 1.1	1.3 ± 0.8	1.4 ± 0.8	1.4 ± 0.8	1.4 ± 1.1	1.4 ± 1.1	1.2 ± 1.1	1.2 ± 1.1	1.2 ± 1.1

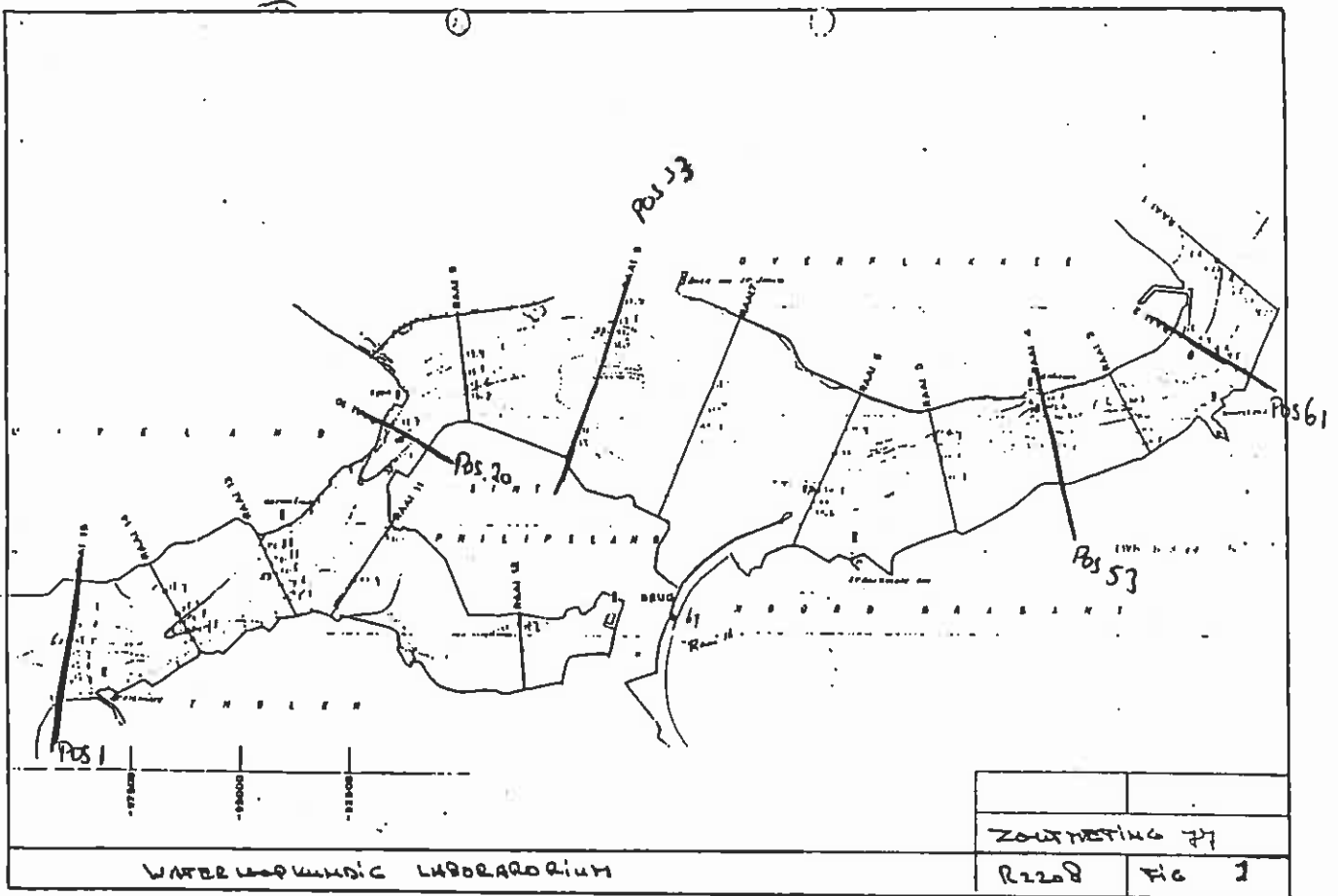
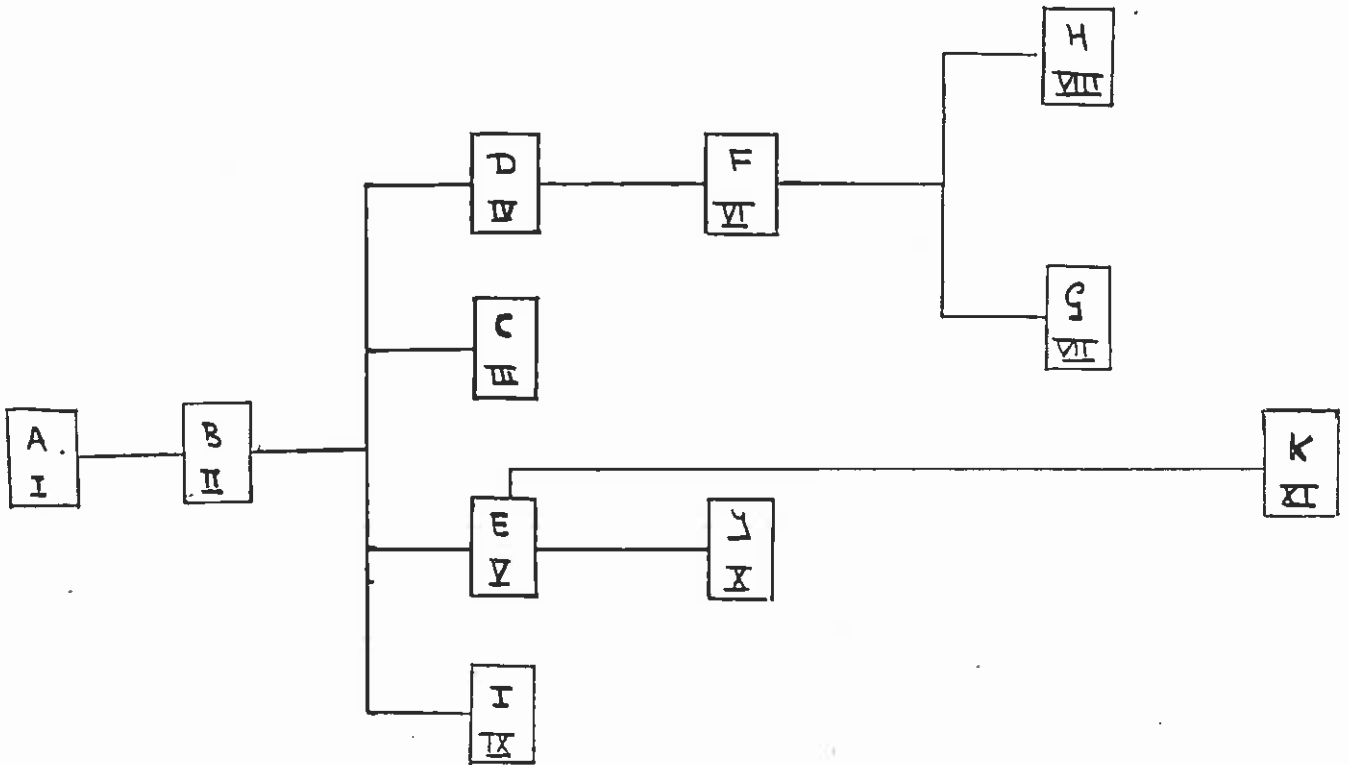
Tabel 3A Overzicht van verwachtings waarde en onzekerheid in Cl-gehalte nabij wateroppervlak C_{min} en de gelaagdheid ΔC_{max} in Stavenisse voor $Q_M + D = 45 \text{ m}^3/\text{s}$.

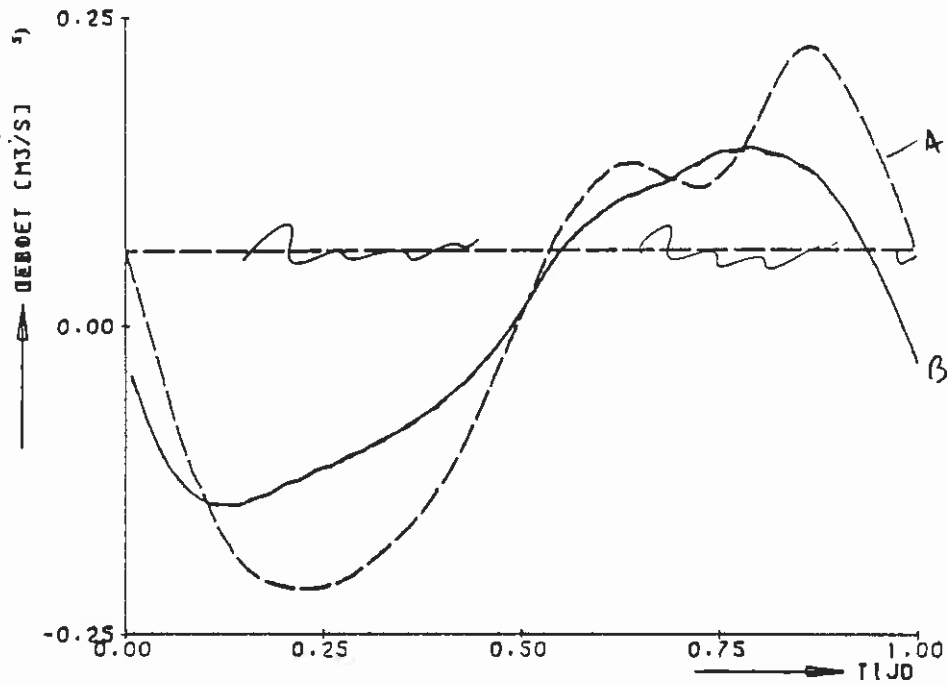
L.W.K.

instelling	tijdstip		geometrie 1977		geometrie 1986		geometrie 1987	
	TV = 3.50 m	stationair	Tholense Gat	TV = 2,70	stationair	TV = 2.30 m	eind periode	eind 3T ₀
	VKS schut = 20 m ³ /s	stationair	scenario	stationair	stationair	TV = 2.30 m	periode	Krammer
								Krammerscenario
								VKS schut = 5 m ³ /s
1 Referentie	N.V.T.	12.7 ± 0.5	12.8 ± 0.6	12.4 ± 0.4	12.7 ± 0.4	13.6 ± 0.6	13.5 ± 0.6	
		2.5 ± 0.6	2.8 ± 0.8	2.8 ± 0.5	2.4 ± 0.5	2.1 ± 0.85	2.3 ± 0.8	
2 Rondstromen naar Bath 80 m ³ /s	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	13.8 ± 0.5	14.1 ± 0.5	15.0 ± 0.7	14.9 ± 0.7	
				2.0 ± 0.6	1.6 ± 0.6	1.3 ± 0.9	1.5 ± 0.9	
	A		B		E14	E26	E29	
3 Zoetwater reductie 15 m ³ /s	14.6 ± 0.2	13.6 ± 0.4	13.7 ± 0.5	13.3 ± 0.3	13.6 ± 0.3	14.5 ± 0.5	14.4 ± 0.5	
	1.4 ± 0.3	1.9 ± 0.5	2.2 ± 0.7	2.2 ± 0.4	1.8 ± 0.4	1.5 ± 0.7	1.7 ± 0.7	
4 Hevel Bruinisse 80 m ³ /s onttrekken	N.V.T.	13.4 ± 0.8	13.5 ± 0.9	13.1 ± 0.9	13.4 ± 0.7	14.3 ± 0.9	14.2 ± 0.9	
		2.1 ± 0.9	2.4 ± 1.1	2.4 ± 1.1	2.0 ± 0.8	1.7 ± 1.1	1.9 ± 1.1	

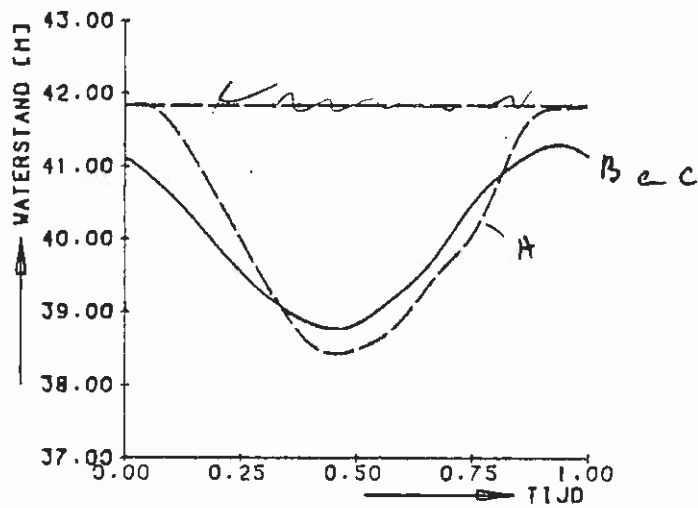
Tabel 3B Overzicht van verwachtings waarden en onzekerheid in Cl-gehalte nabij wateroppervlak C_{min} en de gelaagdheid ΔC_{max} op L.W.K. in Krabbenkreek voor $Q_M + D = 45 \text{ m}^3/\text{s}$.

Berekeningsvolgorde





——— C16
 - - - A27
 - · - B29



——— C16 = III
 - - - A27 = I
 - · - B29 = II

WATERSTANDEN EN DEBIETEN
STATION 63 (POSITIE I)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 2

SAL. GEN. ICL/M3J

16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

—— C16 = B
—— A27 = B
- - - B29 = B

STATION 63 (POSITIE 1)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITIET

BER. NR 16 (PC16)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 3

SAL. GEM. [CL/M3]

16.80
15.60
14.40
13.20

0.00 0.25 0.50 0.75 1.00
TIME

— C16
- - - A27
- - - B29

STATION 53 (POSITIE 12)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

BER. NR 16 (PC16)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 4

SAL. GEM. [CL/M3]

16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

—— C16
- - - 427
- - - B29

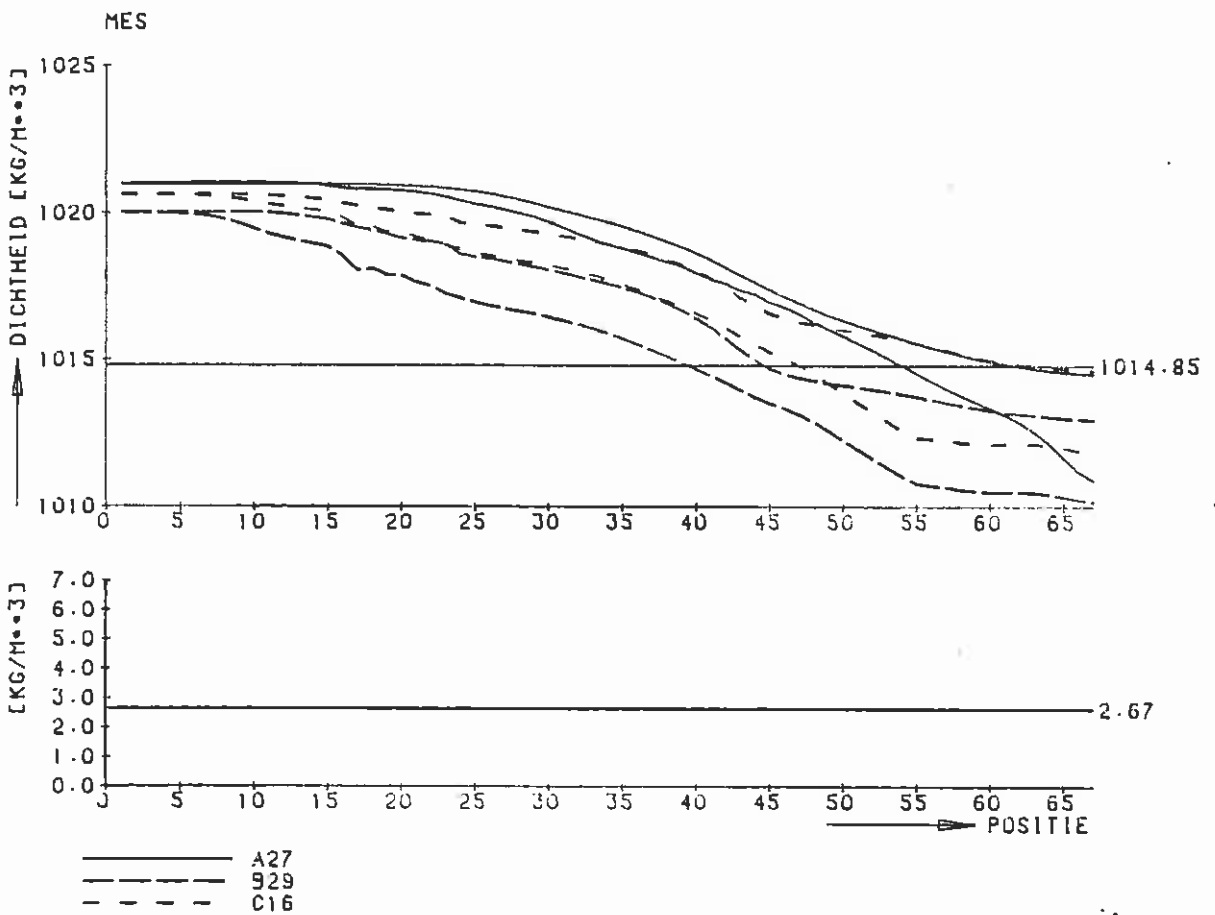
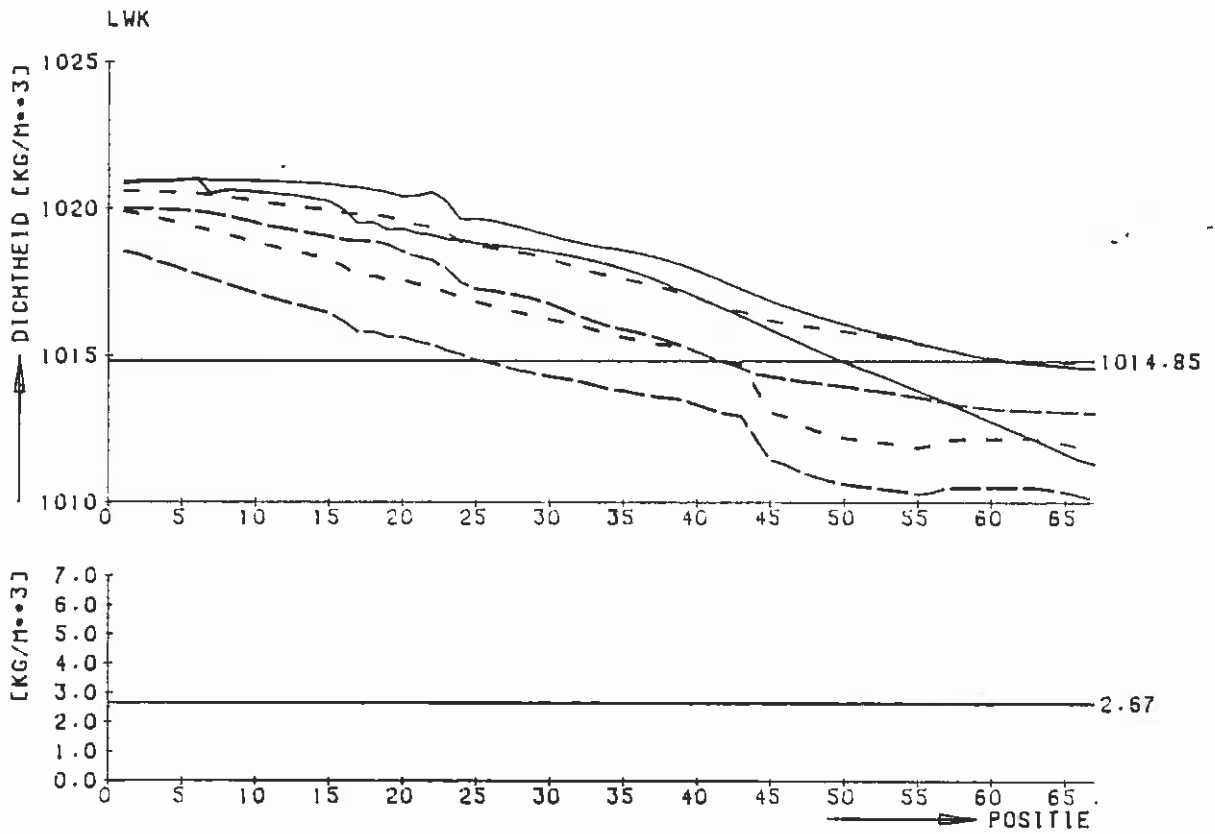
STATION 45 (POSITIE 20)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

BER. NR 16 (PC16)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 5



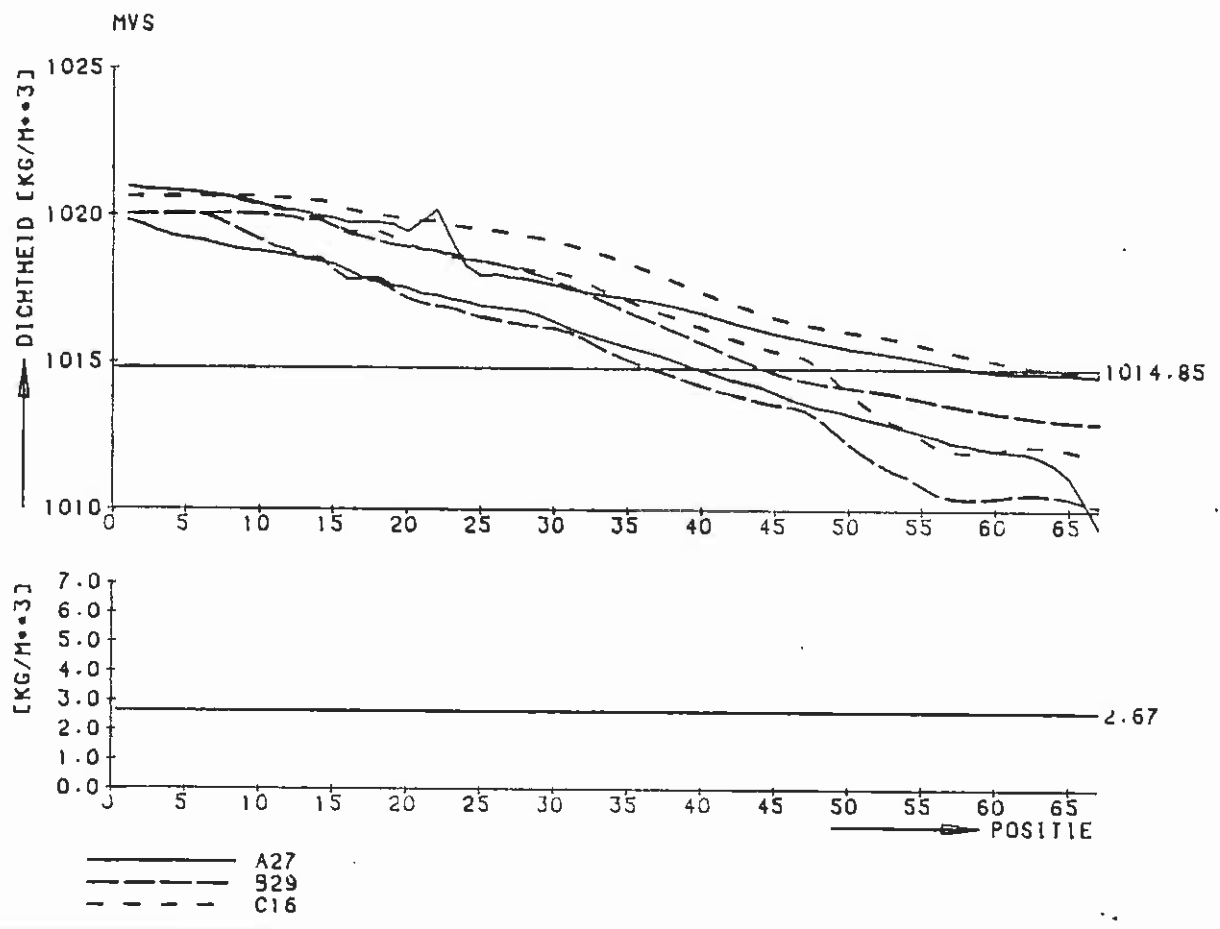
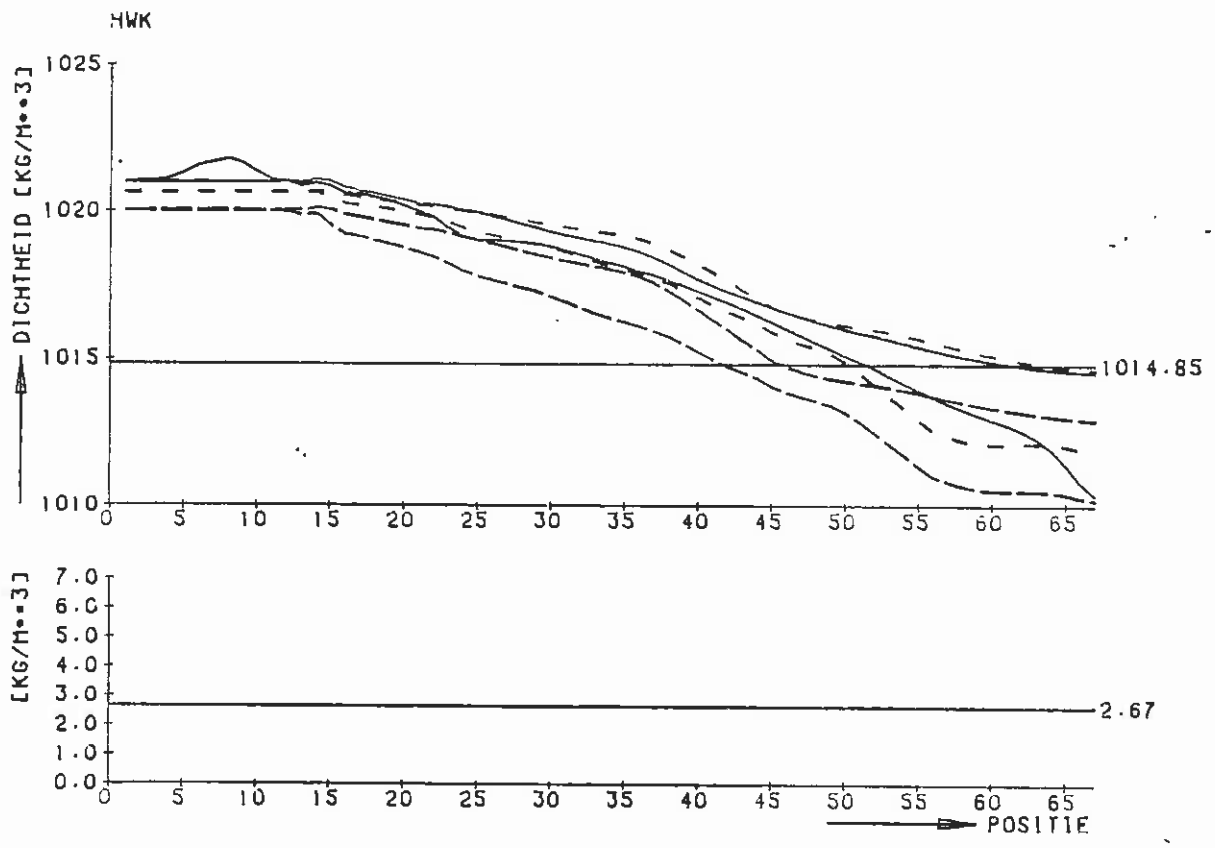
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

A27 EN B29

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 6



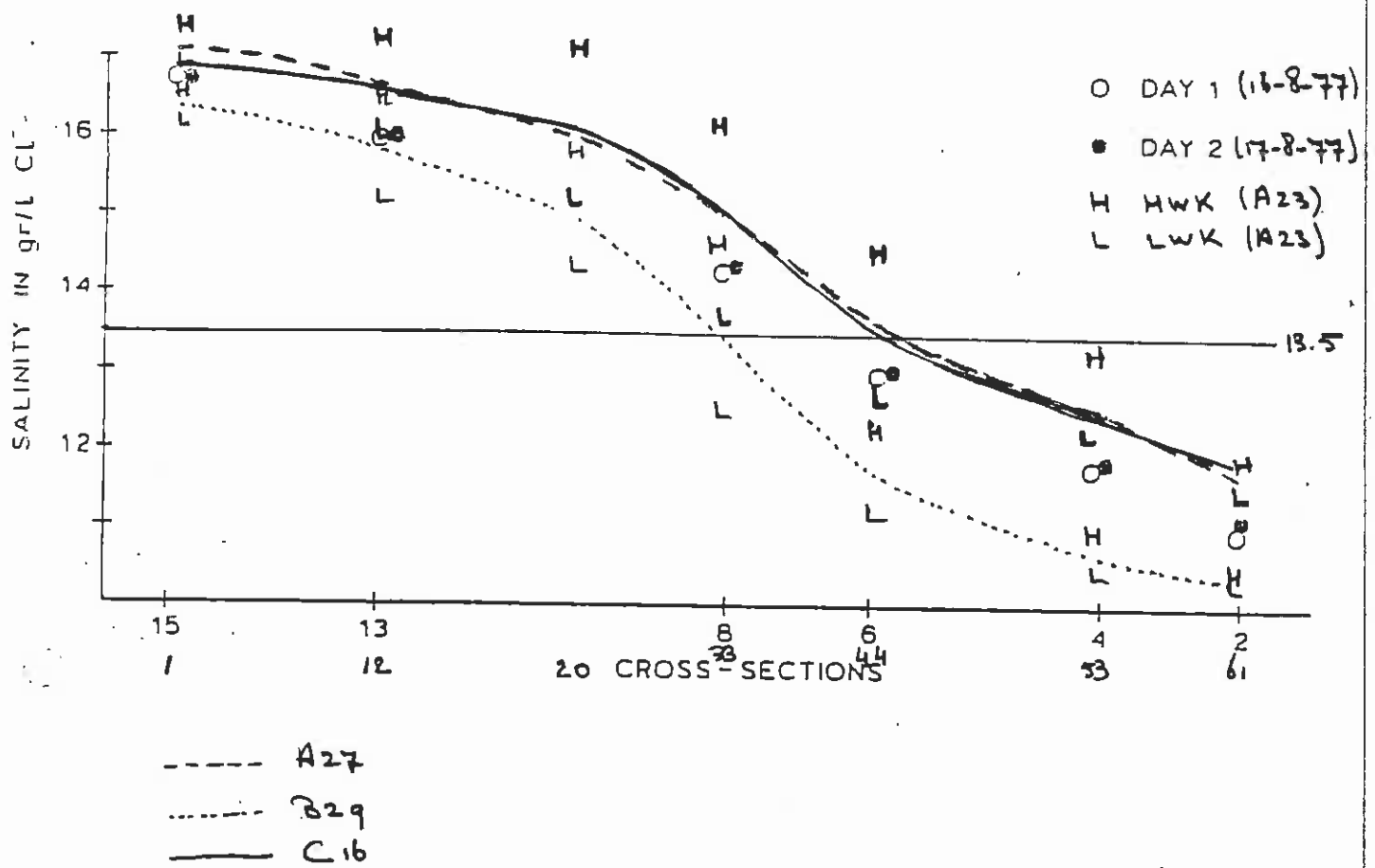
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

A27 EN B29

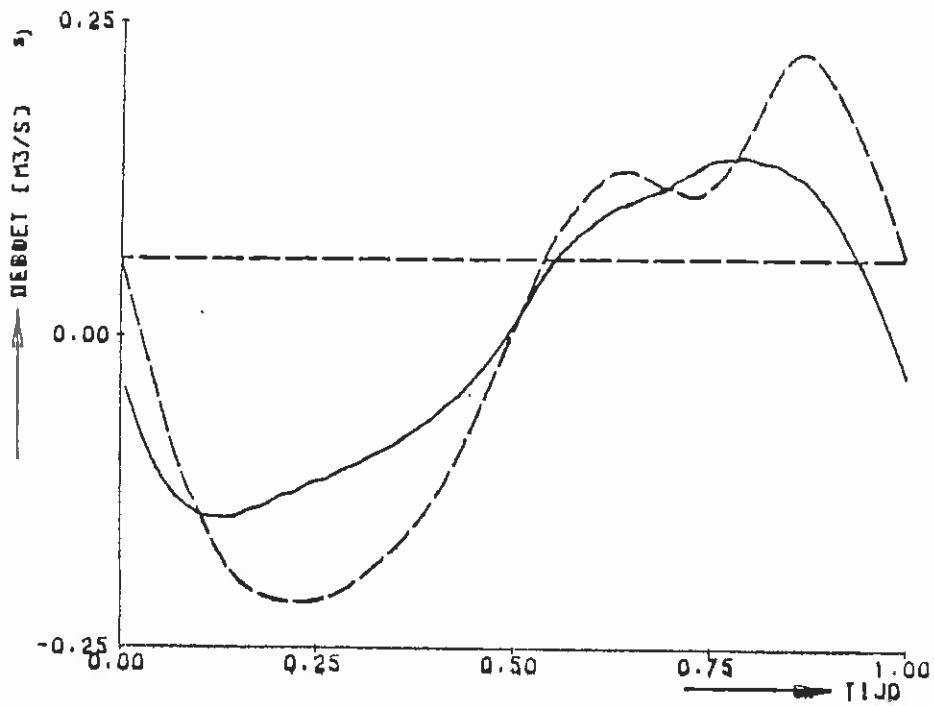
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

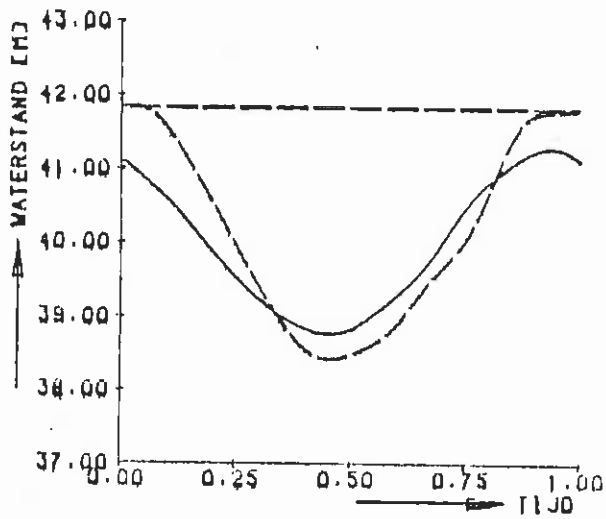
FIG 7



GEMETEN GETY-EN DOORSNEDE GEMIDDELDE CHLOROSITEIT
 VERBUR BEREKENDE DIEPTE GEMIDDELDE CHLOROSITEIT
 OP HOOG- EN LAAG WATER KENTERING A23



——— D15
 - - - A27
 - - - B29



——— D15 IV
 - - - A27
 - - - B29

WATERSTANDEN EN DEBIETEN
STATION 63 (POSITIE 1)

SAL - GEM. [CL/M³]



16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

——— D15 = $\frac{1}{2}$
- - - A27 = $\frac{1}{4}$
- - - B29 = $\frac{1}{8}$

STATION 63 (POSITIE 1)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

BER. NR 15 (PD15)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 10

SAL. GEM. [CL/M³]

16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

—— D15
—— A27
- - - B29

STATION 53 (POSITIE 12)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

BER. NR 15 (PD15)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 4

SAL. GEM. [CL/M³]

16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

——— D15
——— A27
- - - B29

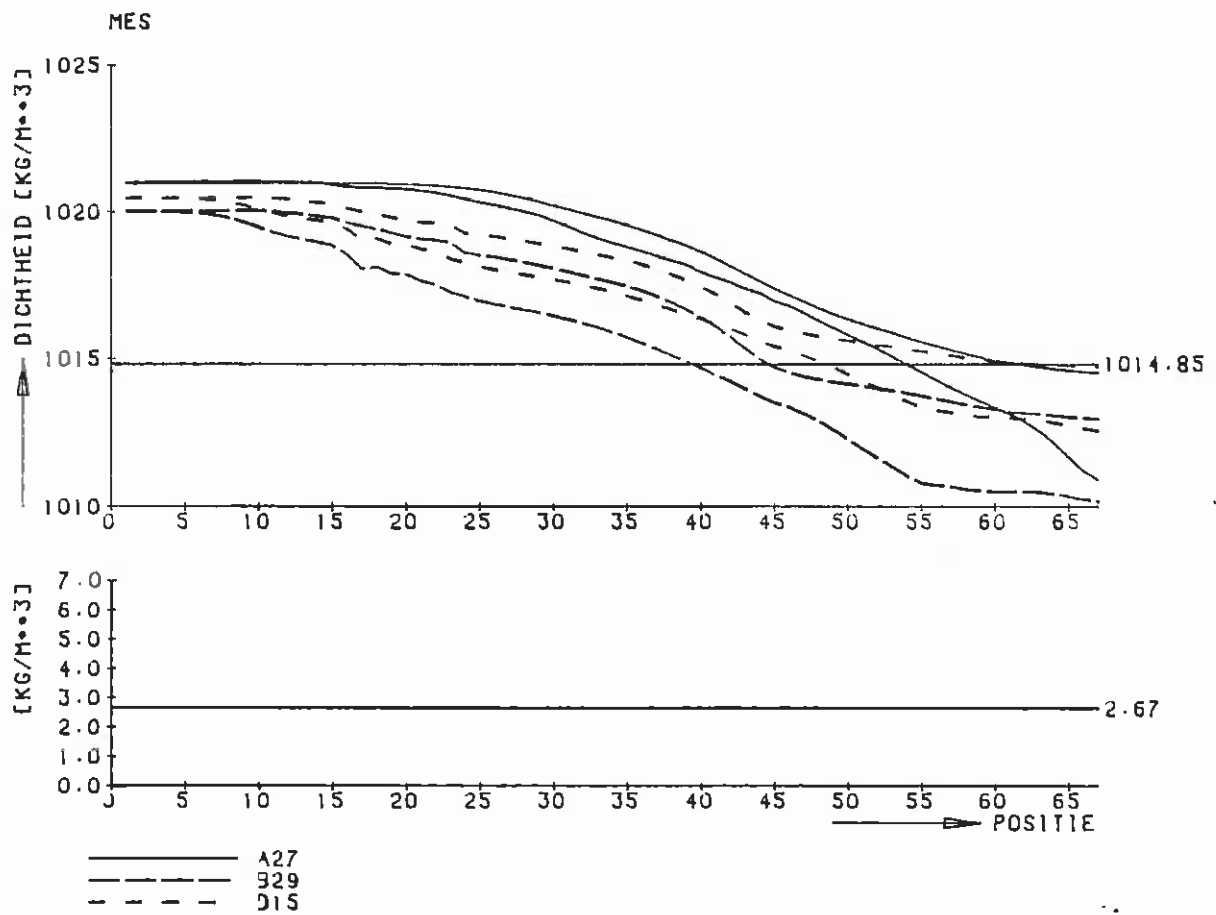
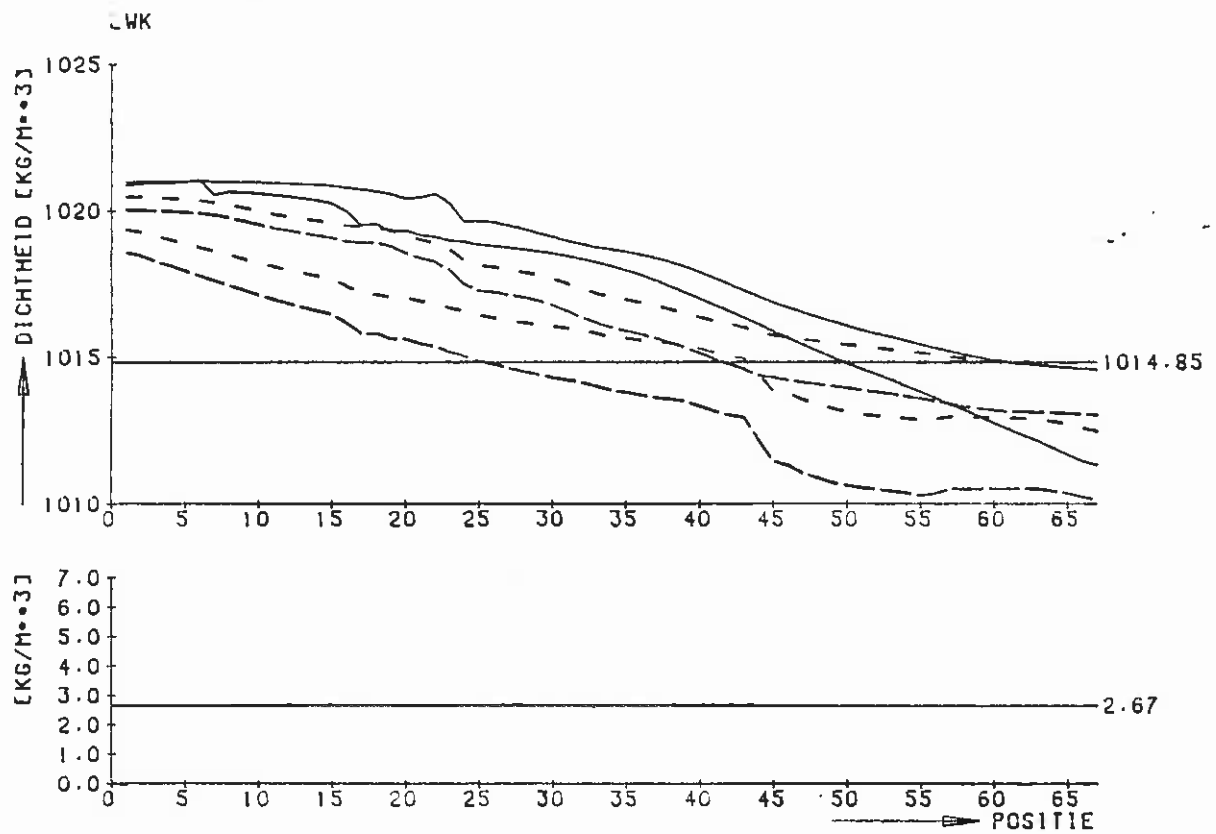
STATION 45 (POSITIE 20)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

BER. NR 15 (PD15)

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 12



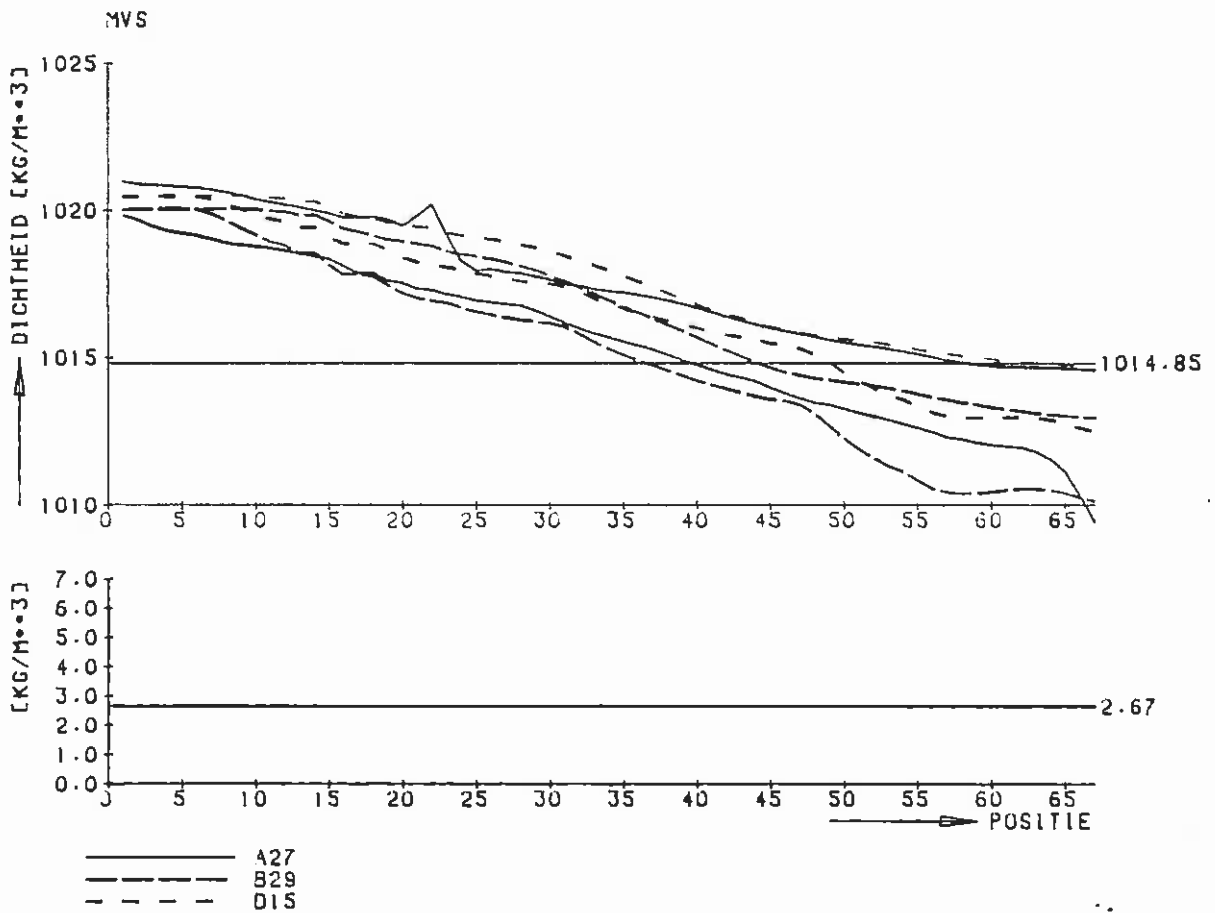
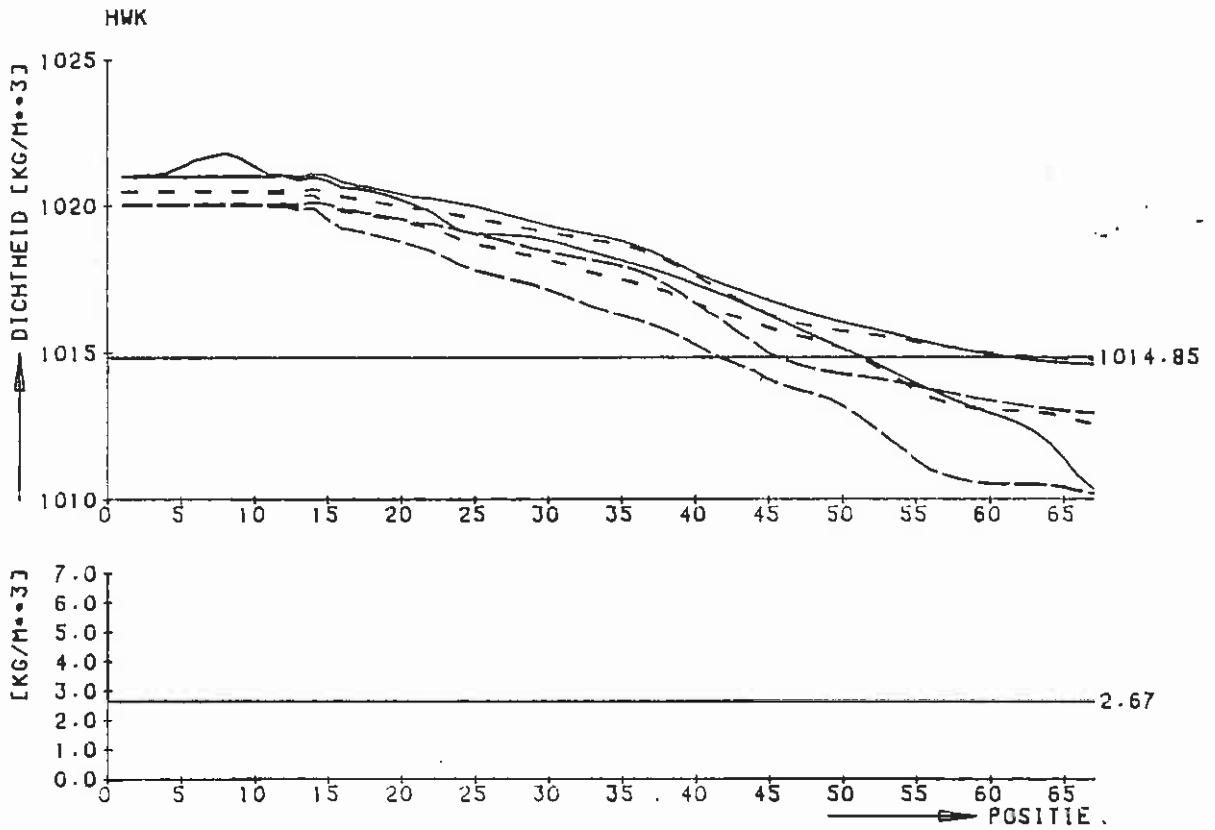
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

A27 EN B29

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 13



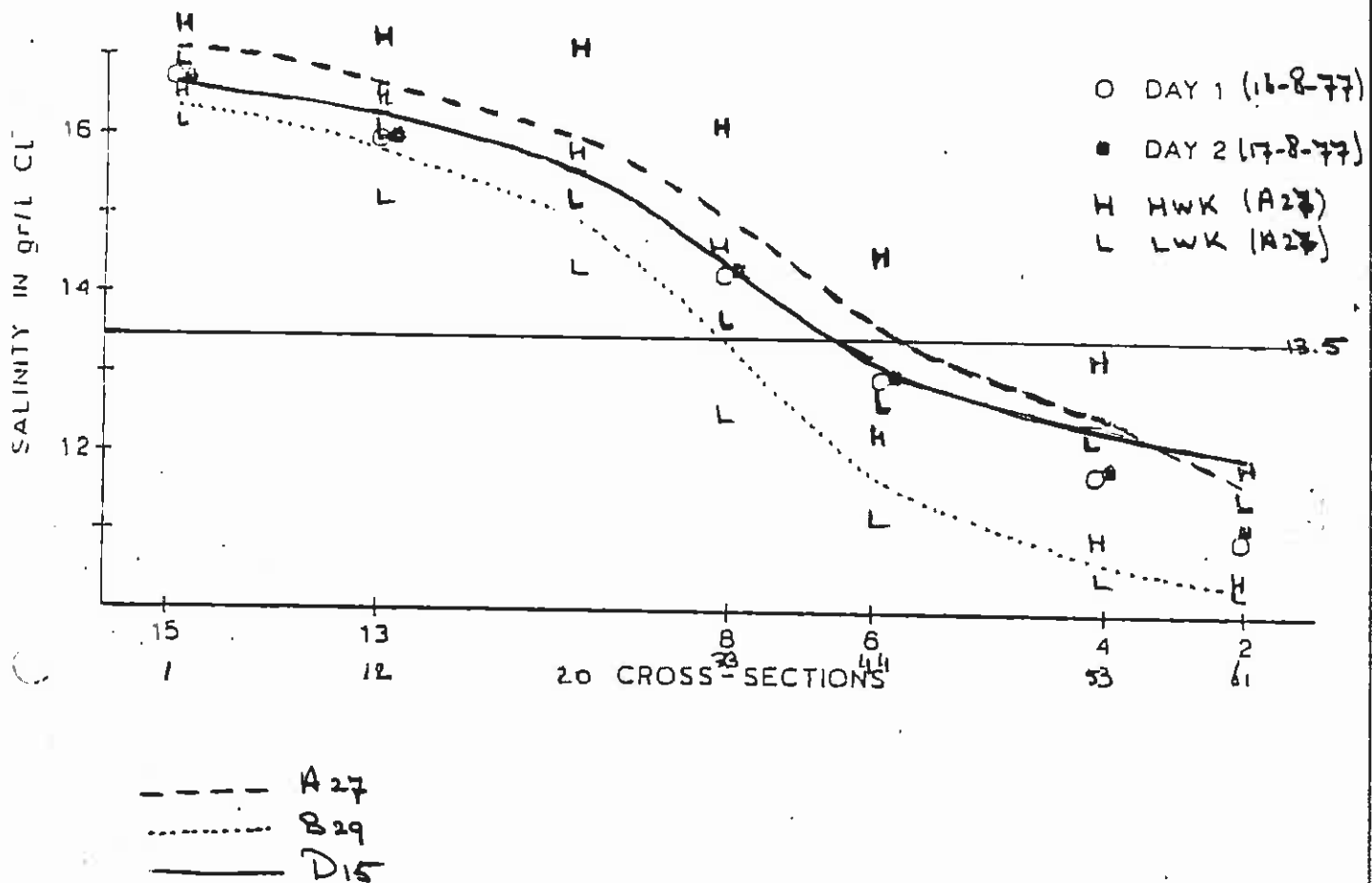
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

A27 EN B29

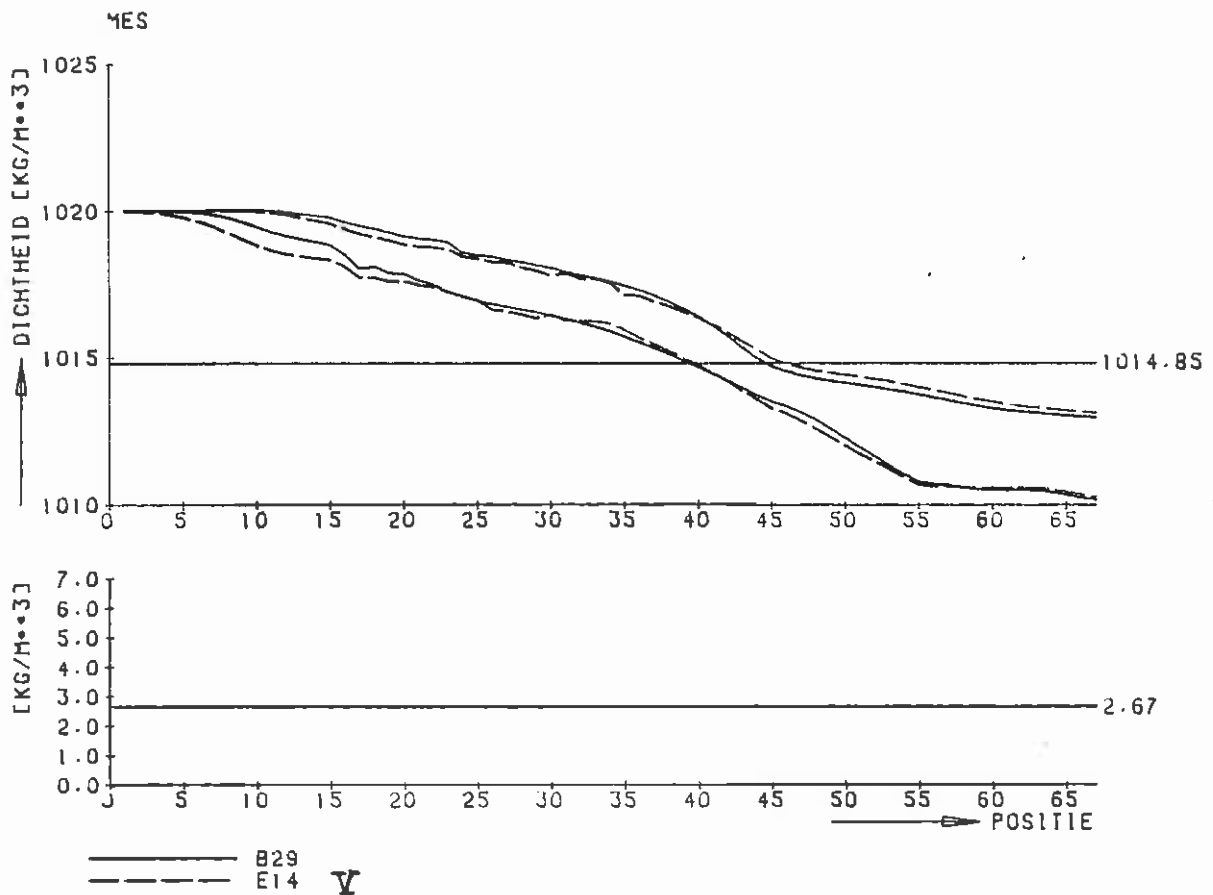
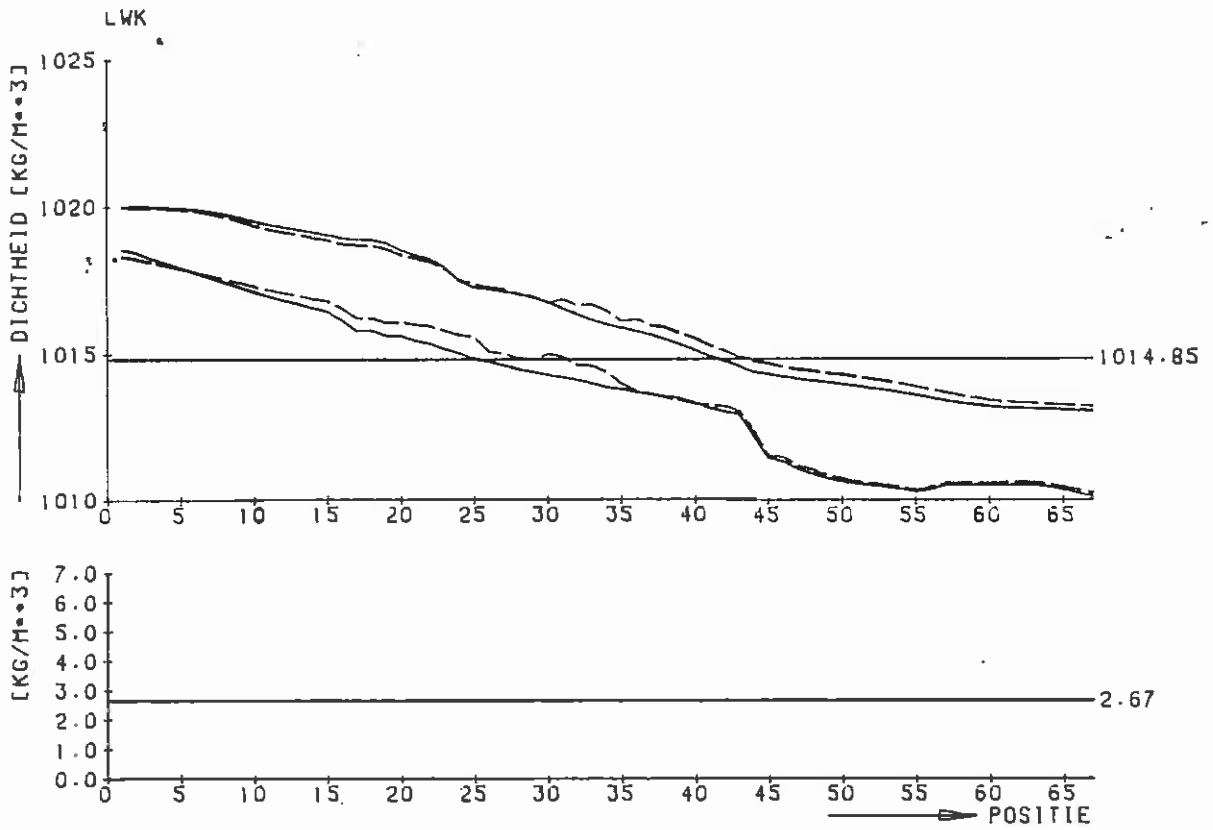
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 14



GEMETEN GETY- EN DOORSNEDE GEMIDDELDE CHLOROSITEIT
 VERBUR BEREKENDE DIEPTE GEMIDDELDE CHLOROSITEIT
 OP HOOG- EN LAAG WATER KENTERING A23



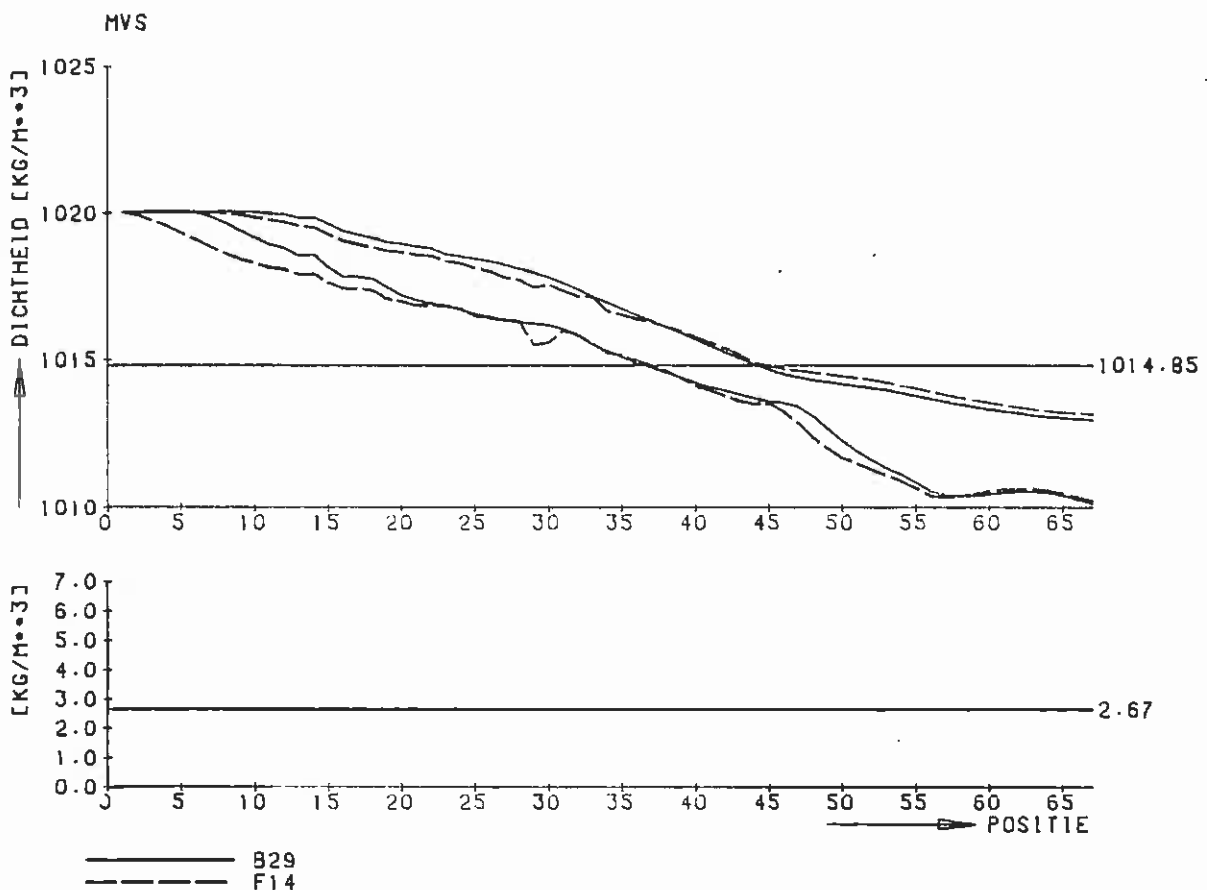
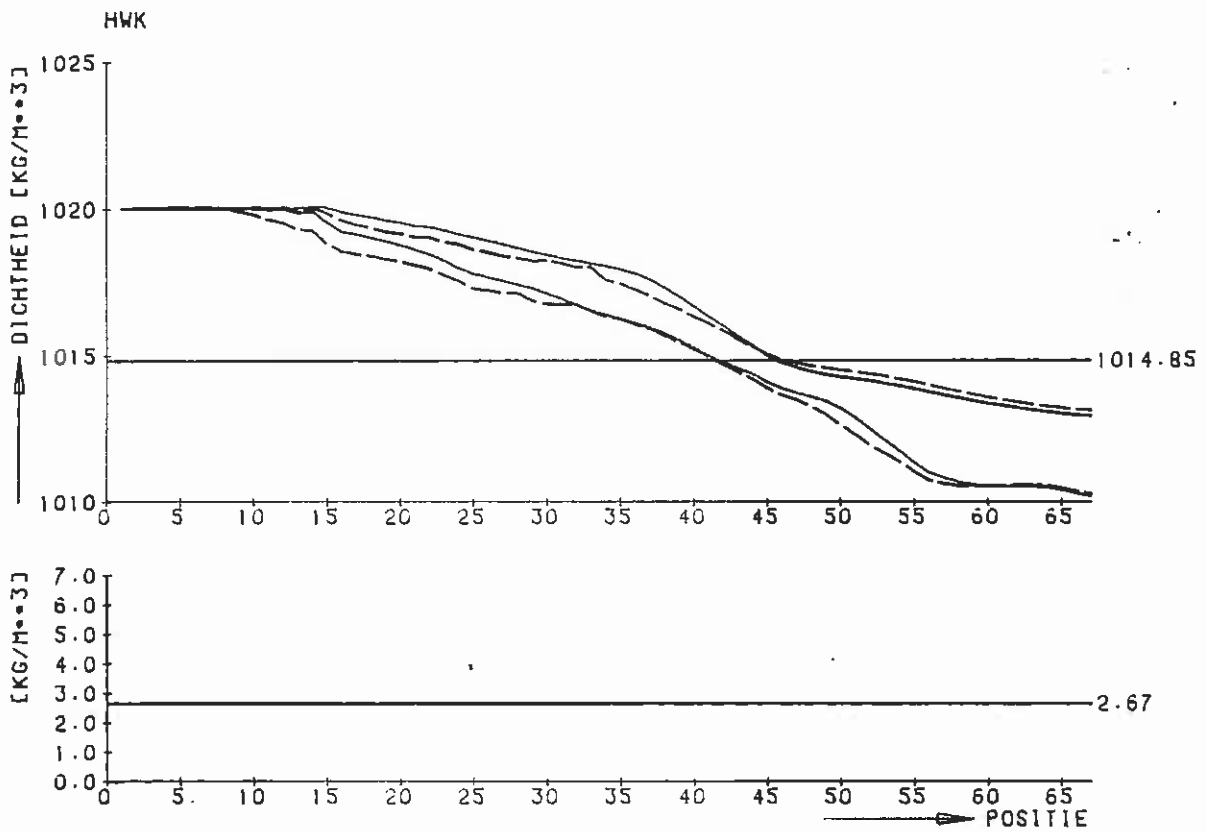
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

B29 EN E14

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 16



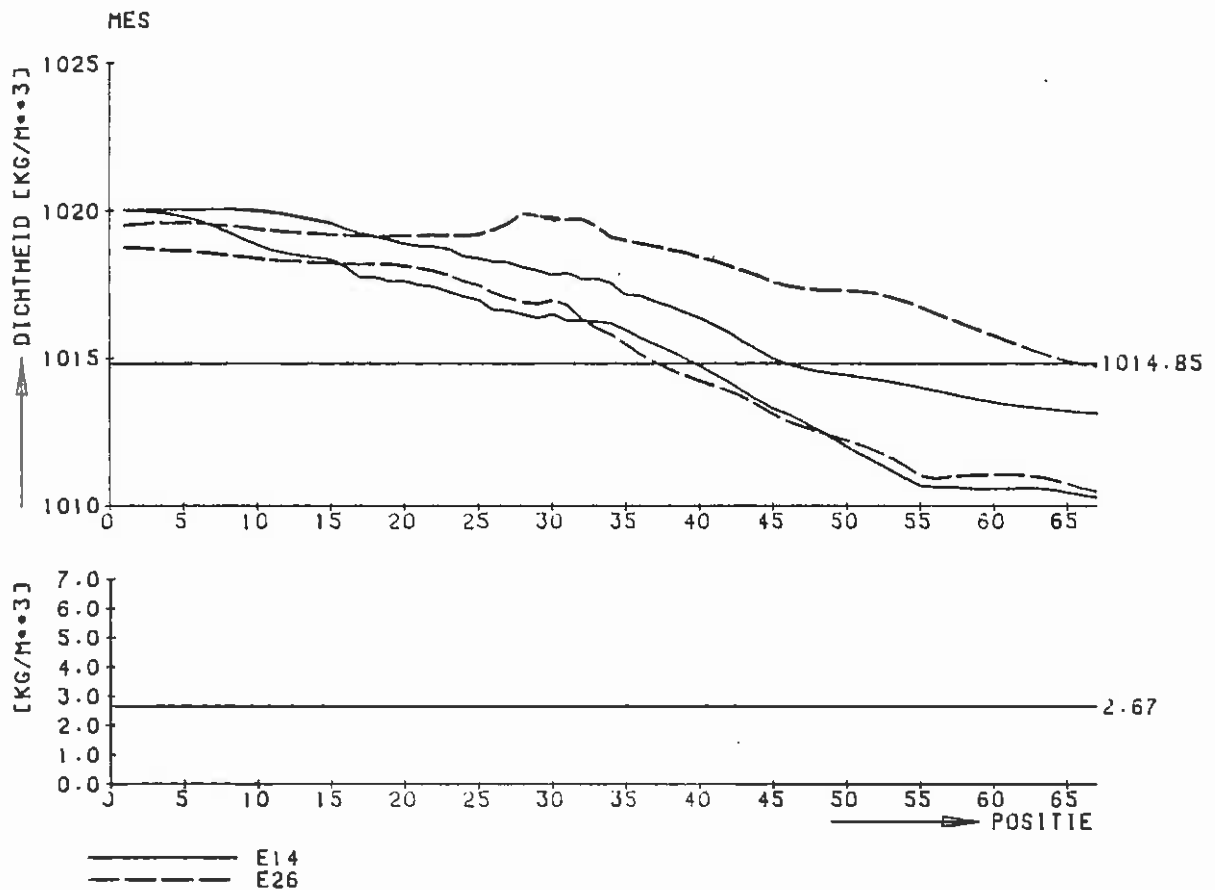
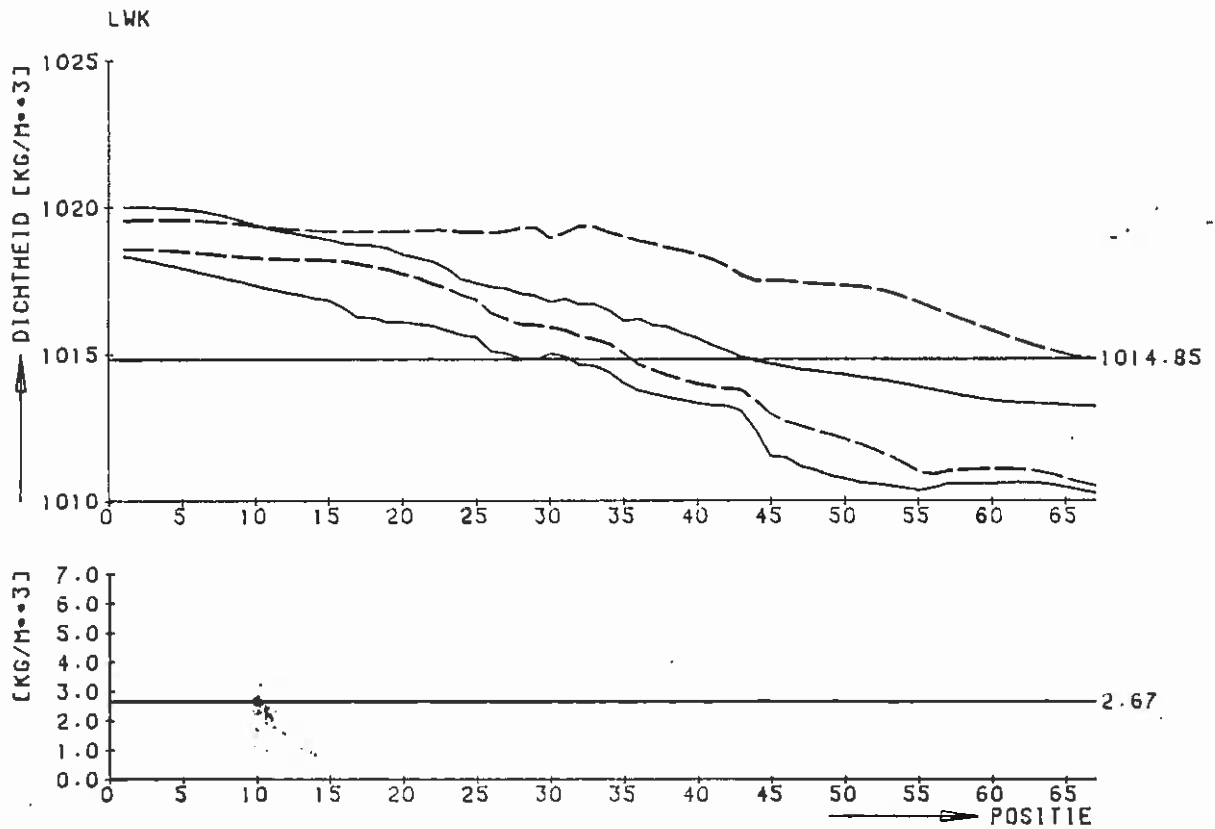
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

B29 EN E14

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 17



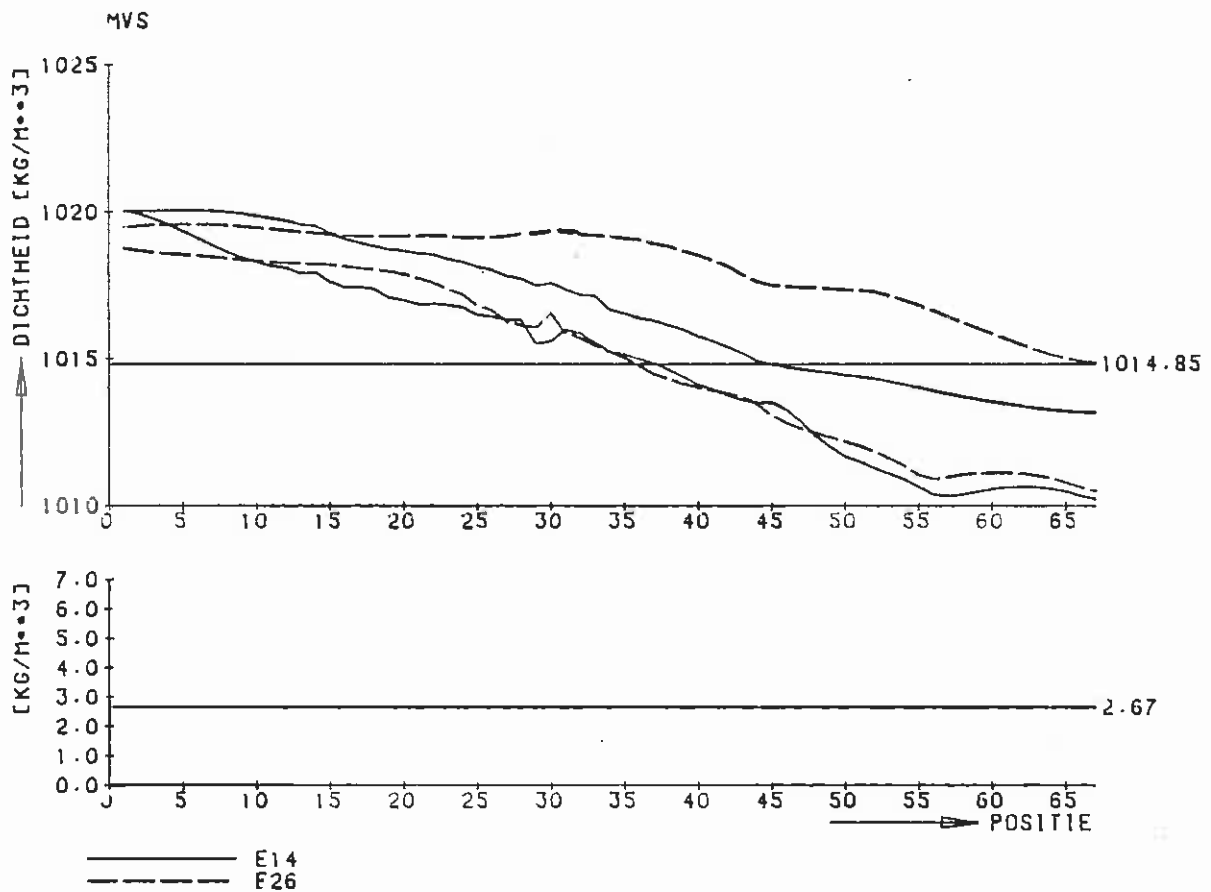
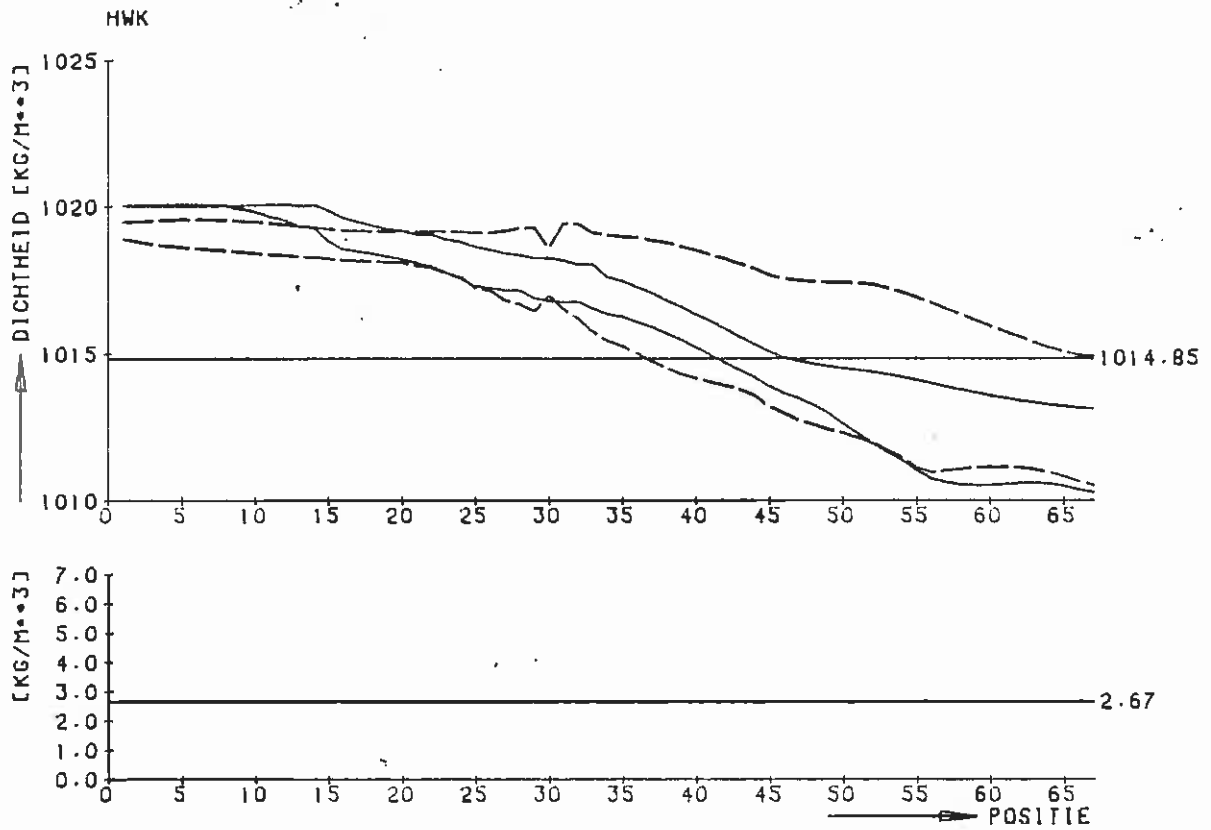
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

E14 EN E26

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 8



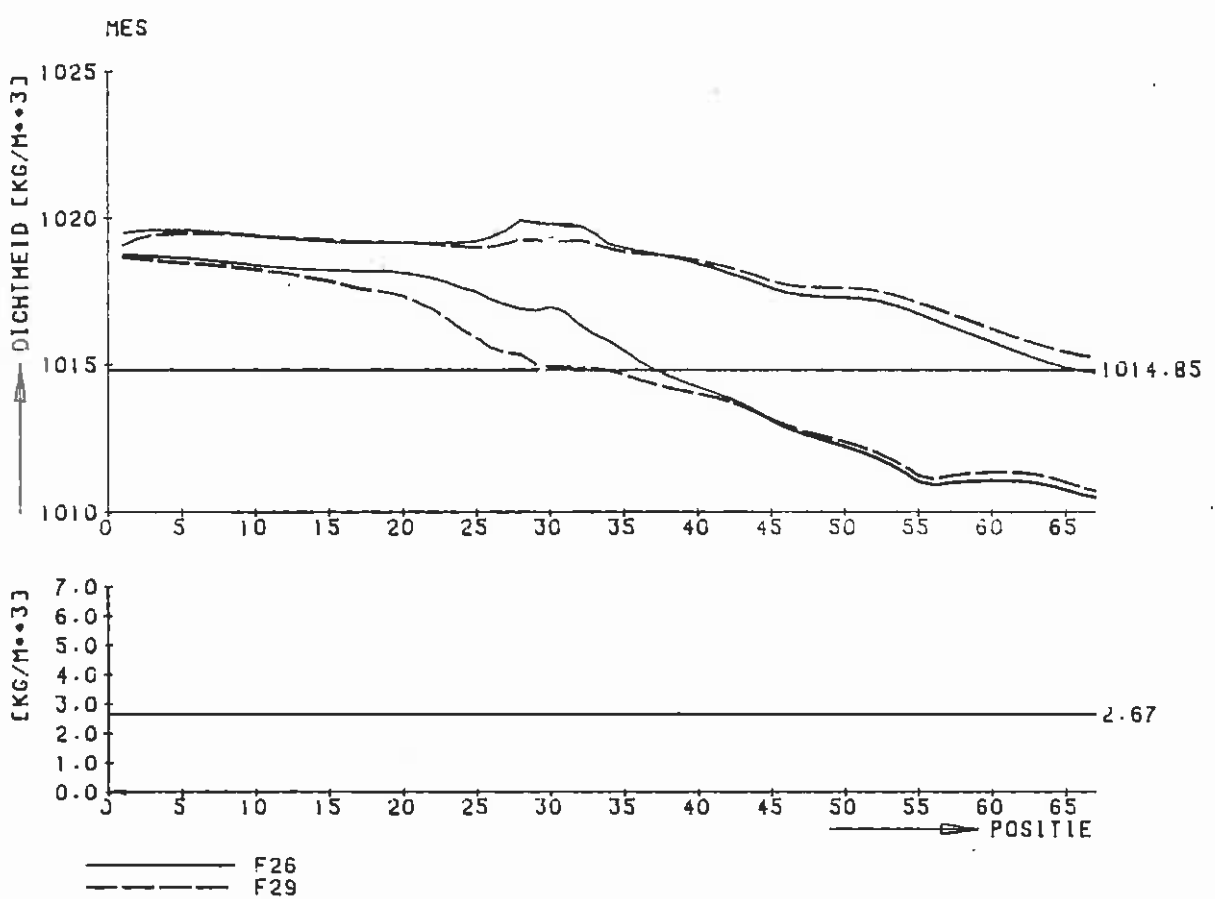
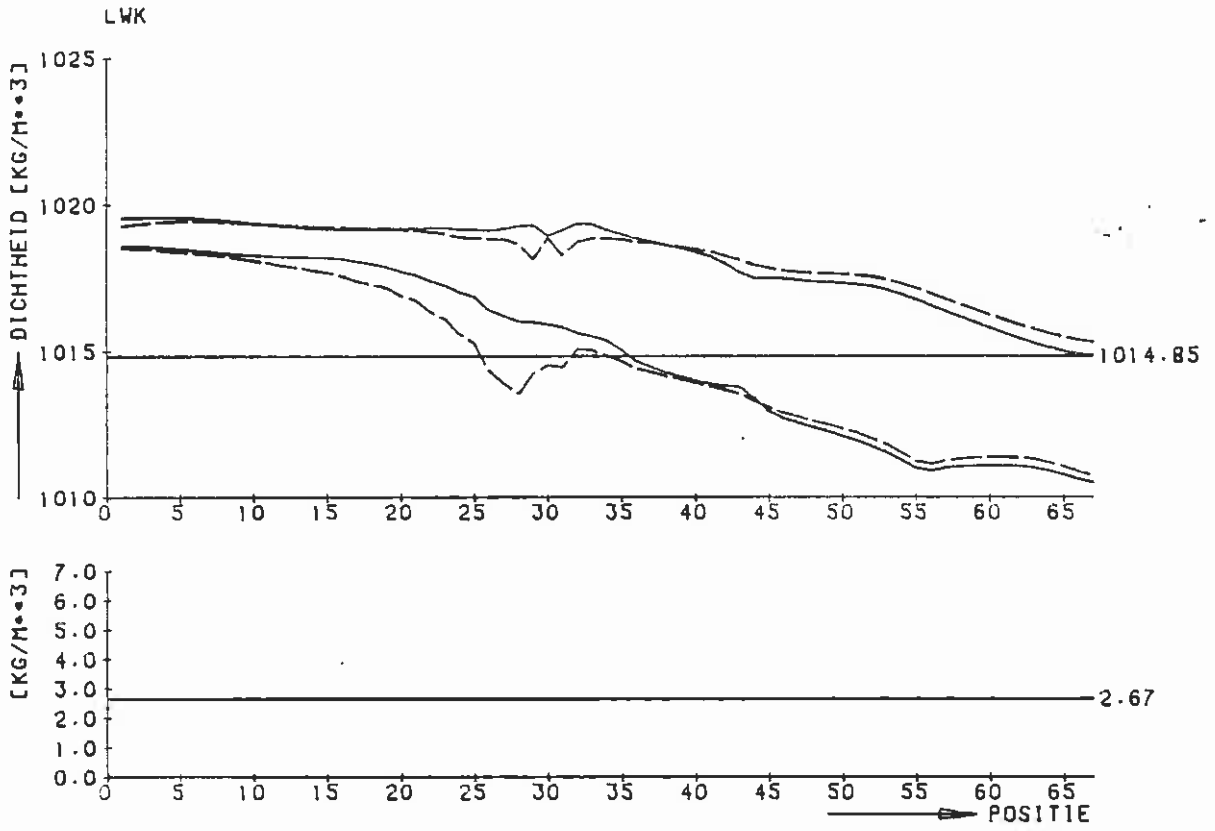
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

E14 EN E26

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 19



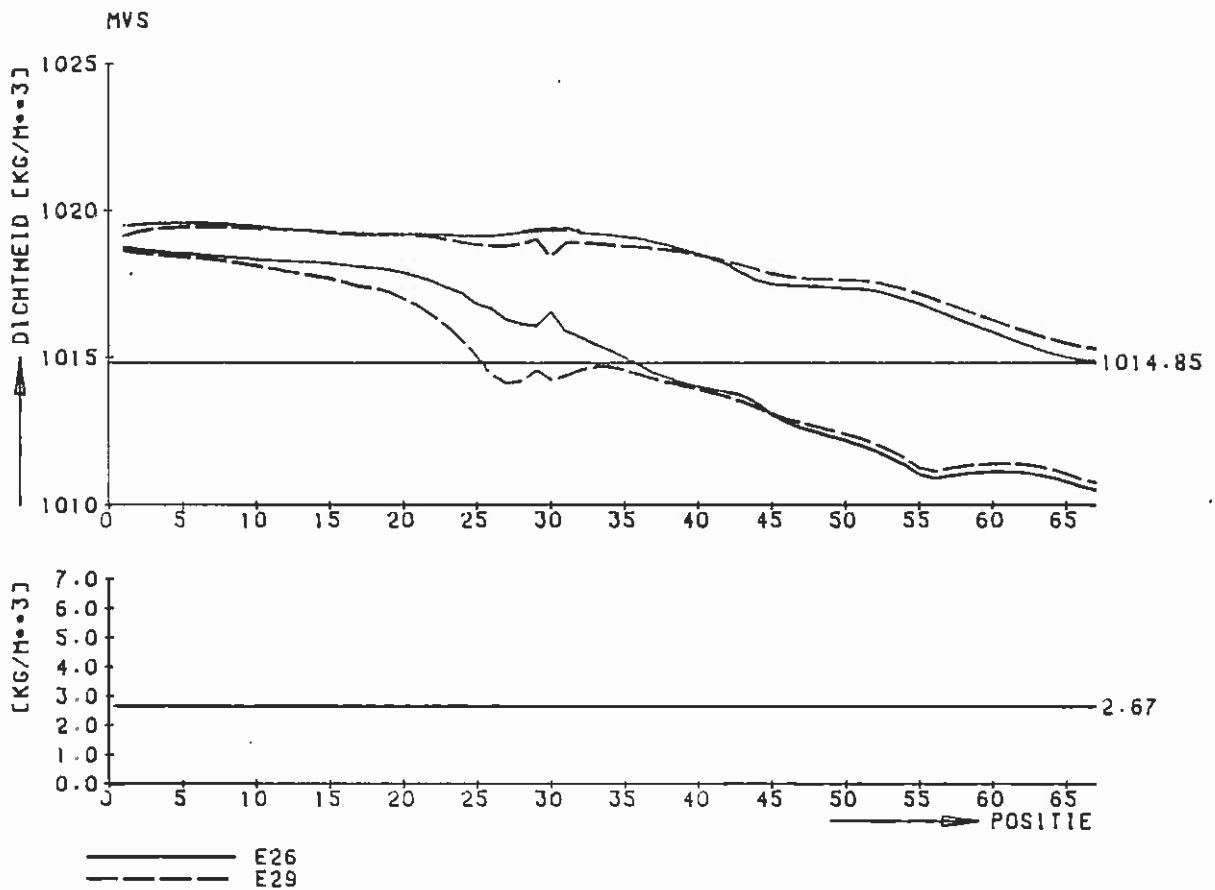
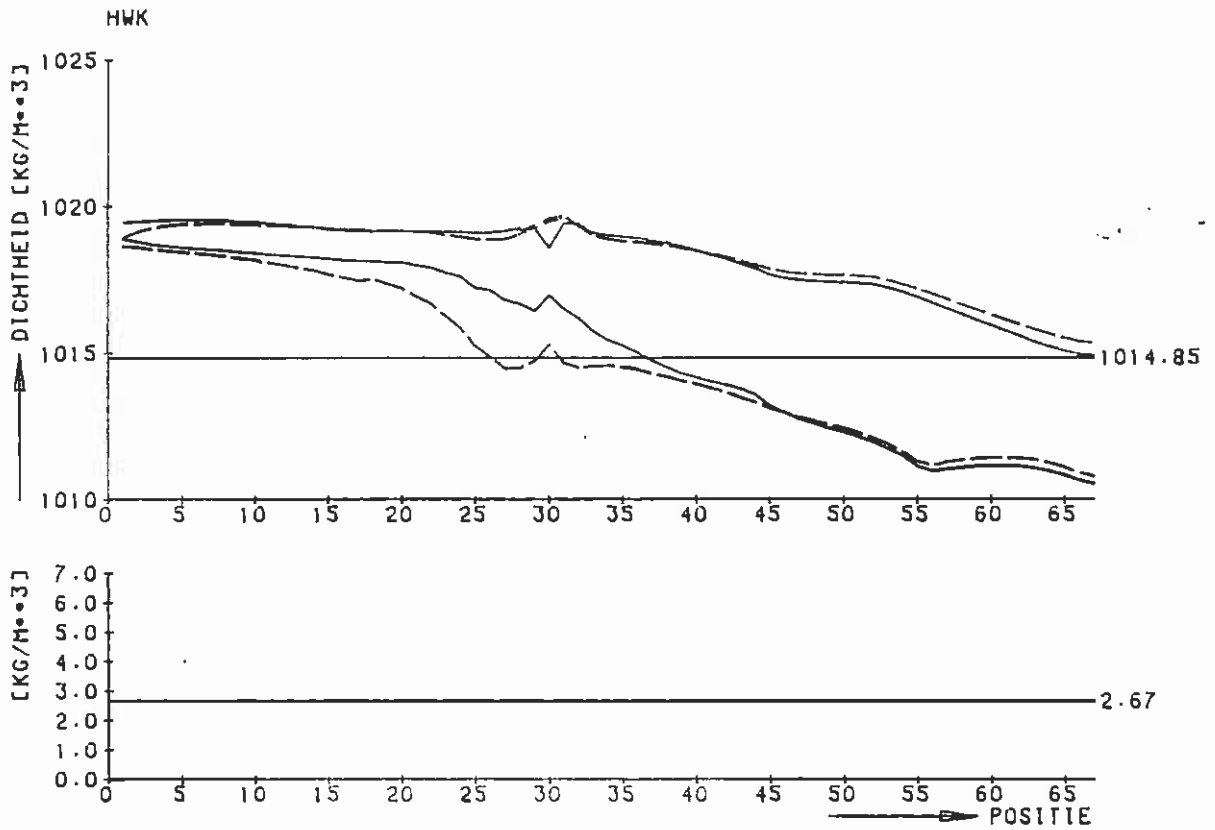
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

E26 EN E29

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 10



LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

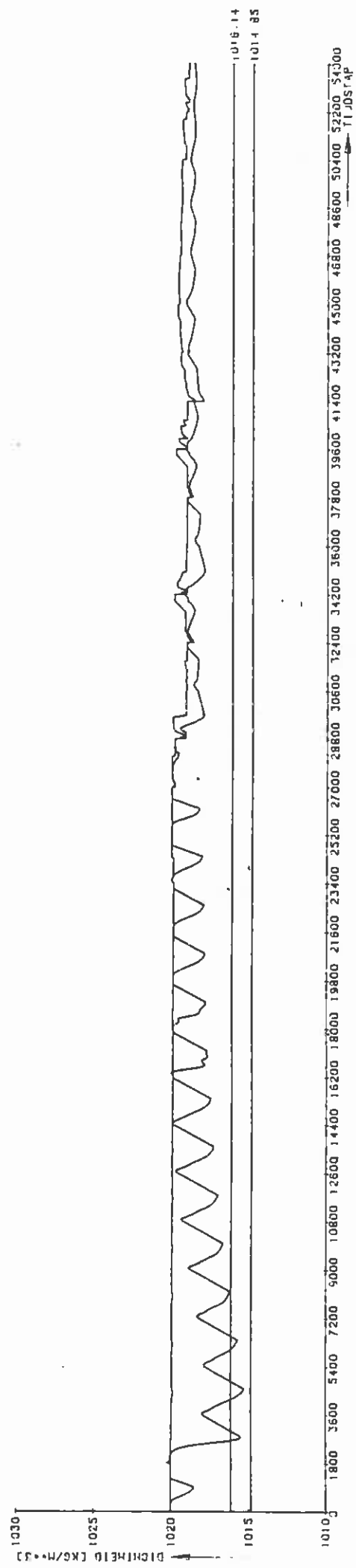
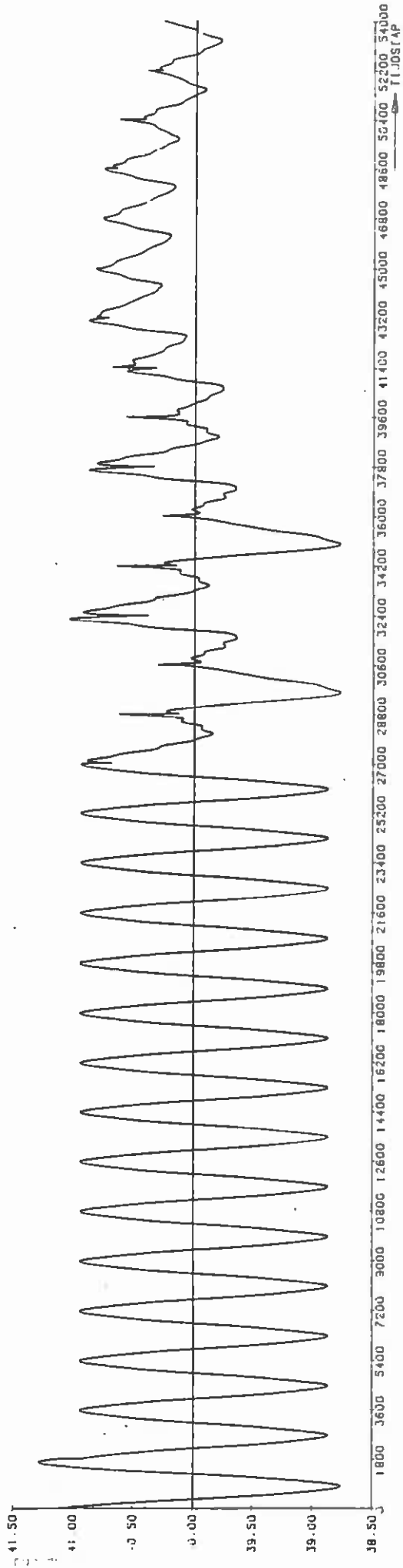
E26 EN E29

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

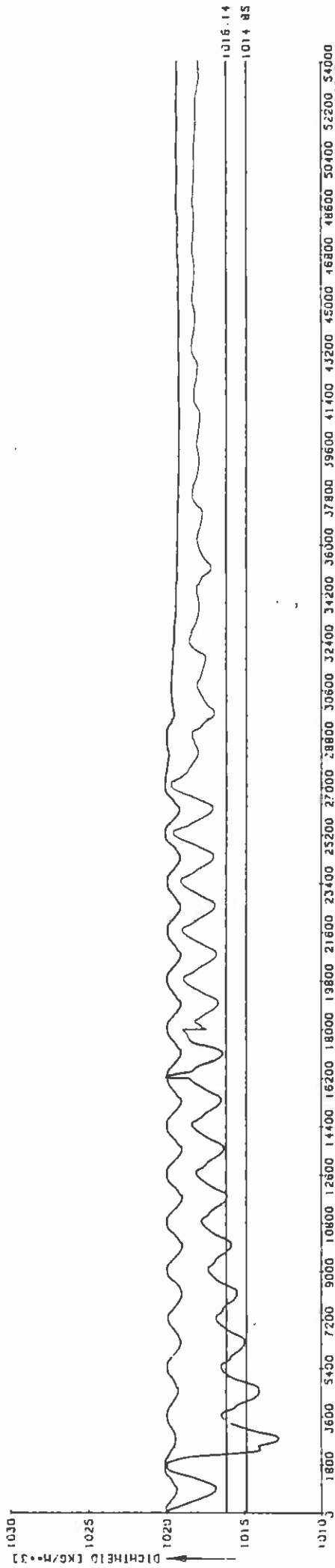
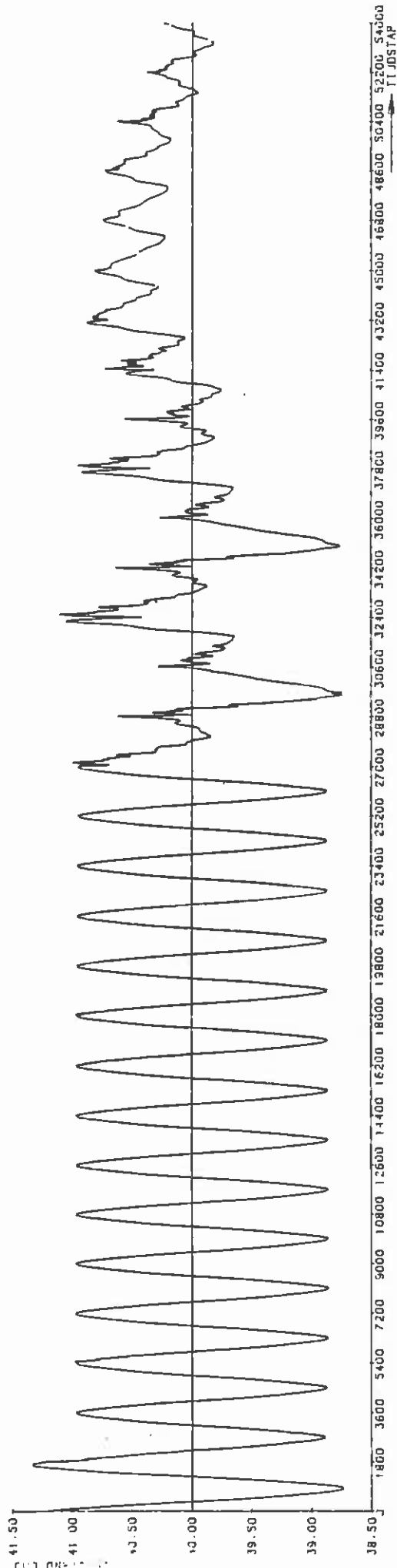
FIG 24

STAVENISSE (POSITIE 1)



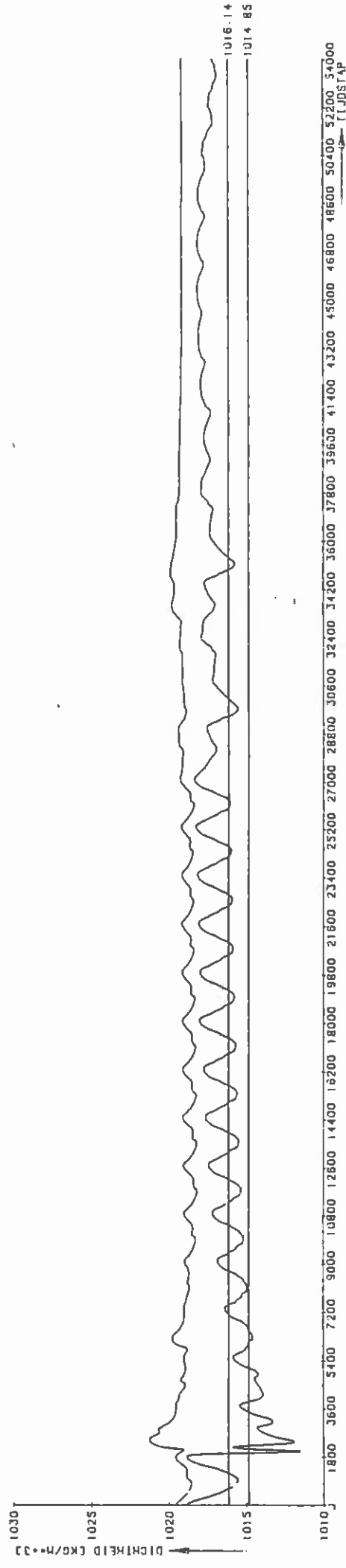
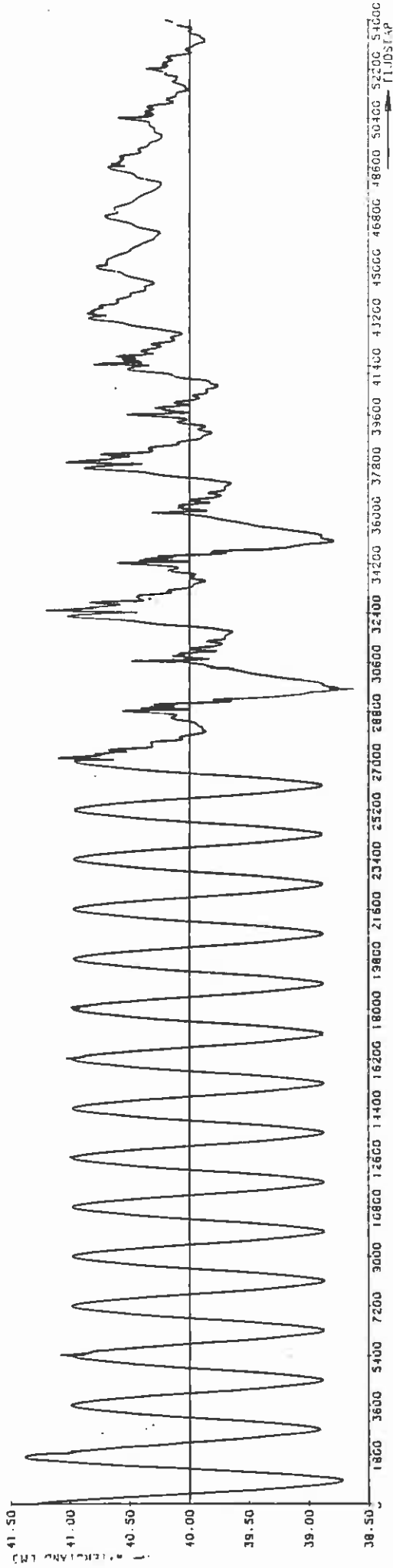
WATERSTAND EN DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK	B29 + E-SERIE
	R2208
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	FIG 28

OOSTERLAND (POSITIE 12)

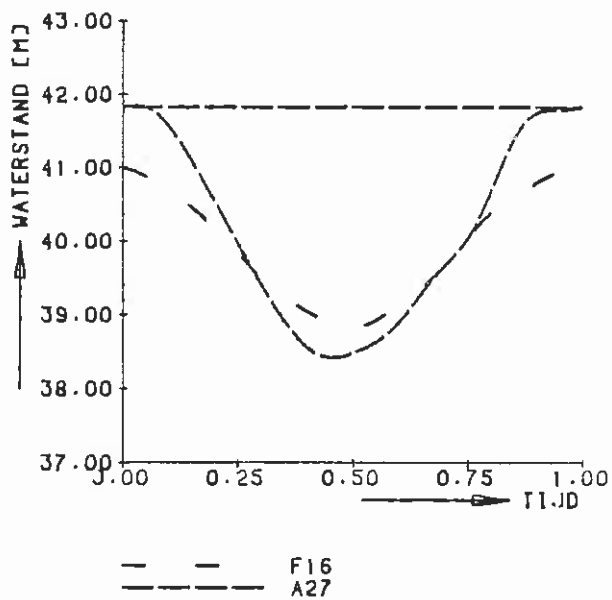
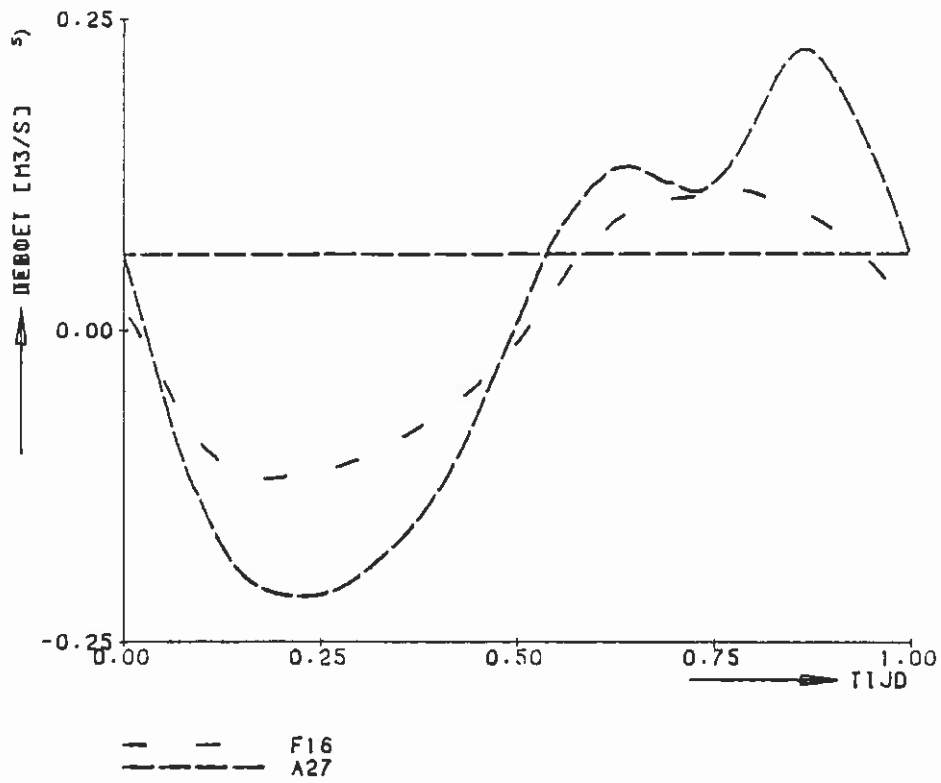


WATERSTAND EN DICHTHEIDEN BODEM EN OPPERVLAK		
	829 + E-SERIE	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R2208	FIG 13

ZIJPE (POSITIE 20)



WATERSTAND EN DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK	B29 + E-SERIE
	R2208
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	
FIG 24	



WATERSTANDEN EN DEBIETEN
STATION 63 (POSITIE 1)

SAL · GEM · (CCL/M3)

16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

— — F16
- - - A27

STATION 63 (POSITIE 1)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 26

SAL. GEM. [CL/M³]

16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

— — F16
- - - A27

STATION 53 (POSITIE 12)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 27

SAL. GEM. [G/L/M³]

16.80

15.60

14.40

13.20

0.00

0.25

0.50

0.75

1.00

TIME

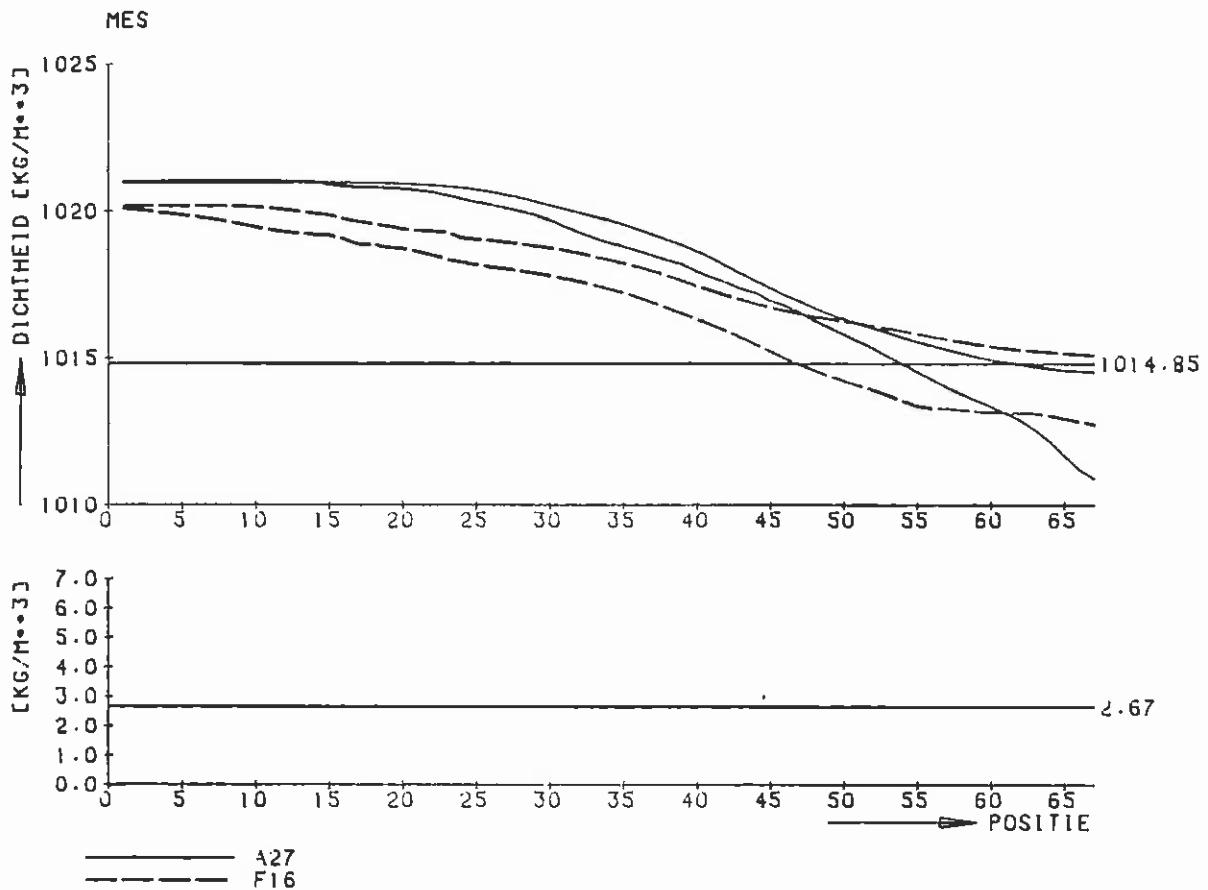
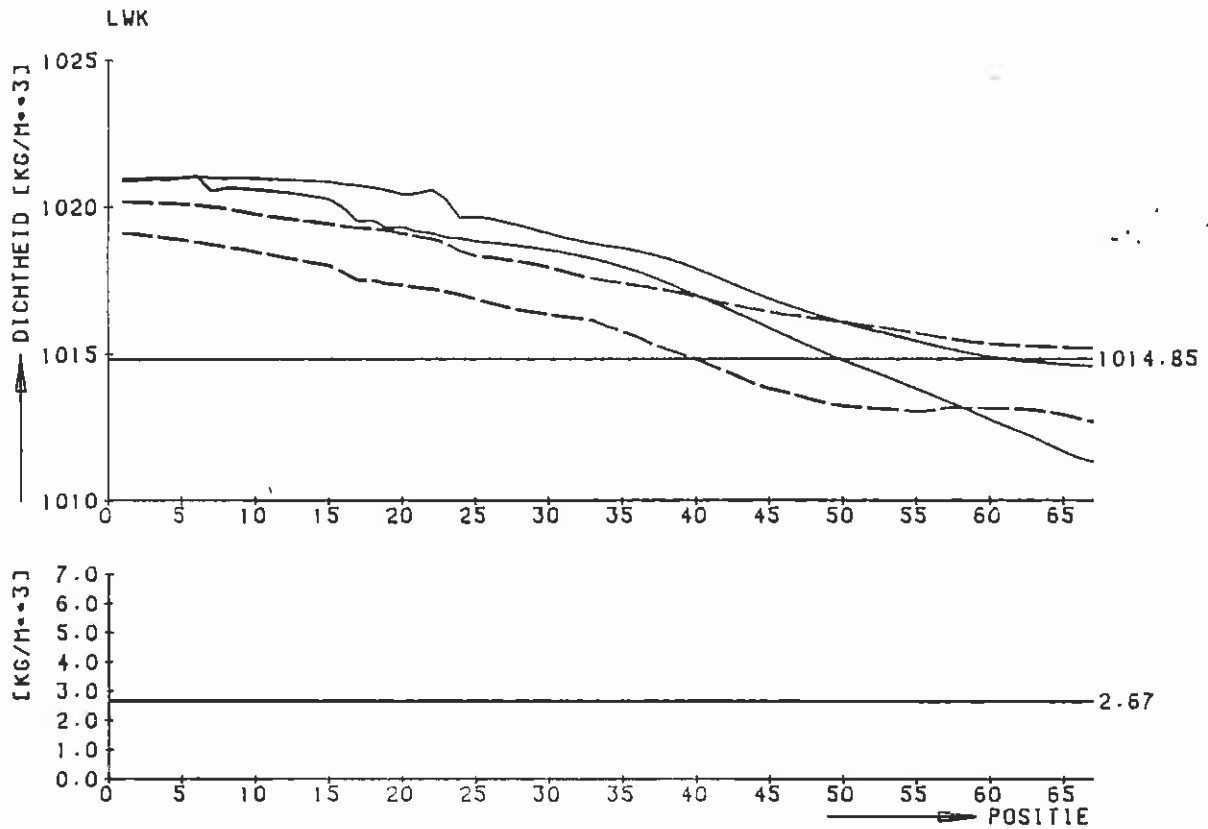
— — F16
- - - A27

STATION 45 (POSITIE 20)
DIEPTE GEMIDDELDE SALINITEIT

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG. 28



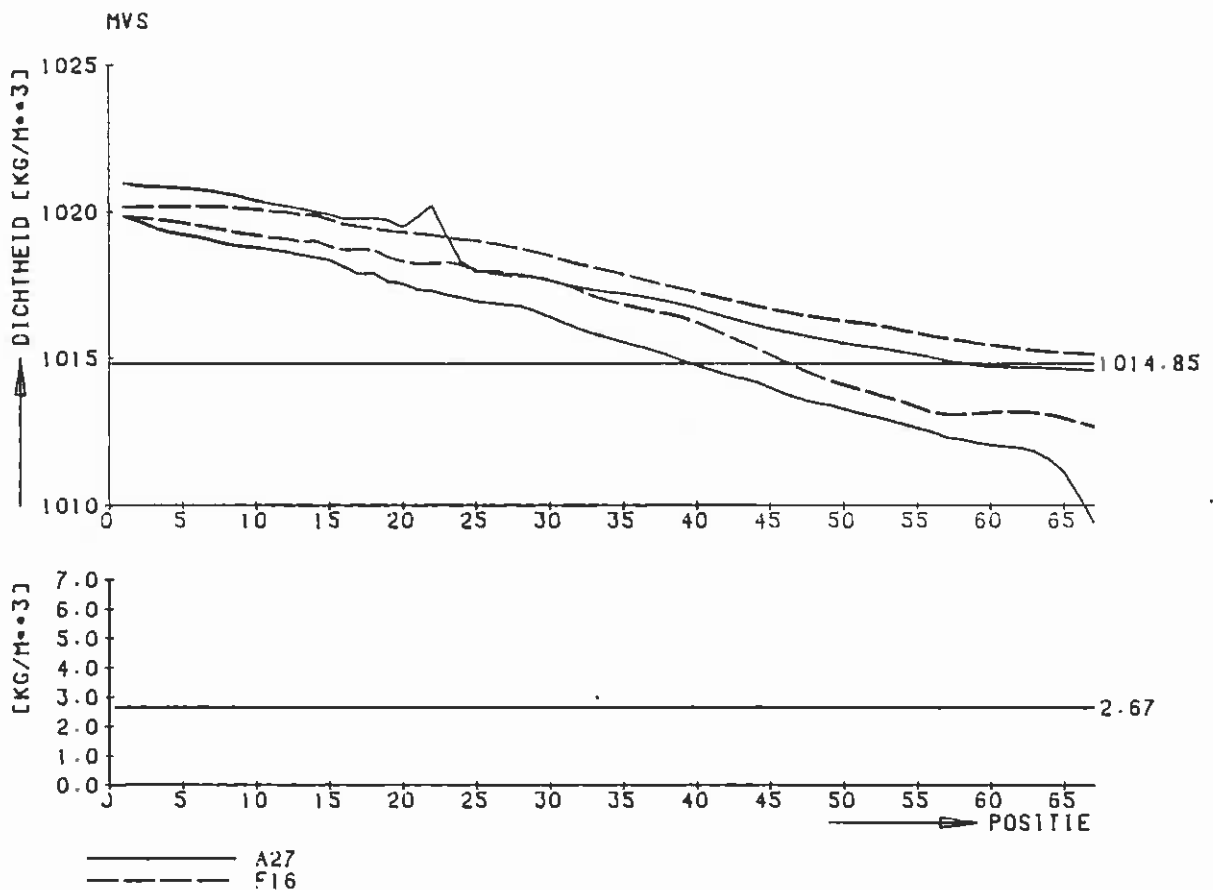
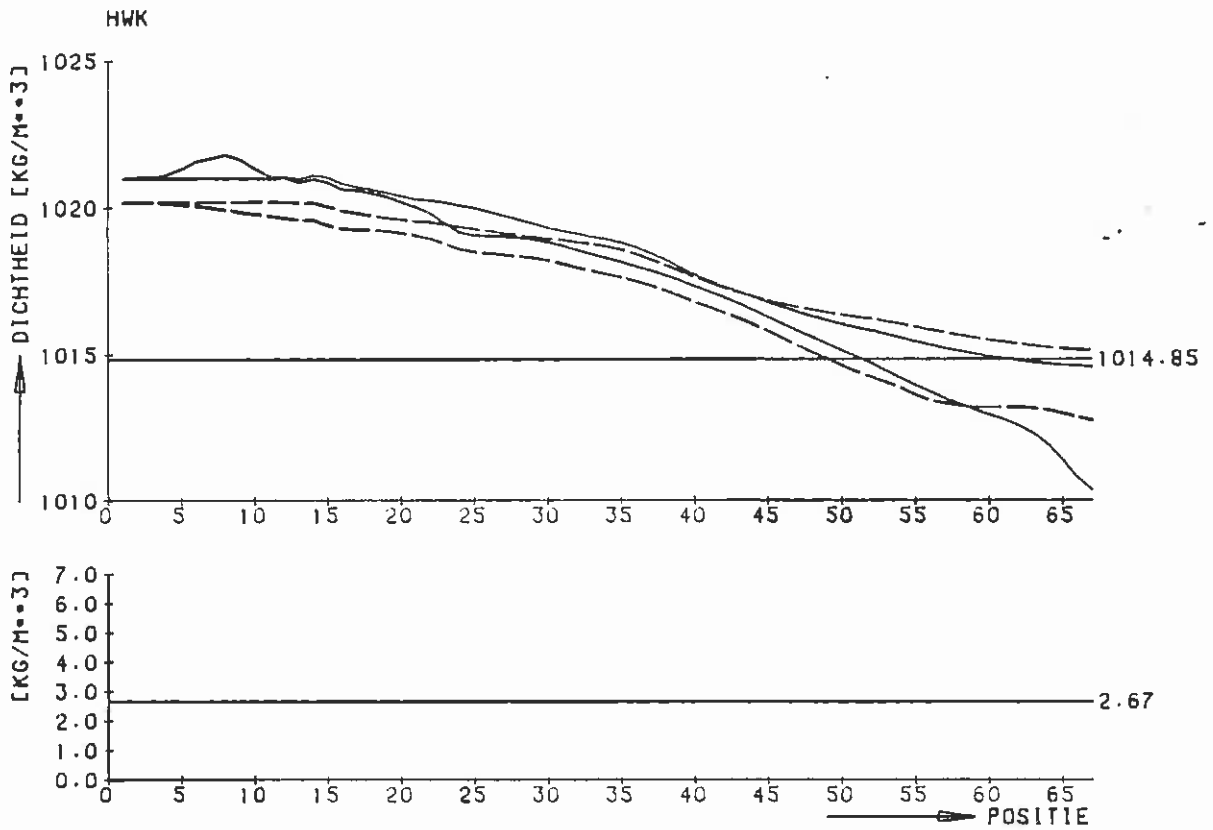
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

A27 EN F16

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 29



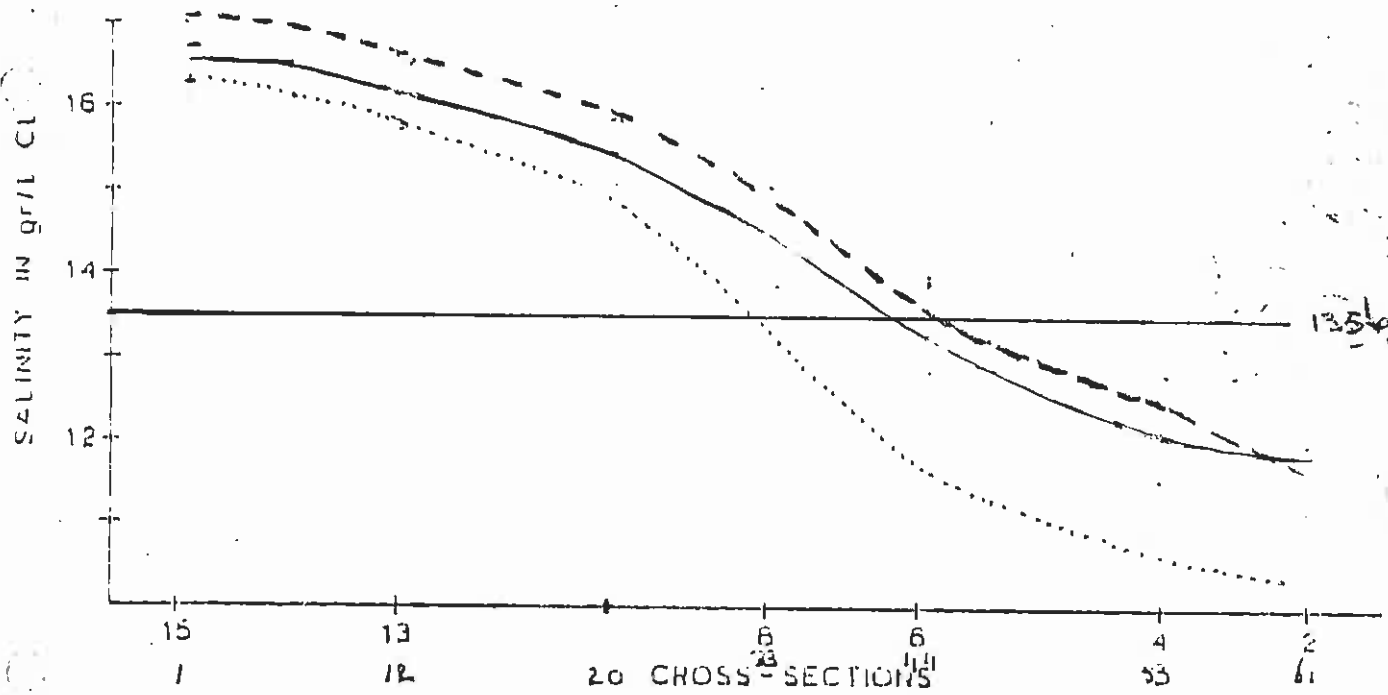
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

A27 EN F16

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

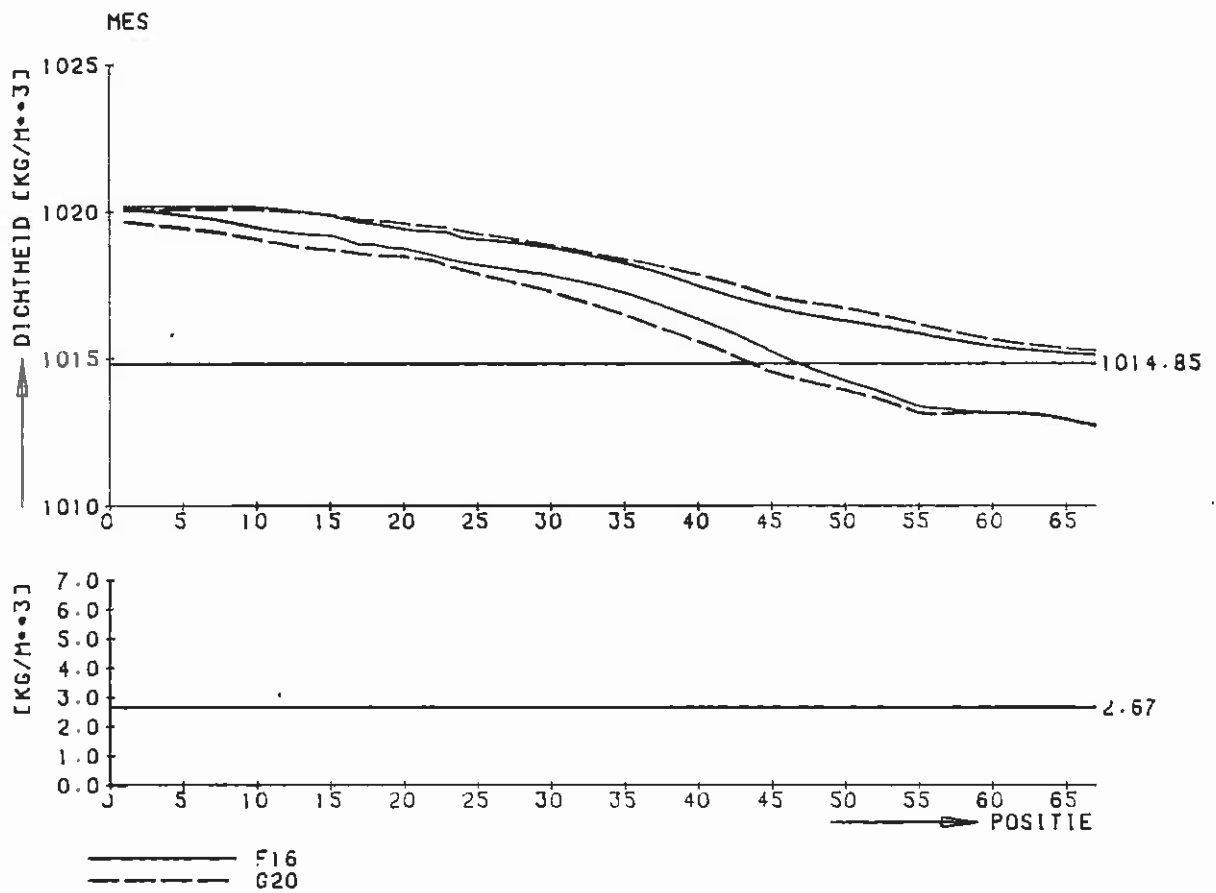
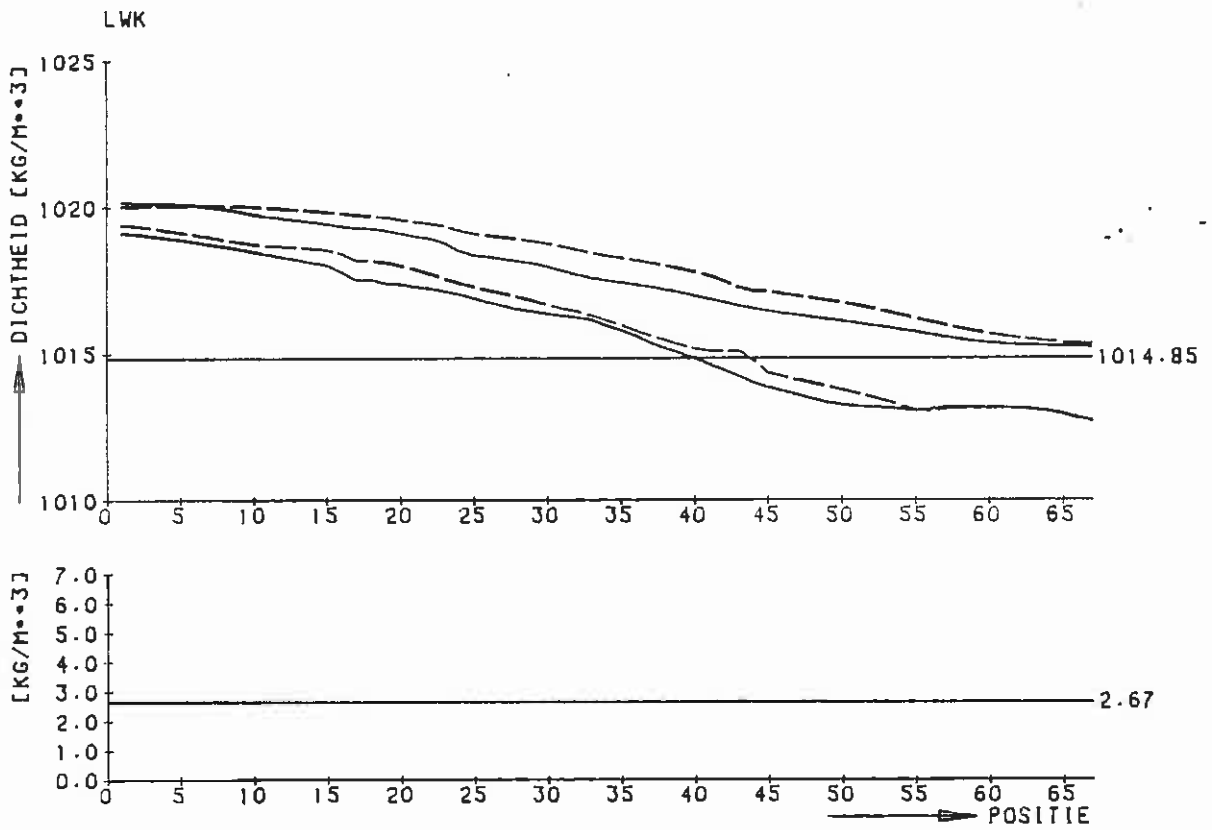
R2208

FIG 30



- - - - A 27
 B 29
 ——— F 16

GEMETEN GETY-EN DOORSNEDE GEMIDDELDE CHLOROSITEIT
 VERBUR BEREKENDE DIEPTE GEMIDDELDE CHLOROSITEIT
 OP HOOG-EN LAAG WATER KENTERING A27
 B29
 F16



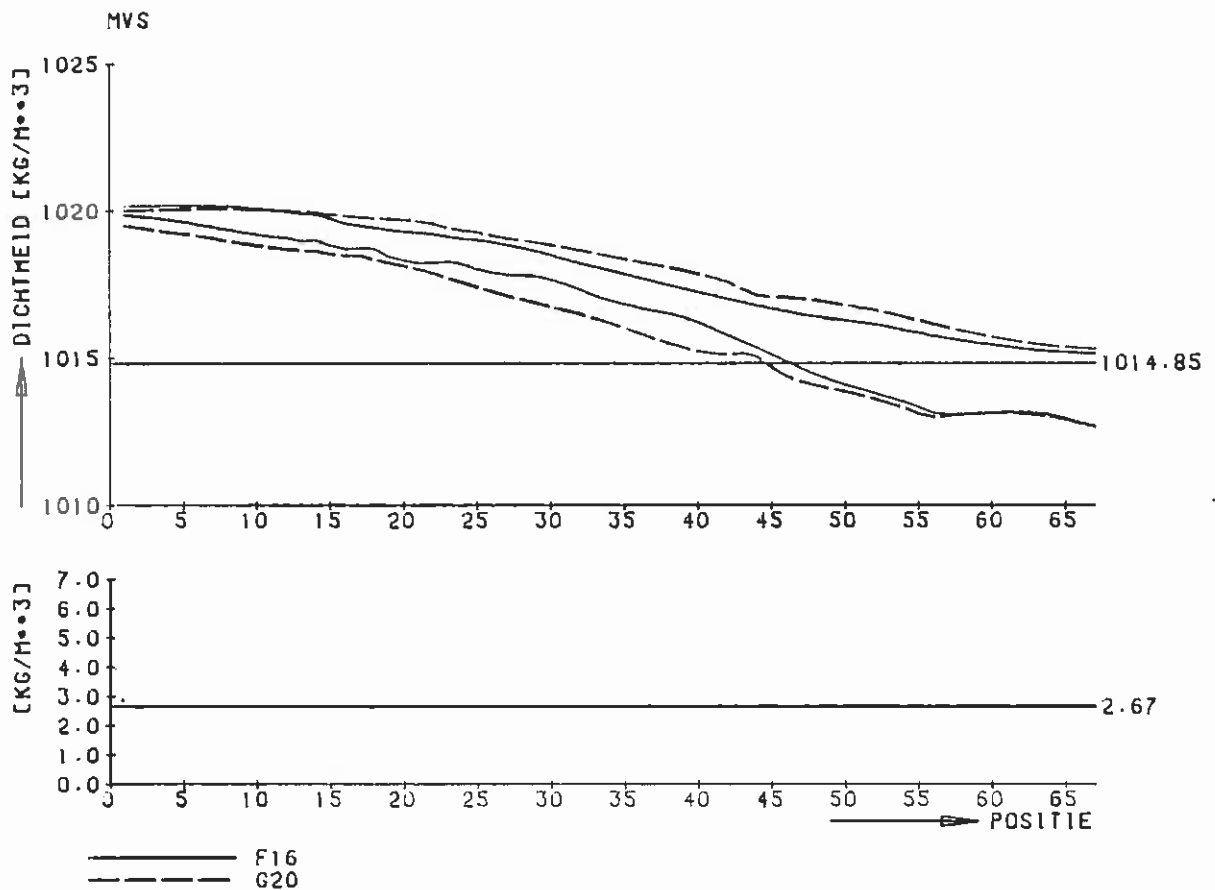
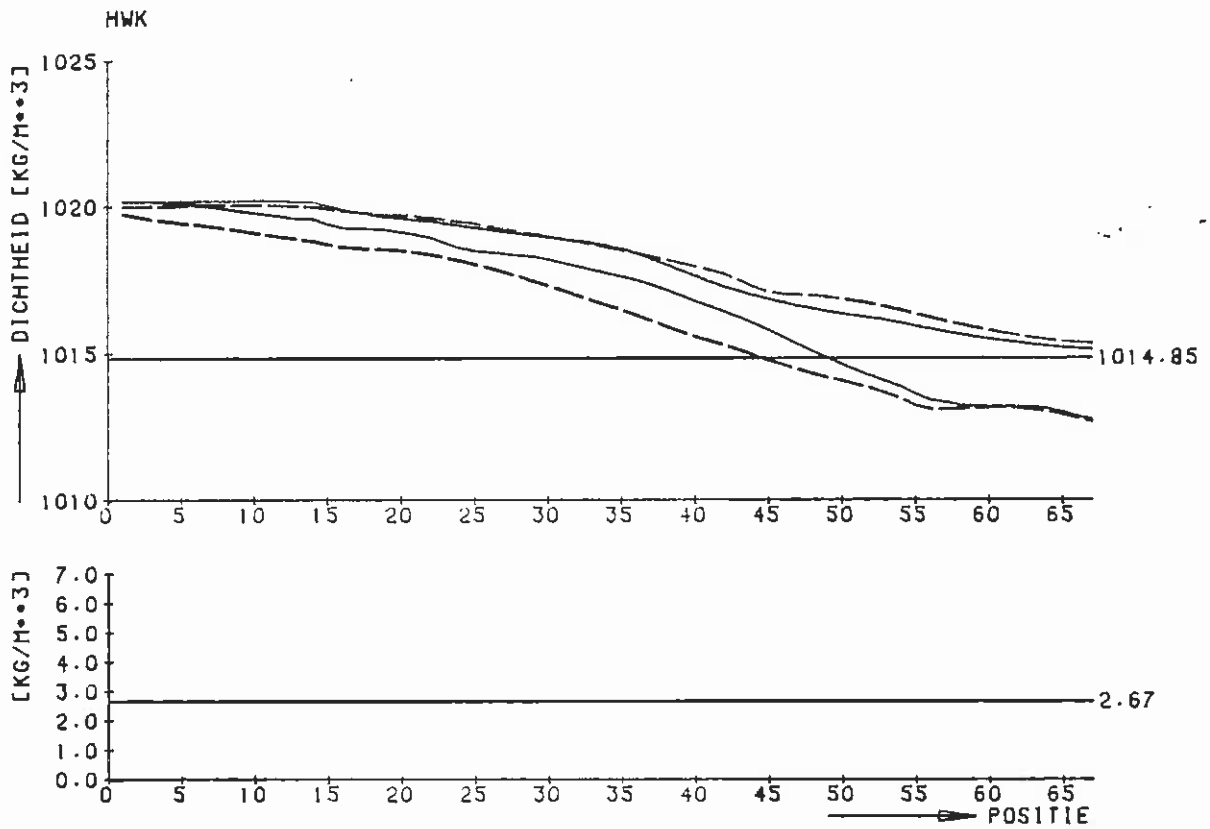
LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

F16 EN G20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 32



LONGITUDINALE VERDELING VAN DICHTHEDEN
AAN BODEM EN OPPERVLAK

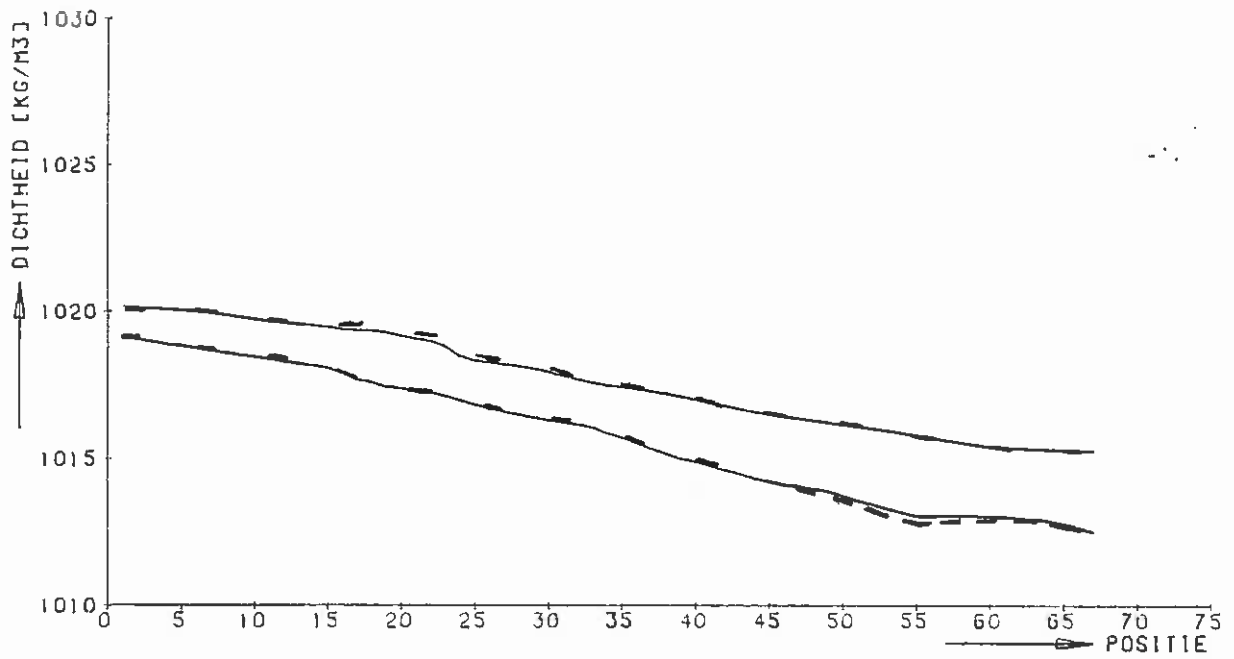
F16 EN G20

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

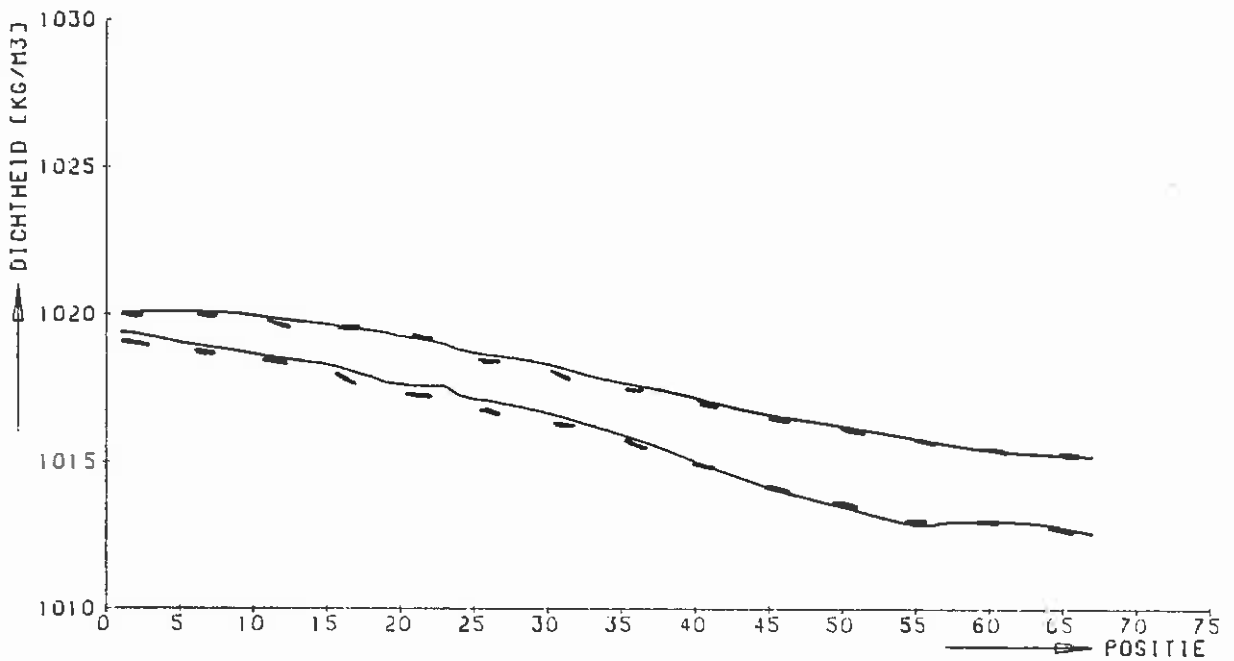
R2208

FIG 33

T=32256 (LWK)



T=30600 (LWK)



— — — H
 - - - 1.6

LONGPLOTS DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK

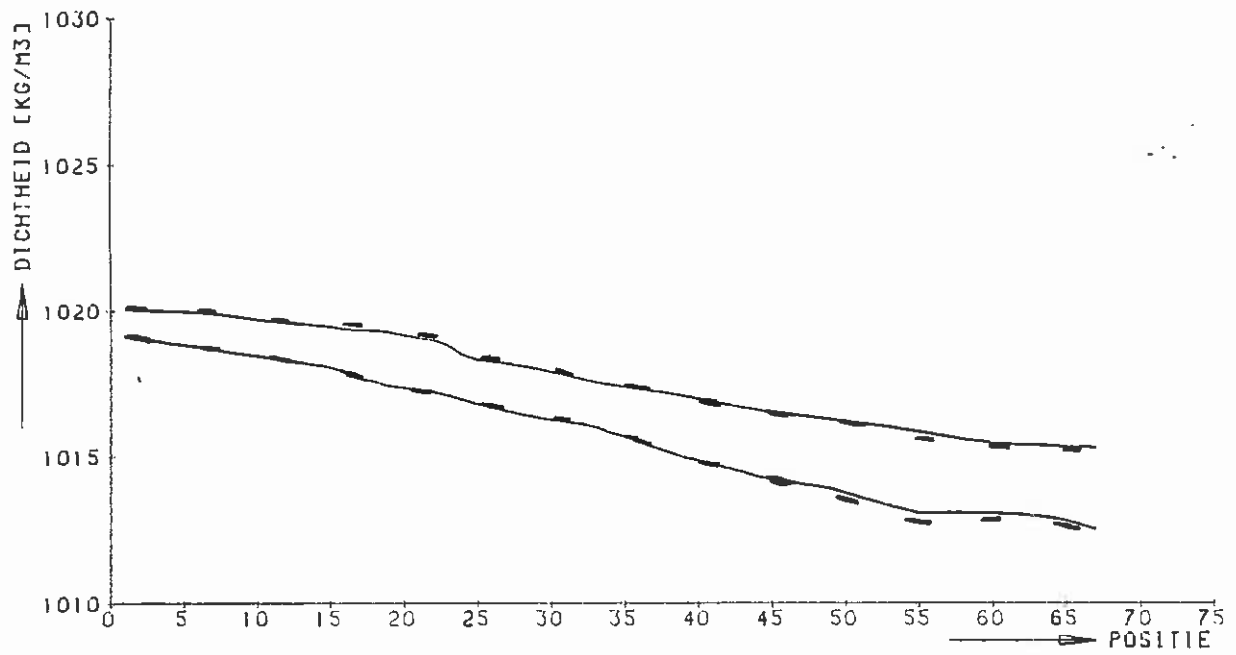
H-SERIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

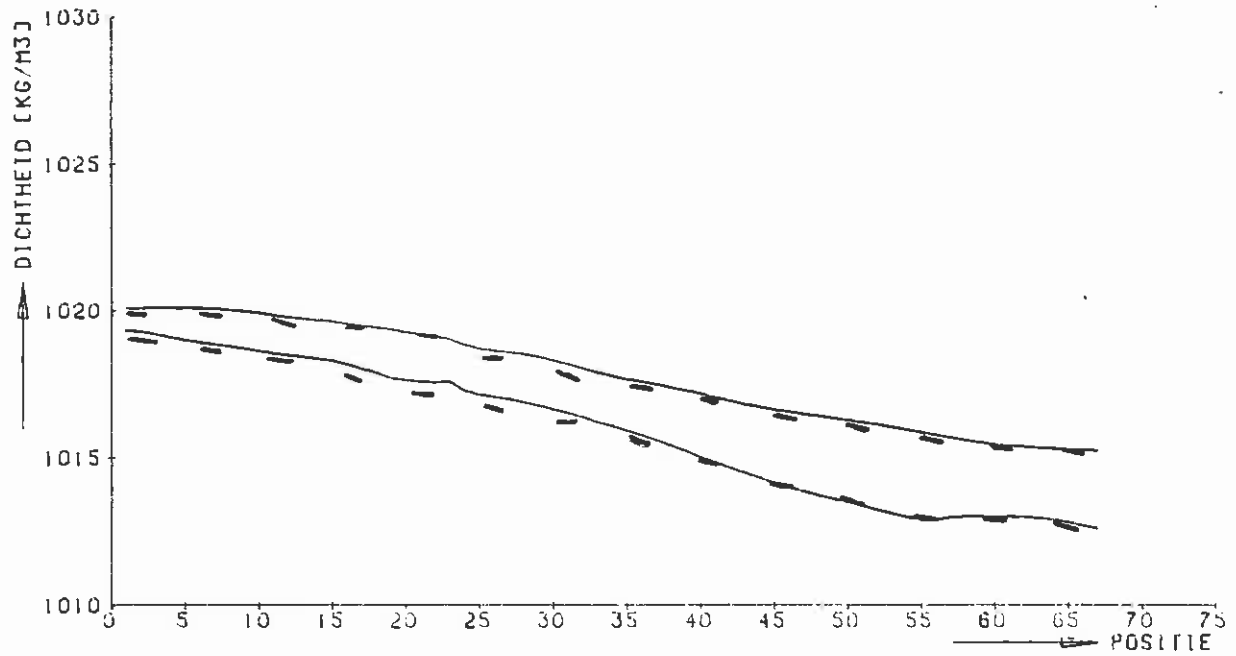
R2208

FIG 30

T=35856 (LWK)



T=34200 (LWK)



— H
 - - F16

LONGPLOTS DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK

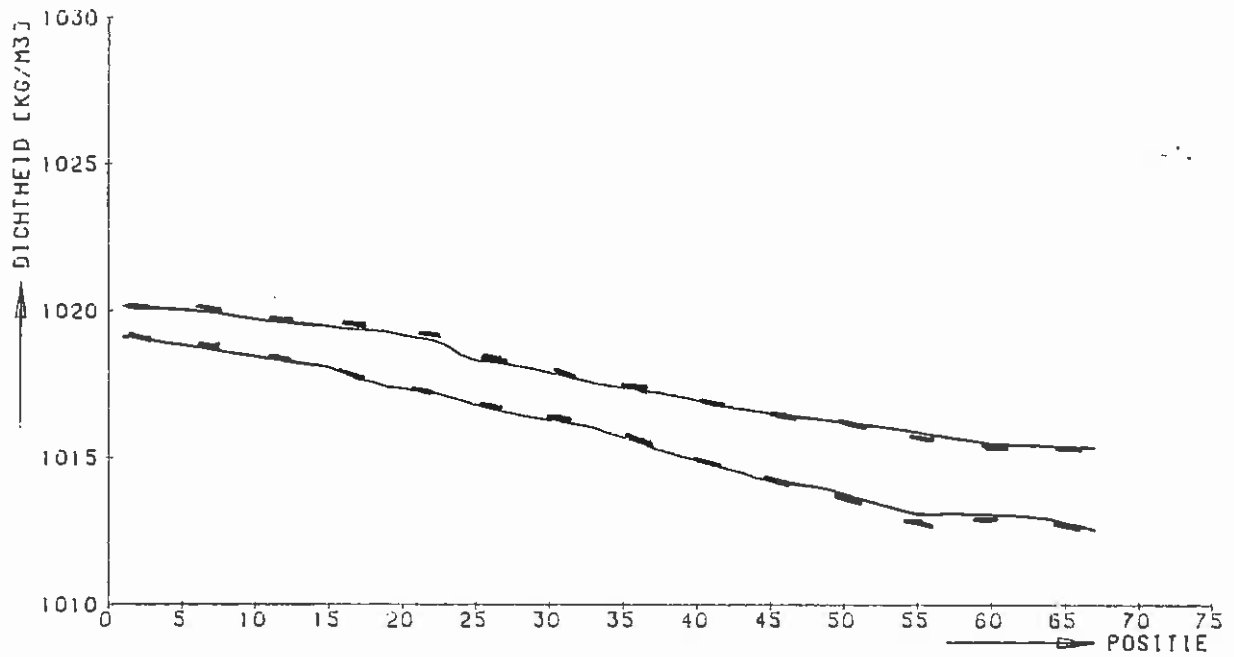
H-SERIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

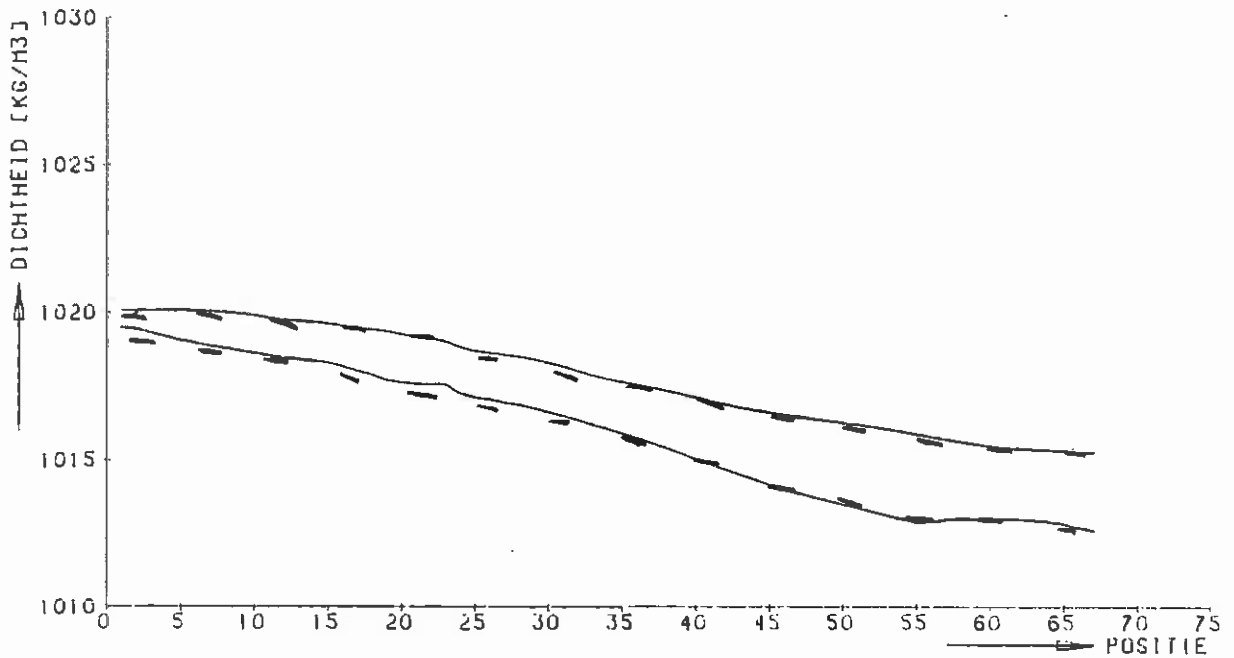
R2208

FIG 38

T=39456 (LWK)



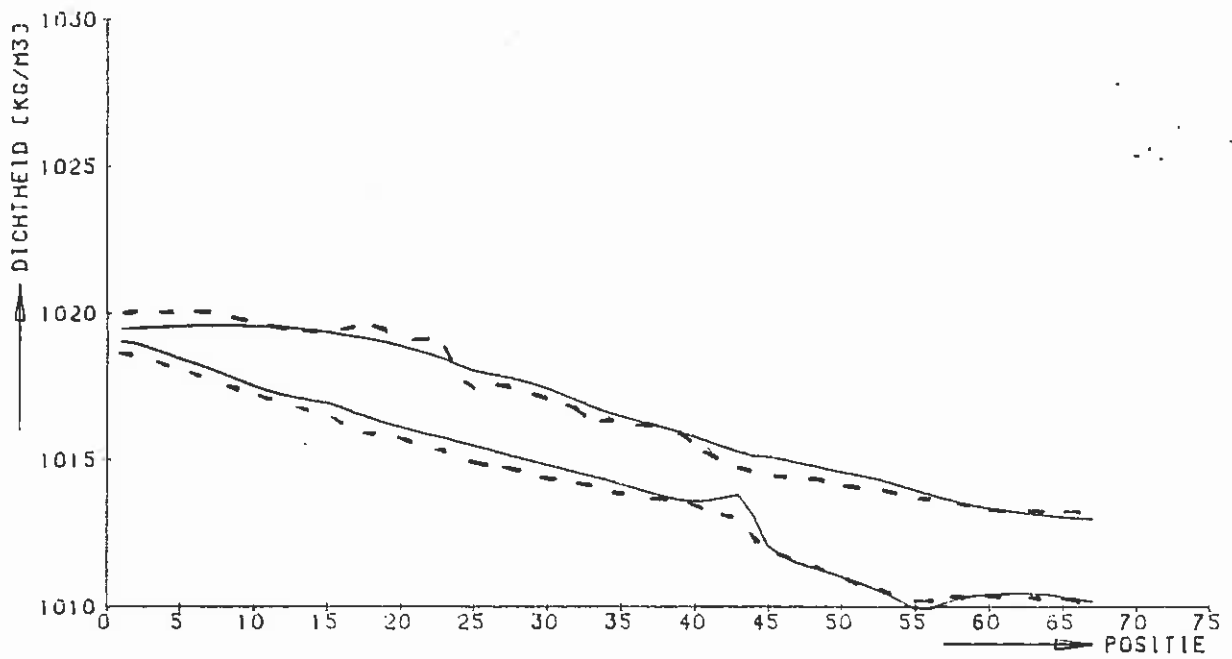
T=37800 (LWK)



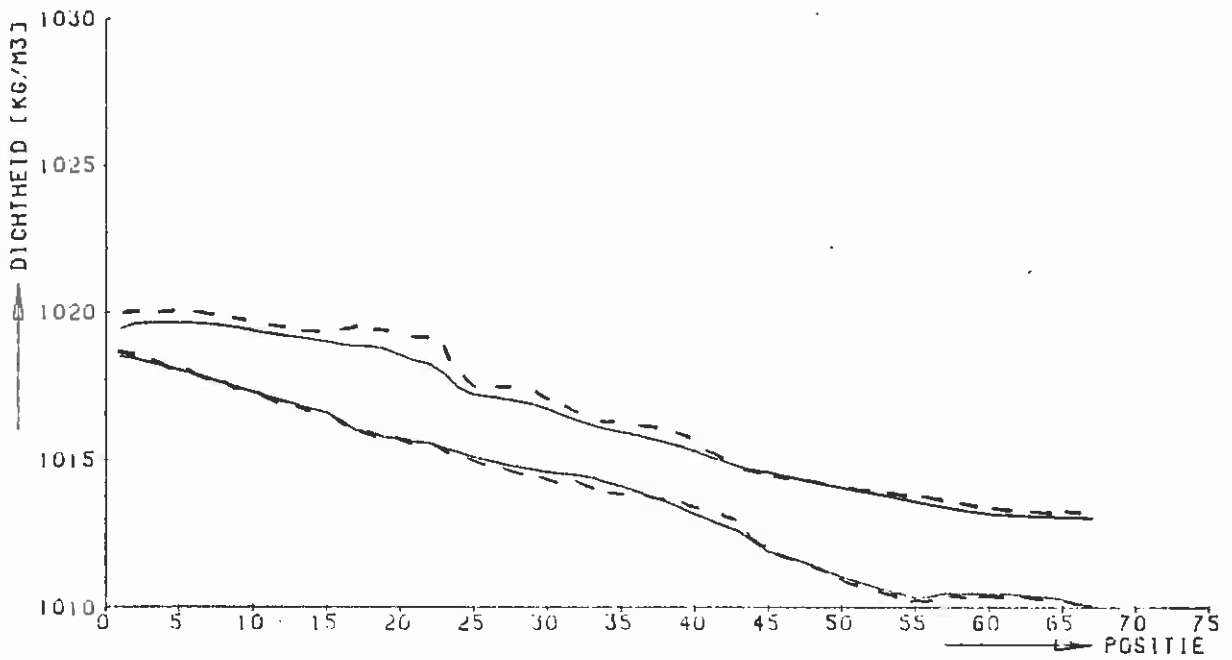
— H
 - - A16

LONGPLOTS DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK		
	H-SERIE	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R2208	FIG 36

T = 5400 (LWK)



T = 3444 (LWK)



— I
 - - - B29

LONGPLOTS DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK

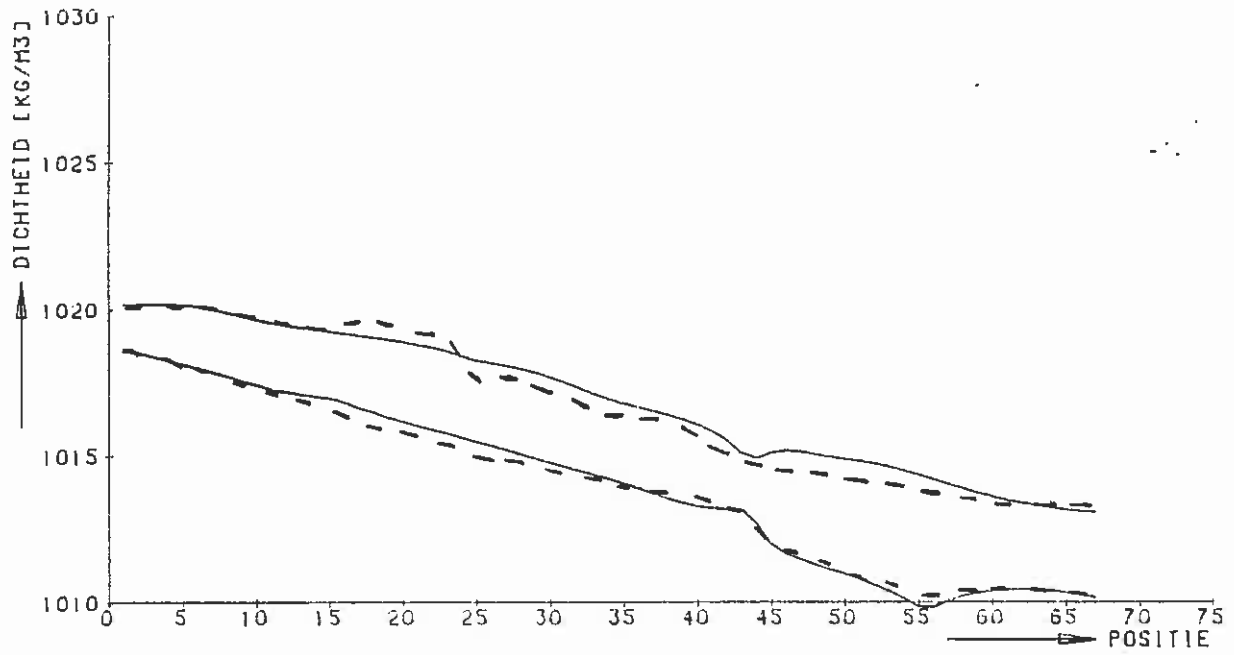
I-SERIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

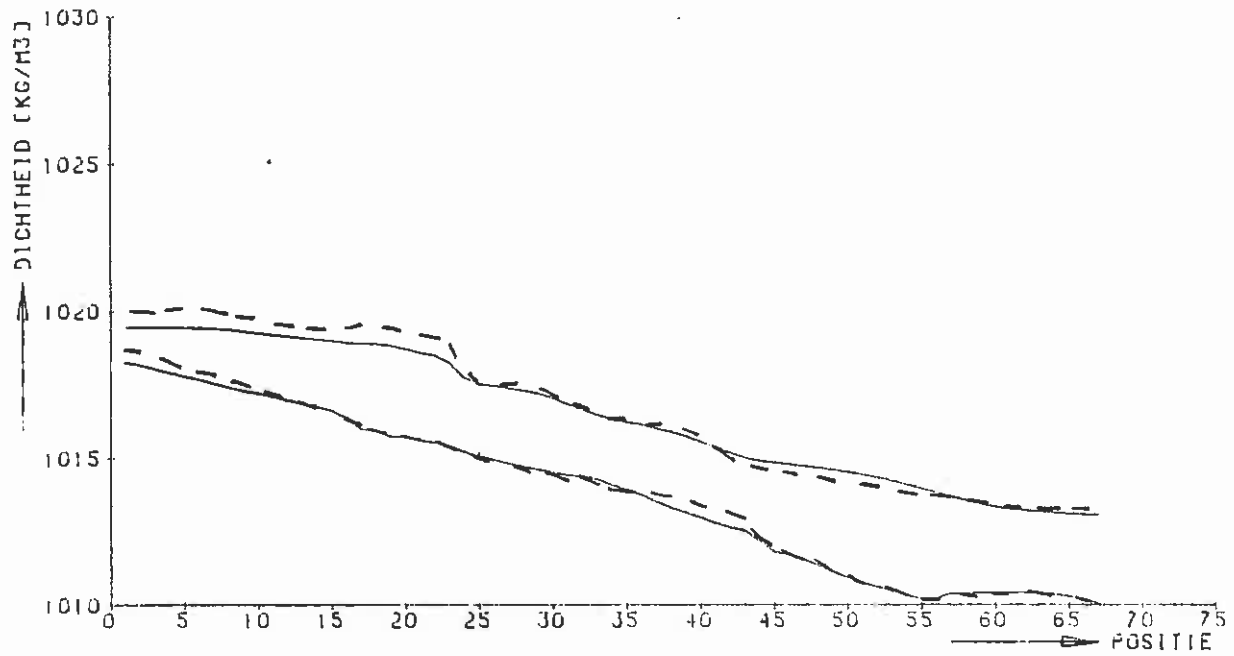
R2208

FIG 37

T = 9000 (LWK)



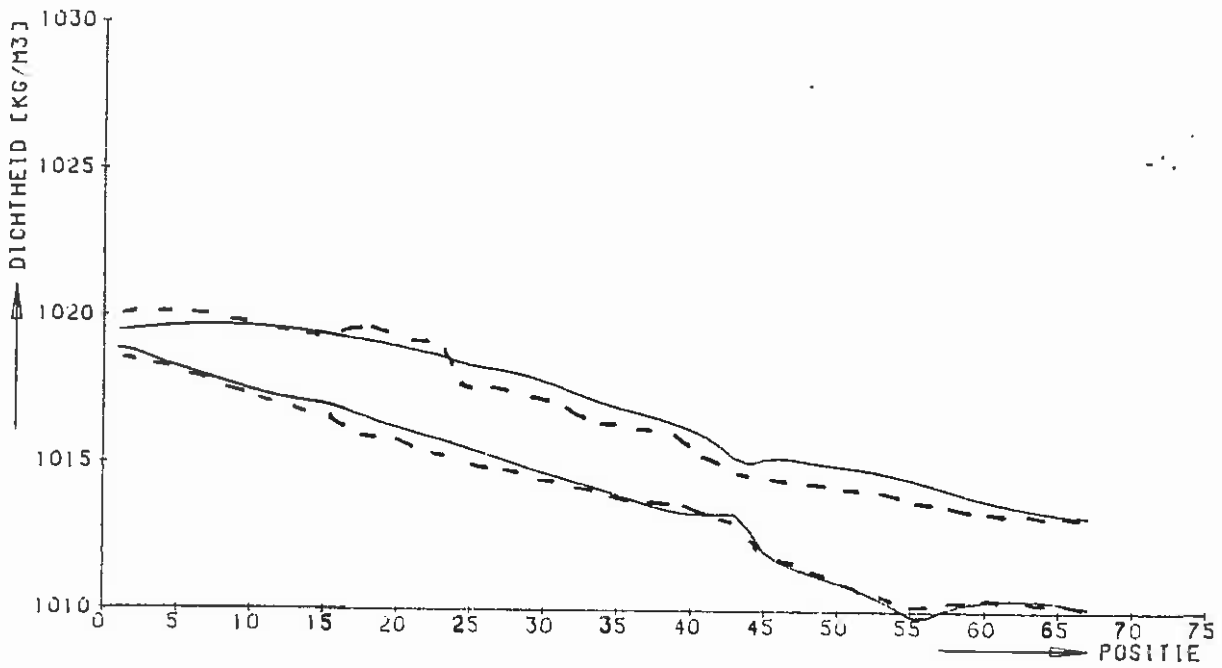
T = 7044 (LWK)



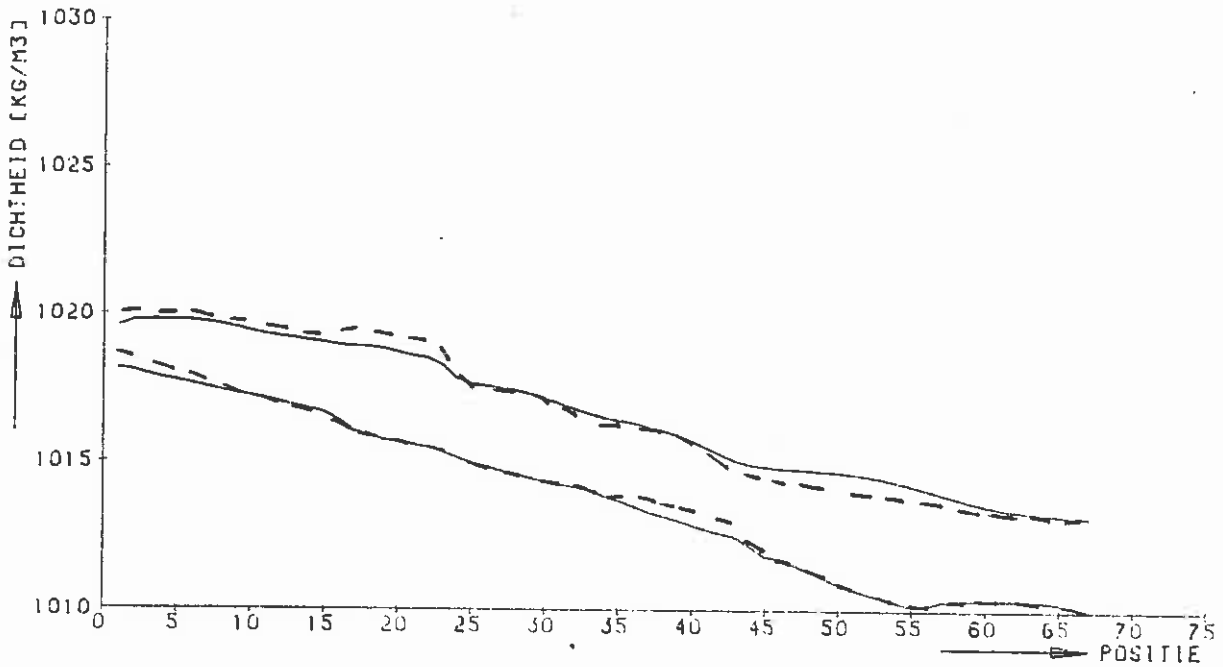
— I
 - - - B29

LONGPLOTS DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK		
	I-SERIE	
WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM	R2208	FIG 38

T=12600 (LWK)



T=10644 (LWK)



— A
 - - - B₂₉

LONGPLOTS DICHTHEDEN BODEM EN OPPERVLAK

I-SERIE

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

R2208

FIG 39

