

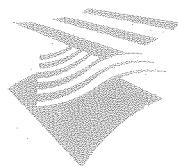
T0-BEREKENING

STATUS QUO VAN UNIBEST-TC

MAART 1992

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

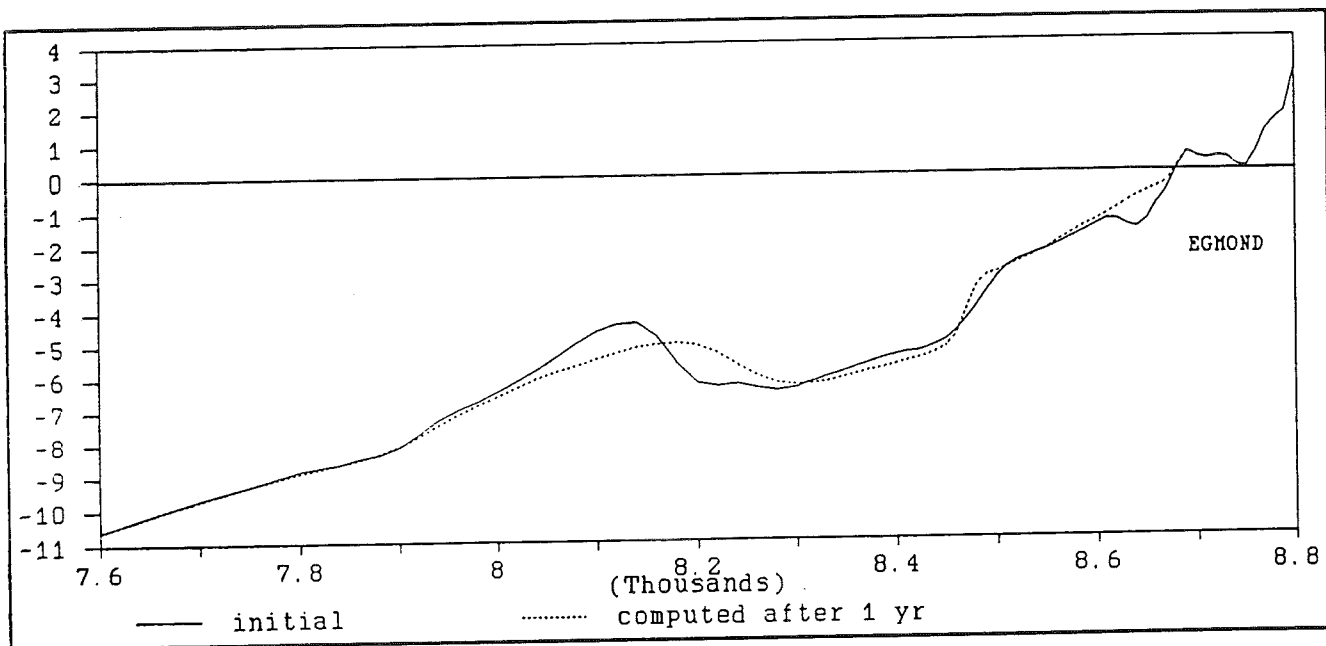


Dienst Getijdewateren

TO-BEREKENING

STATUS QUO VAN UNIBEST-TC

MAART 1992.



INLEIDING	2
HOOFDSTUK 1 HET MODEL UNIBEST-TC	3
1.1 Beschrijving van het model	3
1.2 Beschrijving van het toepassingsgebied	3
HOOFDSTUK 2. INVLOED VAN H_{rms} EN T_{piek}	5
2.1 Invloed van golfhoogte en golfperiode	5
2.2 Zeegang versus deining	6
HOOFDSTUK 3 INVLOED VAN DE GOLFINVALSHOEK α	7
3.1 Invloed van de α op zeegang en deining	7
3.2 onshore/offshore transport als functie van α	7
HOOFDSTUK 4 'JAARREKENING'	12
4.1 Dwarstransport	12
4.2 Langstransport	12
4.3 Kustlijn ontwikkeling	13
4.4 Storm versus rustig weer	13
4.5 Bodemontwikkeling vergeleken met metingen	13
4.6 T0-berekening	14
CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	15
Literatuur	16

INLEIDING

In juni 1991 is het pc-pakket unibest uitgebreid met het model UNIBEST-TC, (Tc=Time dependent Cross-shore transport). Dit model rekent tijdsafhankelijk het cross-shore en longshore sediment transport en de bodemverandering t.g.v. gradiënten in cross-shore transport uit in een raai loodrecht op de kustlijn ten gevolge van golven en stroming. De verschillende input condities (golfparameters, bodemprofiel, morfologische parameters, etc) kunnen als constante of periodieke waarden maar ook als tijdreeks aangeboden worden.

Het UNIBEST-TC model is een nieuw model dat nog niet volledig uitontwikkeld is. Om zicht te krijgen op de verbeteringen die de nieuwe releases geven is er een T0-berekening gemaakt. Deze T0 berekening geeft weer hoe op een bepaald moment (op tijdstip T=0) de status van het model is, zodat de kwaliteit is vastgelegd. Dit maakt het mogelijk de ontwikkelingen te evalueren door op een moment T1 weer een dergelijke exercitie uit te voeren en te vergelijken met de berekening op T0. Daarnaast geeft het de mogelijkheid om duidelijk in kaart te brengen hoe ver we zijn. Opgemerkt moet worden dat de tijdschaal waarop de ontwikkelingen aan UNIBEST-TC plaats vinden van dezelfde orde is als het tot stand komen van dit rapport; Er is dus niet echt van een T0 sprake.

De vraagstelling voor deze T0 berekening luidde: -1- Kunnen we met UNIBEST-TC één heel jaar lang de ontwikkeling van een kustprofiel doorrekenen en -2- in hoeverre lijkt de berekende profielontwikkeling op de waargenomen ontwikkeling, welke facetten zijn goed gemodelleerd en welke mechanismen worden nog niet goed beschreven.

In een eerder concept (augustus '91) bleek een 'jaarrekening' te ontspreken na 325 dagen doordat er te steile bodem hellingen werden berekend. Door experts werd gesuggereerd dat dit veroorzaakt werd door een te kort bodemprofiel, waardoor op ondiep water de golven relatief te scheef invielen. Dit bleek een juiste suggestie; Nadat het profiel verlengd was tot de 20m diepte lijn werd zonder verdere wijzigingen een priode van één jaar probleemloos doorgerekend.

Het huidige rapport bevat de aangepaste hoofdstukken 1, 2 en 3 van het concept aug '91, een nieuw hoofdstuk 4 en een nieuwe inleiding. In hoofdstuk 1 wordt een globale beschrijving gegeven van de fysica van het model. De numeriek-technische kant wordt bewust onderbelicht. Daarnaast wordt het gebied waar de simulatie op toegepast wordt afgebakend. Het tweede hoofdstuk vergelijkt twee typische golfvelden (zeegang en deining), zij het dat beide golfvelden hier nog loodrecht invallen. De invloed van golfhoogte en golfperiode, wordt bekeken. In hoofdstuk drie wordt de invloed van de golfrichting uitgesplitst en hoofdstuk vier geeft een verslag van de 'jaar-rekening'.

HOOFDSTUK 1 HET MODEL UNIBEST-TC

1.1 Beschrijving van het model

UNIBEST-TC is een 1D-morfologisch model gebaseerd op de aanname dat het sediment transport een functie is van het instantane snelheidsveld aan de bodem. Deze aanname heeft tot verschillende formuleringen geleid. In UNIBEST-TC is deze aanname in de vorm van Bailard's formulering (Bailard 1981) geïmplementeerd. Hieronder wordt eerst ingegaan op de fysica in UNIBEST-TC om dit instantane snelheidsveld ten gevolge van golven en stroming in een dwarssectie op de kust te berekenen. Om de verdeling van de golfhoogte en andere golfparameters langs de raai, waarvan het bodem profiel ook opgegeven moet worden, te bepalen wordt de H_{rms} en T_{piek} opgegeven op het verst gelegen punt ($x=0$). Het model genereert een onregelmatig (niet-lineair) golfveld uitgaande van de ingevoerde grootheden. Het verloop van dit golfveld langs een dwarsprofiel wordt uitgerekend met behulp van een ENDEC-module. Tezamen met de door het model berekende wateropzet wordt het verloop van het golfveld gebruikt om het instantane verticaal geïntegreerde snelheidsveld uit te rekenen. Het breken van golven wordt daar gesimuleerd door een kansfunctie afhankelijk van de verhouding H_{rms} /waterdiepte. In de brekerzone is de verticaal geïntegreerde snelheid niet meer representatief voor wat er aan de bodem gebeurt. Daarom wordt in de brandingszone de waterkolom gesplitst gedacht in 3 delen: Het bovenste deel (boven het zgn wave-trough level) wordt geparameteriseerd met een effectieve shear stress en een massa flux t.g.v. het breken van golven. Het middelste gedeelte moet de retourstroom simuleren. Voor het bodem gedeelte wordt een gewone schuifspanning volgens de 'conduction solution' van Longuet Higgins (1953) aangenomen voor lopende golven en een schuifspanning gelijk aan nul voor brekende golven. Het instantane snelheidsveld wordt als invoer gebruikt voor een transportformulering à la Bailard voor transport van bed-load en suspended load. Van deze transportformulering wordt de gemiddelde over de tijd bepaald.

$$\begin{aligned} \langle \vec{i}_t \rangle = & \rho c_f \frac{\epsilon_b}{\tan \phi} \left[\langle |\vec{u}_t|^2 \vec{u}_t \rangle - \frac{\tan \beta}{\tan \phi} \langle |\vec{u}_t|^3 \rangle \hat{f} \right] \quad (\text{bed-load}) \quad (1.1) \\ & + \rho c_f \frac{\epsilon_s}{W} \left[\langle |\vec{u}_t|^3 \vec{u}_t \rangle - \frac{\epsilon_s}{W} \tan \beta \langle |\vec{u}_t|^5 \rangle \hat{f} \right] \quad (\text{suspended-load}) \\ & \text{opwerveling} \qquad \qquad \text{bodempelling} \end{aligned}$$

Het tijdsgemiddelde sediment transport wordt volgens deze formulering volledig bepaald door 4 termen. De snelheid u in vergelijking (1.1) is nog steeds de instantane snelheid. De geldigheid of betrouwbaarheid van het tijdsgemiddelde sedimenttransport staat of valt (althans verder dan het reeds deed bij eerdere aannamen) bij de instantane snelheid. Deze snelheid kan worden ontbonden in een gemiddelde stroming en een oscillerend gedeelte. Roelvink en Stive (1989) hebben de transportformulering inzichtelijk gemaakt door het eenvoudige geval $u = u_{\text{gemiddelde}} + u_{\text{oscillerend}}$ uit te schrijven. De snelheidsmomenten kunnen zo al verder geanalyseerd worden. Saizar (1990) heeft de instantane snelheid opgebouwd gedacht uit vijf verschillende bijdragen;

$u = u_{\text{gemiddelde}} + u_{\text{getij}} + u_{\text{lange golven}} + u_{\text{korte golven}} + u_{\text{turbo}}$. Dit vele schrijfwerk geeft fraai inzicht in allerlei interactie-termen tussen de vijf verschillende componen-

ten. Een algemene benadering wordt verkregen door aan te nemen dat het oscillerende gedeelte bestaat uit één enkele golf plus hogere harmonische (Bailard & Inman 1981, Bowen 1980, Stive 1985, Guza & Thornton 1985). Van zo'n algemene benadering kan afgeleid worden dat de snelheidsmomenten te verdelen zijn in even en oneven momenten. De even momenten zijn altijd ongelijk aan nul. De oneven momenten zijn alleen nul voor symmetrische snelheidsvelden. Juist in de kustzone gedragen golven zich verre van symmetrisch. Als gevolg van deze asymmetrie hebben juist de oneven momenten grote invloed op het cross-shore gerichte sedimenttransport. Asymmetrie treedt op wanneer golven bij het naderen van de kust vervormd worden doordat ze de bodem "voelen". De golven vervormen; de pieken worden hoger en korter. Het snelheidsveld verandert eveneens asymmetrisch; de onshore snelheid onder de kam van een golf wordt groter, maar duurt korter dan de offshore beweging onder het dal. Gemiddeld over een golfperiode is de snelheid nul en is voldaan aan continuïteit. De snelheid tot de derde macht echter geeft na middeling een netto onshore resultaat. Hoge en lange golven voelen eerder de bodem dan korte golven, zullen eerder vervormen en asymmetrisch worden. Hierdoor is te verwachten dat lange golven aanleiding geven tot meer onshore transport (en op grotere diepten). Het effect van de golfperiode op het sedimenttransport is in laboratorium experimenten onderzocht; Bij grotere perioden wordt een groter netto transport gevonden (Ribberink and Al-Salem, 1991). Asymmetrie wordt als hoofdoorzaak gezien achter het onshore gerichte sediment transport.

1.2 Beschrijving van het toepassingsgebied

Gedurende dit hele verslag wordt gerekend aan twee dwarsprofielen afkomstig van één locatie aan de Nederlandse kust, in de buurt van Egmond. Het voor dit rapport relevante gedeelte van het bodem profiel van deze raai zoals gemeten in het begin van januari 1982 is weergegeven in figuur 1.1. Daar in dit verslag de nadruk ligt op het fysische gedrag van het model, wordt de discretisatie van de raai eenmalig gekozen. Er is ter oriëntatie een run met een fijn grid (Δx ligt tussen de 5m en de 50m, 126 roosterpunten) en één met een grof grid ($\Delta x \geq 50m$, 26 roosterpunten) gedraaid. Het fijne grid had een factor 4 meer tijd nodig dan het grove grid. Hoewel de rekentijd een belangrijk keuze criterium kan zijn is hier toch gekozen voor de nauwkeurige versie. (Het model kan met batch-files opgestart worden. Tijd speelt dus een ondergeschikte rol in vergelijking met nauwkeurigheid.) Op grond hiervan is voor de rest van dit onderzoek gekozen voor het nauwkeurige grid, temeer daar bij extreme en snel variërende omstandigheden de nauwkeurigheid belangrijker wordt.

HOOFDSTUK 2. INVLOED VAN H_{rms} EN T_{piek}

2.1 Invloed van golfhoogte en golfperiode

Stive's paper voor de 20^e Int. Conference on Coastal Engineering (Taiwan) beschrijft het model dat beschouwd kan worden als de voorloper van UNIBEST-TC. Hij besluit dat artikel met de volgende conclusie: "There are two main contributions to the sediment transport, viz. that induced by the undertow yielding offshore transport and that induced by the wave asymmetry yielding onshore transport. In low-frequency or swell conditions the latter dominates and in high frequency or storm conditions the former dominates. These conclusions coincide with the common suggestion that low-frequency waves build up a coast and that high-frequency waves erode it."

In dit hoofdstuk pakken we de draad op bij bovenstaande conclusie. Ter kennis-making met UNIBEST-TC is eerst een aantal oriënterende runs gedraaid waarin het effect van T_{piek} en H_{rms} op verschillende grootheden berekend is. In eerste instantie is gekeken naar het initiële effect, daarna wordt gekeken naar het effect op lange termijn. Het model reageerde t.a.v. de meeste grootheden volgens de verwachtingen op grond van de huidige kennis en laboratorium ervaringen. In de figuren 2.1 & 2.2 staan enkele grootheden geschetst voor twee golven; één golf met T_{piek} van 6 s en één met een T_{piek} van 11 s. De golfparameters werden opgegeven op $x=0$ ($H=-20$ m) en beide golven hadden op $x=0$ een H_{rms} van 1 m. In figuur 2.1 is te zien dat de golfhoogte voor de lange golf bij nadering van de kust toeneemt, terwijl de korte golf van 6 s een golfhoogte verdeling heeft die kleiner wordt bij nadering van de kust. De lange golf heeft meer energie per m^2 op het getekende traject. Dit is ook te zien aan de dissipatie. Op $x=0$ waren beide golven even hoog en bezaten dus evenveel energie. De energieflex was echter niet hetzelfde. Lange golven hebben een grotere snelheid en de energieflex van lange golven is daardoor groter dan die van korte golven met een zelfde H_{rms} . Aan de dissipatie in figuur 2.1 en de fractie brekende golven in figuur 2.2 is te zien dat lange golven de bulk van hun energie kwijtraken tussen $x=8500$ & $x=8600$ m, op ca 2 m waterdiepte. De kortere golven breken pas op een waterdiepte van 1 m. De retourstroom reflecteert niet alléén de compensatie voor de massaflux van golven (t.g.v. breken), maar bevat ook de snelheid t.g.v. golfopzet en golfafzet. In het uiteindelijke cross-shore transport (S_x) komen zowel de bijdrage t.g.v. massaflux en golfop- en afzet als de bijdrage t.g.v. het asymmetrische snelheidsveld onder golven tot uiting. Hieruit blijkt dat in dit geval lange golven vanwege hun grotere H_{rms} een grotere bijdrage aan het onshore transport t.g.v. asymmetrie geven. Opvallend is de grote gradiënt in S_x ter hoogte van $x=8450$. Bij $x=8500$ m overheerst het offshore transport t.g.v. U_{retour} het asymmetrisch onshore transport. Figuur 2.3 geeft weer wat de invloed is van beide golven na 10 dagen. De steile gradiënt in S_x op $x=8450$ m resulteert in een versteiling en een zeewaartse verschuiving van de bank die het dichtst bij de kust ligt. Op dieper gedeelte $x=8000$ m wordt door het overwegende onshore transport zand weggehaald en achter deze bank "gelegd". Deze helling wordt nog steiler door het negatieve transport rechts van $x=8400$ m. De golven van 6 s hebben relatief minder effect gehad op het profiel. Dit komt echter niet door de langere periode maar juist door de kleinere H_{rms} en daardoor minder energie die aan de kust resteert.

2.2 Zeegang versus deining

In werkelijkheid gaat een hoge T_{piek} gepaard met lage golfhoogte en is de H_{rms} op de Noordzee bij gemiddelde windcondities hoger dan 1 m. In figuur 2.4 is voor de golven van 6 en 11 s de golfhoogte verhoogd resp. verlaagd om deze realiteit te benaderen. Hierdoor kunnen beide golven gekarakteriseerd worden door de termen zeegang ($T_{\text{piek}} = 6$ s, $H_{\text{rms}} = 1.5$ m) en deining ($T_{\text{piek}} = 11$ s, $H_{\text{rms}} = 0.5$ m). De discussie bij de vorige figuren blijft grotendeels van kracht. Dissipatie wordt sterk bepaald door de golfhoogte en de degeneratie van de golfhoogte. De retourstroom (niet afgebeeld) bij de golven van 11 s is nu zo klein en zo sterk gelocaliseerd dat het asymmetrisch gedreven onshore transport overheerst (behalve op $x=8600$ m). Bij de steile golven van 6 s en 1.5 m zorgt de massaflux vanaf $x=8000$ m voor een negatief transport (veroorzaakt door U_{retour}). Alleen op $x=8620$ m (klein dal in het profiel) vindt een onshore transport plaats. Daar dit onshore transport samenvalt met een minimum in dissipatie is dit waarschijnlijk het gevolg van golf-asymmetrie.

HOOFDSTUK 3 INVLOED VAN DE GOLFINVALSHOEK α 3.1 Invloed van de α op zeegang en deining

Tot nu toe is alleen gerekend met loodrecht invallende golven. In dit hoofdstuk wordt gekeken wat de invloed is van de golfinvalshoek. Figuur 3.1 geeft aan wat het effect is voor de H_{rms} , dissipatie, de fractie brekende golven en het cross-shore sediment transport wanneer de deining uit het vorige hoofdstuk onder een hoek $\alpha=45^\circ$ invalt. Deze hoek werd opgegeven op $x=0$. Totaal komt er door deze hoek $\frac{1}{2}$ minder energie naar de kust toe. Dit komt tot uiting in de H_{rms} en de dissipatie. Vanwege kleine H_{rms} neemt ook de bijdrage t.g.v. asymmetrie af. De retourstroom (niet afgebeeld) wordt eveneens kleiner. Het sediment transport in dwarsrichting wordt in de brandingszone geheel onshore. De invloed van α bij zeegang is zo mogelijk nog indrukwekkender. De verandering van de hoek zorgt ervoor dat langs het hele profiel de richting van het cross-shore transport verandert. Dit fenomeen wordt in de volgende paragraaf behandeld.

3.2 onshore/offshore transport als functie van α

Uitgangspunt voor deze beschouwing is de sedimenttransport formulering van Bailard (in de vorm van formule 11 uit Bailard 1981), zoals weergegeven in hoofdstuk 1 (vgl 1.1). Deze beschouwing beperkt zich tot het bed-load transport over een vlakke bodem ($\tan\beta=0$). Verder gaan we ervan uit dat de transport vector u_t geschreven kan worden in de twee loodrechte componenten. Bovendien wordt hierin onderscheid gemaakt tussen de stromingsvector en de golfvector. (Formule 12 van Bailard.)

$$\vec{u}_t = (\tilde{u} \cos\alpha + \bar{u} \cos\theta) \hat{i} + (\tilde{u} \sin\alpha + \bar{u} \sin\theta) \hat{j} \quad (3.1)$$

Met deze vorm wordt de absolute snelheid in het kwadraat:

$$|\vec{u}_t|^2 = \tilde{u}^2 + \bar{u}^2 + 2\tilde{u}\bar{u} (\cos\alpha \cos\theta + \sin\alpha \sin\theta) \quad (3.2)$$

(Herken hierin de cosinus regel met $\gamma=\alpha-\theta$.) Vermenigvuldiging met de snelheidsvector geeft voor de x-component;

$$\begin{aligned} [|\vec{u}_t|^2 \vec{u}_t] \hat{i} &= [\tilde{u}^2 + \bar{u}^2 + 2\tilde{u}\bar{u}(\cos\alpha \cos\theta + \sin\alpha \sin\theta)] * [(\tilde{u} \cos\alpha + \bar{u} \cos\theta)] \\ &= \tilde{u}^3 \cos\alpha + \tilde{u}^2 \bar{u} \cos\theta + \bar{u}^2 \tilde{u} \cos\alpha + \bar{u}^3 \cos\theta \\ &\quad + 2\tilde{u}^2 \bar{u} \cos\alpha (\cos\alpha \cos\theta + \sin\alpha \sin\theta) \\ &\quad + 2\bar{u}^2 \tilde{u} (\cos\alpha \cos^2\theta + \sin\alpha \sin\theta \cos\theta) \end{aligned} \quad (3.3)$$

Wanneer we in deze uitdrukking voor de orbitaalsnelheid een Stokes-benadering substitueren gegeven door

$$\tilde{u} = u_m \cos\sigma t + u_{2m} \cos 2\sigma t + \dots \quad (3.4)$$

en we middelen de uitdrukking over de tijd, vallen de termen waarin u_m slechts tot de eerste macht staat uit uitdrukking 3.3. De termen waarin u_m tot de

tweede macht staat kunnen uitgerekend worden (de integraal over een $\cos^2$ is $\frac{1}{2}$). De termen waarin een derde macht staat van de snelheid zijn ongelijk aan nul vanwege de kruistermen tussen u_m en u_{2m} . Deze termen laten we staan (dat doet Bailard ook). We houden dan over:

$$\begin{aligned} \langle |\vec{u}_t|^2 \vec{u}_t \rangle &= \langle \tilde{u}^3 \rangle \cos \alpha \quad (\text{asymmetrie}) \\ &+ \frac{1}{2} u_m^2 \bar{u} \cos \theta \\ &+ u_m^2 \bar{u} \cos^2 \alpha \cos \theta \\ &+ \bar{u}^3 \cos \theta \\ &+ u_m^2 \bar{u} \cos \alpha \sin \alpha \sin \theta \end{aligned} \quad (3.5)$$

Dit kunnen we schrijven als

$$\begin{aligned} \langle |\vec{u}_t|^2 \vec{u}_t \rangle &= \langle \tilde{u}^3 \rangle \cos \alpha \\ &+ u_m^2 \bar{u} \cos \theta \left(\frac{1}{2} + \cos^2 \alpha \right) \\ &+ \bar{u}^3 \cos \theta (\cos^2 \theta + \sin^2 \theta) \\ &+ u_m^2 \bar{u} \cos \alpha \sin \alpha \sin \theta \end{aligned} \quad (3.6)$$

Met de volgende afspraken ontstaat uiteindelijk vergelijking 14 van Bailard.

$$\delta_u = \frac{\bar{u}}{u_m} \cos \theta, \quad \delta_v = \frac{\bar{u}}{u_m} \sin \theta \quad \text{en} \quad \Psi_1 = \frac{\langle \tilde{u}^3 \rangle}{u_m^3} \quad (3.7)$$

Deze uitdrukking is nog eens uitgeschreven:

$$\langle |\vec{u}_t|^2 \vec{u}_t \rangle = u_m^3 \left[\underbrace{\Psi_1 \cos \alpha}_{\text{I}} + \underbrace{\delta_u^3}_{\text{II}} + \underbrace{\delta_u \left(\frac{1}{2} + \cos^2 \alpha + \delta_v^2 \right)}_{\text{III}} + \underbrace{\delta_v \cos \alpha \sin \alpha}_{\text{IV}} \right] \quad (3.8)$$

Als we in vrg 3.8 voor α en θ nul invullen (loodrecht invallende golven en geen langsstroming) ontstaat er een vergelijking die één term meer heeft dan Marcel Stive in z'n model voor cross-shore transport heeft (Stive 1985, vlg - 7). In de volgende afchatting zal blijken of deze term belangrijk is of niet. Aan de hand van deze uitdrukking, die slechts een gedeelte vormt van de x-component van het sediment transport volgens Bailard's formulering, gaan we proberen te verklaren waarom het sedimenttransport bij een golfvalshoek α ongelijk nul een negatief (offshore) richting heeft en bij een hoek $\alpha > \text{ca } 30^\circ$ dit sedimenttransport positief is.

Allereerst een korte analyse van vergelijking 3.8. De eerste term (I) in vergelijking 3.8 is afhankelijk van de invalshoek van de golven, maximaal voor $\alpha=0^\circ$, en minimaal voor grote invalshoeken. Deze term is de bijdrage in het cross-shore transport t.g.v. asymmetrie van het golfveld.

De tweede term (II) staat niet in Stive's model. Het is de derde macht van de verhouding tussen x-component van de gemiddelde snelheid en de orbitaalsnelheid. Aan deze x-component draagt alleen de retourstroom bij. Hoe hoger de golven (dus hoe groter de orbitaalsnelheid) des te groter is deze retourstroom. Of de verhouding retourstroom/orbitaalsnelheid ooit (b.v. tijdens stormcondities) belangrijk wordt is de vraag. Onder normale condities is de retourstroom gemiddeld een factor 4 à 5 kleiner dan de orbitaal beweging.

Daar dit tot de derde macht doorweegt is deze term onder normale condities van de orde van grootte van 0.01 (m/s)^3 .

De derde term (III) is net als de eerste term maximaal voor $\alpha=0^\circ$. Deze term is bovendien ook afhankelijk van de hoek die de gemiddelde stroming maakt met de kust normaal. Bij $\theta=0^\circ$, geen langsstroom dus ook geen scheef invallende golven, is δ_v gelijk aan nul en is term III gelijk aan $\delta_u(\frac{1}{2} + \cos^2\alpha)$. Bij $\theta=90^\circ$, d.w.z. stroming zuiver parallel aan de kust is δ_u gelijk aan nul en is hiermee heel term III gelijk aan nul. Bij aanwezigheid van golven zal er echter altijd een retourstroom optreden en zal θ nooit gelijk zijn aan 90° . Term II en III samengevoegd vormen de bijdrage aan het cross-shore transport t.g.v. de retourstroom vermenigvuldigd met een opwoelingsfactor die altijd positief is $(\delta_u^2 + \delta_v^2 + \cos^2\alpha + \frac{1}{2})$.

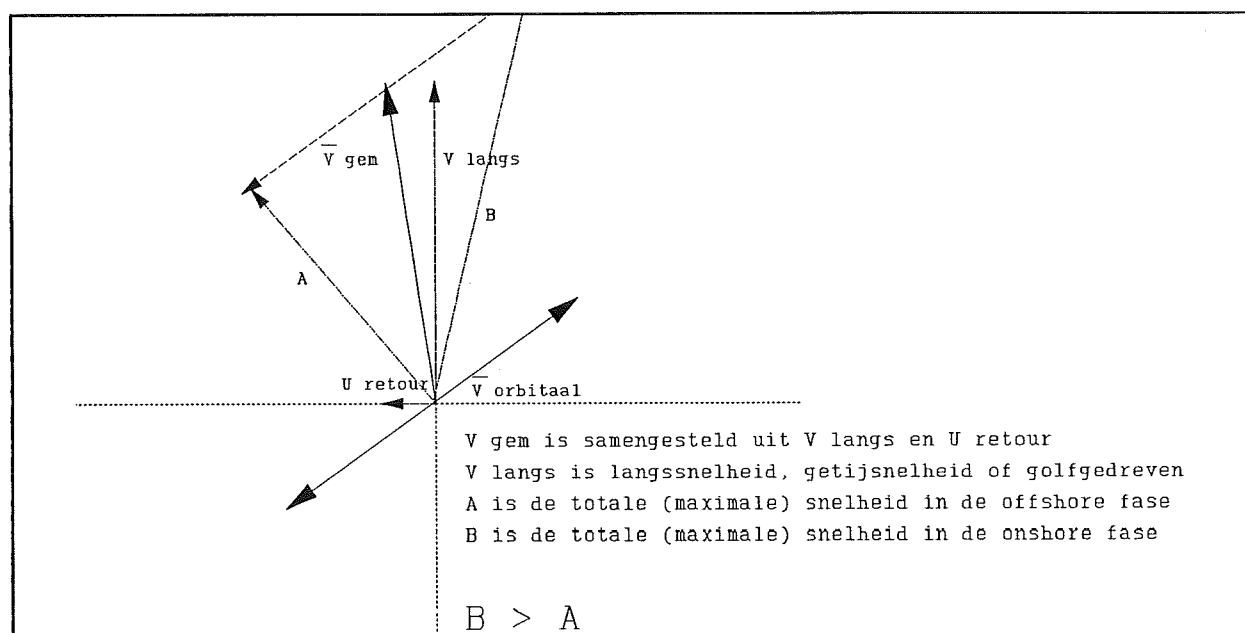
Term (IV) is een term die zodanig van α afhangt dat voor $\alpha = 45^\circ$ een maximum optreedt. Hiervoor staat nog een δ_v die weer van θ afhankelijk is. Deze term is derhalve nul als er geen langsstroom is.

In woorden geeft deze term de bijdrage aan veroorzaakt door de interactie tussen stroming en golven. Hiervoor verdelen we de golfbeweging aan de bodem in een onshore fase en in een offshore fase. Bij een (symmetrische) loodrecht invallende golf $\alpha=0$ is de resultante tussen de orbitaal snelheid en een langsstroming tijdens de onshore beweging net zo groot als tijdens de offshore beweging. Er is dan tijdsgemiddeld geen netto transport. Als een symmetrische golf scheef invalt onder een hoek α , is tijdens de onshore beweging de resultante van orbitaalsnelheid en langssnelheid groter dan tijdens de off-shore beweging. Deze absolute snelheid in het kwadraat werkt als een tijdsvariërende opwoelingsfactor; tijdens onshore beweging wordt er meer sediment opgewoeld en daardoor ook meer getransporteerd dan tijdens de offshore beweging. Dit mechanisme wordt gemodificeerd door de $\sin\alpha$. De x-component van de golfbeweging wordt gegeven door een $\cos\alpha$. Deze afhankelijkheid van $\sin\alpha\cos\alpha$ wordt versterkt omdat in de golfgeïnduceerde langssnelheid ook een evenredigheid met $\cos\alpha\sin\alpha$ is verdisconteerd. Zie voor verduidelijking van het boven beschreven mechanisme ook figuur 3A. In deze tekening is de rechter kantlijn de kust.

De termen zijn door de fysica aan elkaar gekoppeld. Golven die onder een hoek invallen induceren een langsstroming die niet verwaarloosd kan worden. Dit betekent dat bij α ongelijk aan nul automatisch ook θ ongelijk aan nul wordt. Hierdoor gaan de afhankelijkheden in de vier termen door elkaar spelen. Om het effect van de verschillende termen zo goed mogelijk in beeld te brengen zijn zes runs gemaakt waarmee de snelheden in langs en dwarsrichting uitgerekend worden. Er is aangenomen dat de term ten gevolge van asymmetrie nauwelijks afhangt van de golfinvalshoek. Dit wordt onderbouwd door het feit dat golfhoogte en orbitaalsnelheden weinig veranderen als gevolg van hoekveranderingen. De runs hebben als invoerparameters de H_{rms} en de T_{piek} van de zeegang uit hoofdstuk 2 ($H_{rms} = 1.5 \text{ m}$, $T_{piek} = 6 \text{ s}$). De variërende invoerparameter α (golfinvalshoek) voor de runs staat in Tabel I, tezamen met de berekende waarden op één locatie ($x \approx 8550 \text{ m}$) voor V_{langs} , U_{retour} , $U_{orbitaal}$ en de waarde van het sedimenttransport op dezelfde locatie. De verschillende termen uit verg 3.8 staan in tabel 1.

Met de V_{langs} en de U_{retour} wordt de absolute waarde en de hoek van de snelheidsvector uitgerekend. Met de $U_{orbitaal}$ ($\approx U_m$) kunnen δ_u en δ_v uitgerekend worden. Deze waarden staan in tabel 2.

In tabel 3 staat wat de waarden uit tabel 2 betekenen voor de verschillende



Figuur 3A. Invloed van α op het sedimenttransport tijdens een golfbeweging. Het sedimenttransport is evenredig met A^2 tijdens de offshore fase en met B^2 tijdens de onshore fase.

RUN	α	V_{langs}	$U_{\text{orbit.}}$	U_{retour}	S_x
1	0°	0 m/s	0.90 m/s	-.17 m/s	$-0.60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$
2	20°	0.85 m/s	0.90 m/s	-.17 m/s	$-0.20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$
3	40°	1.10 m/s	0.90 m/s	-.17 m/s	$+0.60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$
4	0°	0.75 m/s	0.90 m/s	-.17 m/s	$-0.75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$
5	20°	1.10 m/s	0.90 m/s	-.17 m/s	$-0.25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$
6	40°	1.37 m/s	0.90 m/s	-.17 m/s	$+0.80 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$

Tabel 1. De waarden van α en de berekende V_{langs} , U_{orbitaal} , U_{retour} en S_x voor de runs 1 t/m 6. In run 4, 5 en 6 is een langssnelheid opgelegd.

termen uit vergelijking 3.8.

De berekende sedimenttransporten, vermeld in Tabel 1, zijn uitgerekend met een suspended-loadbijdrage én een bodemhellingsterm volgens Bailard (vrg 1.1). Bij vergelijking tussen de verschillende runs onderling blijkt dat de verandering vooral ontstaat door term IV (variërend van 0 tot ca 1).

Deze term ontstaat doordat de langsstroom meetelt in het kwadraat van de absolute waarde van de snelheidsvector (vgl 3.2). De grote variatie ontstaat bovendien doordat ook de golfgeïnduceerde langssnelheid zelf evenredig is met $\cos\alpha \sin\alpha$. Term II, de term die door Stive verwaarloosd is, is in dit getallenvoorbeeld niet relevant. De δ_u is de verhouding van de retourstroom en de orbitaalsnelheid. De retourstroom is meestal kleiner dan de orbitaalbeweging. Deze verhouding ($\ll 1$) tot de derde macht geeft een zeer kleine bijdrage aan het totale sedimenttransport. De δ_v kan de waarde van 1 overschrijden. De

RUN	α	$ u $	Θ	δ_u	δ_v
1	0°	0.17 m/s	180°	-0.189	0
2	20°	0.87 m/s	101.31°	-0.190	0.948
3	40°	1.11 m/s	98.79°	-0.188	1.219
4	0°	0.77 m/s	102.77°	-0.189	0.834
5	20°	1.11 m/s	98.79°	-0.188	1.219
6	40°	1.38 m/s	97.08°	-0.189	1.522

Tabel 2. De absolute waarde en de hoek (Θ) van de snelheidsvector. Tevens staan de waarden van δ_u en δ_v weergegeven.

RUN	term I $u_m^3 \Psi_1 \cos \alpha$	term II $u_m^3 \delta_u^3$	term III $u_m^3 \delta_u (\frac{1}{2} + \cos^2 \alpha + \delta_v^2)$	term IV $u_m^3 \delta_v \cos \alpha \sin \alpha$	totaal
1	0.729 Ψ_1	-0.005	-0.207	0	0.729 Ψ_1 - 0.21
2	0.685 Ψ_1	-0.005	-0.322	0.248	0.685 Ψ_1 - 0.08
3	0.558 Ψ_1	-0.005	-0.354	0.784	0.558 Ψ_1 + 0.43
4	0.729 Ψ_1	-0.005	-0.303	0	0.729 Ψ_1 - 0.31
5	0.685 Ψ_1	-0.005	-0.395	0.417	0.685 Ψ_1 + 0.02
6	0.558 Ψ_1	-0.005	-0.469	0.979	0.558 Ψ_1 + 0.51

Tabel 3. De grootte (in m^3/s^3) van de afzonderlijke termen I, II, III en IV en de som uit vergelijking 9 voor run 1 t/m 6.

derde macht werkt dan juist versterkend in het totale transport. De invloed van de α op het sedimenttransport en op de morfologie, op diepten kleiner dan 5m kan groot zijn. Figuur 3.3 geeft weer wat het verschil is tussen een berekening over 100 dagen met realistische golfhoek ingevoerd als tijdreeks én met golfhoek gelijk aan nul. De berekeningen met $\alpha=0$ laten een onrealistische verandering zien aan de bank op $x \approx 8500$ m. De berekening met α geeft een resultaat wat in elk geval meer lijkt op de uitgangssituatie. Hiermee is nog niet aangetoond dat dit resultaat ook beter is.

HOOFDSTUK 4 'JAARREKENING'

Heeft de term 'jaarrekening' meestal een financiële betekenis, in dit hoofdstuk behelst het zandbudgetten. Met tijdreeksen van H_{rms} , T_{piek} , golfrichting en waterstand uit 1982 als invoer en een bodemprofiel van Egmond uit 1981 als beginprofiel is UNIBEST-TC gebruikt om de profielontwikkeling in de tijd als functie van de tijdreeksen uit te rekenen. De invoer tijdreeksen worden weergegeven in fig 4.1 en 4.2. Te zien is dat hoge H_{rms} samenvallen met hoge waterstanden. De T_{piek} heeft een eigenzinniger verloop; Lange golven ($T_{piek} > 10$ sec) en heel korte golven ($T_{piek} < 4$ sec) hebben beide veelal lage H_{rms} . Bij hoge H_{rms} horen golven met middelmatige T_{piek} (orde van 6 tot 8 sec). De golfrichtingen boven de 80° en onder de -80° zijn afgekapt; d.w.z. gelijk gesteld aan + resp. -80° . Aangenomen is dat buiten deze range het meenemen van golfeffecten eerder storing geeft dan zinnige effecten. De golfrichting is gegeven tenopzichte van de kustnormaal. Een golf met richting van -80° komt uit zuidelijke richting. Het assenstelsel is linksdraaiend met de positieve x-as loodrecht naar de kust gericht en de positieve y-as naar het noorden. Hierdoor veroorzaken golven met een positieve invalshoek (uit zuidelijke richting) een positieve (noordwaarts) langstransport. De jaarrekening is zonder foutmeldingen voltooid. Het profiel dat als invoer diende staat weergegeven in figuur 1.1. De resultaten zullen in vier gedeelten worden gepresenteerd en besproken.

- 1- Eerst worden enkele tijdreeksen van berekende grootheden getoond en besproken.
- 2- Daarna worden op 2 dagen (dag 69.5; een fikse storm en dag 181.5; een gewone dag) enkele grootheden als functie van x afgebeeld.
- 3- Vervolgens wordt de ontwikkeling van een profiel na een half jaar vergeleken met beschikbare waarnemingen.
- 4- De uiteindelijke T_0 -berekning.

4.1 Dwarstransport

Figuur 4.3 geeft op drie diepten ($H=-8$ m, $x=7900$ m, $H=-6$ m, $x=8030$ m en $H=-1.5$ m, $x=8610$ m) de berekende tijdreeksen van het cross-shore sediment transport. Het gemiddelde transport over dit jaar op een diepte van -1.5 m bedraagt 7.31×10^{-7} m³/s/m, (23 m³/jaar) op een diepte van -6 m is dit 5.2×10^{-7} m³/s/m (16 m³/jaar) en op -8 m diepte 1.66×10^{-7} m³/s/m (5 m³/jaar). Het transport op -1.5 m diepte is dus een factor 5 groter dan op -8 m. Bovendien is het gemiddelde transport 2 orden kleiner dan gedurende stormen. De grootste piek in de tijdreeksen ligt voor -8 m op dag 69.5, voor de diepte -6 m op dag 350 en op -1.5 m diepte vindt er een maximaal transport plaats op dag 98. Op dag 96.5 vindt een graduele toename van het transport bij nadering van de kust. Op dag 98 is het transport op -8 m tegengesteld aan dat op -6 m. Dag 350 is nog bonter; op -8 m is er een negatief (=offshore) transport, op -6 m een groot onshore transport en op -1.5 m weer een groot offshore transport.

4.2 Langstransport

De volgende prent in de bijlage, fig 4.4, geeft voor dezelfde x-locaties en bijbehorende diepten het berekende langstransport. Aan de resultaten is te zien dat de bulk van het transport noordwaarts gericht is. Het gemiddelde transport op -8 m diepte is -2.88×10^{-7} m³/s/m. Op een diepte van -6 m is dit

opgelopen tot $-21.6 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$, en dicht onder de kust, op -1.5 m diepte bedraagt het gemiddelde transport $-3.91 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ per jaar (komt overeen met $1200 \text{ m}^3/\text{m}$. (Merk op dat de schaal bij de bovenste figuur uit fig 4.4 tweemaal zo groot is.) De x-gradiënt in het langstransport is dus aanzienlijk.

4.3 Kustlijn ontwikkeling

Figuur 4.5 geeft de ontwikkeling van de waterlijn weer. Allereerst valt de aanpassing op na het starten van de run. Verder is te zien dat bij elke keer wanneer de H_{rms} de waarde van ca 1 m overschrijdt, de kustlijn achteruitgaat tot dag 98. Tussen dag 98 en 325 vindt licht herstel plaats samenvallend met een rustig-weer periode gezien de tijdreeks van H_{rms} . Op dag 325 ($H_{\text{rms}}=2.4 \text{ m}$) vindt weer een sterke achteruitgang plaats. De hoge H_{rms} op dag 350 ($H_{\text{rms}} = 2.6 \text{ m}$) heeft echter nauwelijks invloed op de positie van de waterlijn. De reactie van de waterlijn positie op het verloop van de H_{rms} verloopt fraai volgens de theorie; Tengevolge van stormen treedt achteruitgang van de kustlijn op. Tijdens rustige perioden vindt langzaam herstel van de kustlijn plaats. Het effect van een eerste storm na een periode met rustig weer zorgt ervoor dat een tweede storm minder schade aanricht.

4.4 Storm versus rustig weer

De profielen op de dagen 69.5, 181.5, 301 en 350 zijn te zien in de figuur 4.6. Globaal gezien lijken de profielen veel op elkaar. Het valt op dat de bank tussen 8600 & 8700 m wél aanwezig is in het profiel op $T=0$, maar in de andere profielen weggevaagd is. Verder vervlakt de bank op 8100 m. De vervlaking van de bank op $x=8700 \text{ m}$ vindt blijkbaar plaats vóór dag 69.5. In figuur 4.7 staan de berekende profielen afgebeeld voor de eerste 5 dagen, gefocussed op het traject 8400m-8800 m. Hieruit blijkt dat het afvlakken van de bank plaats vindt gedurende de eerste periode van de modelrun. De golfcondities op de dagen 69.5 en 181.5 zijn geheel verschillend. Op dag 69.5 heerst er een storm die golfhoogtes veroorzaakt van meer dan 2.5 m. In figuur 4.8 staat het bodem profiel, de H_{rms} en de dissipatie weergegeven. De dissipatie is nu ca 2.5 maal zo groot dan bij golven met H_{rms} van 1m (fig 2.1). De U_{retour} neemt nu waarden aan van -30 cm/s. Dit gaat gepaard met een offshore dwarstransport dat een factor 250 groter is dan het jaarlijks gemiddelde. De verhouding dwars/langs transport is ongeveer $\frac{1}{2}$ op de pieken. Op het gebied $x=7500\text{-}7800 \text{ m}$ is het offshore dwarstransport groter dan het langstransport. Dag 181.5 geeft een tegengestelde situatie weer (figuur 4.10). De golfhoogte van 60 cm neemt langzaam af. De meeste golven breken op $x=\text{ca } 8600 \text{ m}$. Hiervóór vindt een klein onshore transport plaats (fig 4.11) gevolgd door een kleine retoursnelheid van -12 cm/s. Ondanks deze U_{retour} is er een onshore sediment transport en is de verhouding dwars/langs transport klein ($1/5$).

4.5 Bodemontwikkeling vergeleken met metingen

In dit onderdeel van het hoofdstuk wordt gekeken naar de berekende ontwikkeling van een bodem profiel na een half jaar. Hiervoor is een ander profiel gebruikt dan waarmee in het voorgaande is gerekend. Figuur 4.12 geeft dit profiel weer. Na een korte periode van 10 dagen is weer een meting verricht. Deze meting wordt in figuur 4.13 vergeleken met de berekende profiel ligging na dezelfde periode. Wederom valt op dat de bank die het dichtst bij de kust ligt vervlakt. Het profiel wordt op $x=6400 \text{ m}$ wel wat minder steil dan de

gemeten profielen. (Tussen de gemeten profielen op 25-2 en 8-3 is weinig verschil; In de tussenliggende periode was het rustig weer met slechts één kleine storm op dag 62.5 met een Hrms van 1.8 m.) Op 25 september (dag 267) is weer een gemeten bodem profiel beschikbaar. Figuur 4.14 geeft het berekende en het gemeten profiel weer. De zeewaartse bank vervlakt langzaamaan, terwijl de bank aan de kustzijde verdwenen is. Opgemerkt dient te worden dat uit recente gegevens van Egmond-profielen blijkt dat bij tijdsmiddelingen van de 'Jarkus'-profielen van Egmond geen banken te zien zijn (Notitie Wijnberg et.al. 3760/42 NCK, maart 1992). Het verschil tussen de gemeten en berekende profielen staat nog eens weergegeven in figuur 4.15. De systematiek in de verschillen is gekoppeld aan de banken; Op een bank berekent UNIBEST-TC een te lage bodemligging, na een bank een te hoge ligging (banken op x=5950 m en op x=6250 m).

4.6 T0-berekening

De uiteindelijke T0 berekening is uitgevoerd met het profiel uit hoofdstuk 1 omdat hiervan ook de tijdreeksen gepresenteerd zijn. De bodemligging op T=0 en één jaar later staat geschetst in figuur 4.16. De berekende bodem ligging wijkt niet veel af van de initiële. Qualitatief gebeurt er hetzelfde als we eerder gezien hebben; de bank op x= 8100 m is afgevlakt en het dal op x=8650 m is opgevuld. Toch ligt de berekende bodem rondom de initiele bodem, terwijl er wel sediment transporten berekend zijn. Dit is te zien in de laatste figuur, fig 4.17 waarin de zand volumes als functie van de tijd van 4 secties (met een ondergrens op 10 m onder zeeniveau) weergegeven zijn. De volumina fluctueren wel maar blijven rondom dezelfde waarde schommelen. Er vindt wel uitwisseling plaats in de actieve zone tussen de twee nearshore secties.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

UNIBEST-TC is een model dat dwars transporten berekent met op z'n minst de goede orde van grootte. Tevens bepaalt het gradienten in het dwarstransport als functie van de plaats en van de tijd. De bijbehorende bodem veranderingen leiden het profiel naar een evenwichtsligging zonder banken.

Met alleen dwarstransport zoals dat in UNIBEST-TC gemodelleerd is kan het bestaan van banken niet verklaard worden. Hieruit kan geconcludeerd worden dat óf voor het bestaan van de banken het langstransport beschouwd moet worden óf dat essentiële mechanismen voor het bestaan van banken nog niet in UNIBEST-TC ingebouwd zijn. Het zou daarom goed zijn een T1 of T2 berekening uit te voeren op het moment dat het effect van lange golven en wind- en dichtheidseffecten ingebouwd zijn. Hiervoor is echter nog wel onderzoek nodig. Denk b.v. aan de mogelijke invloed van afluiddige wind. Het gemodelleerde gedrag van de kustlijn is kwalitatief zeer realistisch, en leent zich goed voor een kwantitatieve vergelijking met kustlijn waarnemingen. Aanbevolen wordt om deze berekeningen over langere termijn te vergelijken met waarnemingen.

Uit de beschouwing over de invloed van de golf invalshoek moet geconcludeerd worden dat er tussen langs- en dwarstransport (middels de snelheden) een zeer sterke interactie is. Een zuivere langstroom zou 'termen op nul' zetten die door aanwezigheid van een retourstroom opeens een essentiële bijdrage leveren aan het dwarstransport (term III in vergelijking 3.8).

Het model biedt nog een goede mogelijkheid om het lot van een zandsuppletie te bestuderen. Zeker gezien de invloed van de golf invalshoek zou dit een nuttige exercitie zijn bij de studie naar vooroever suppleties.

GWAO - 92.194X

Literatuur

Bailard, J. A., *An energetics total load sediment transport model for a plane sloping beach*, J.Geophys. Res...,86, 10,938-10,954, 1981.

Bailard, J.A. and D.L. Inman, *An approach to the sediment transport problem from general physics*, U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., 422-I, 1966.

Guza, R. T. and E.B.Thornton, *Velocity moments in nearshore*. J. of Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng., Vol111 No 2. 1985.

Longuet Higgins, M.S. *Mass transport in water waves*. Phil. Trans. A, 245,535-81 1953.

Ribberink, J.S. and A. Al-Salem, *Sediment transport, sediment concentrations and bedforms in simulated asymmetric wave conditions*. Report H 840 of Delft Hydraulics. 1991

Roelvink, J.A. and M.J.F. Stive, *Bar generating cross-shore flow mechanisms on a beach*. J.Geophys.Res, vol94 pp4785-4800. 1989.

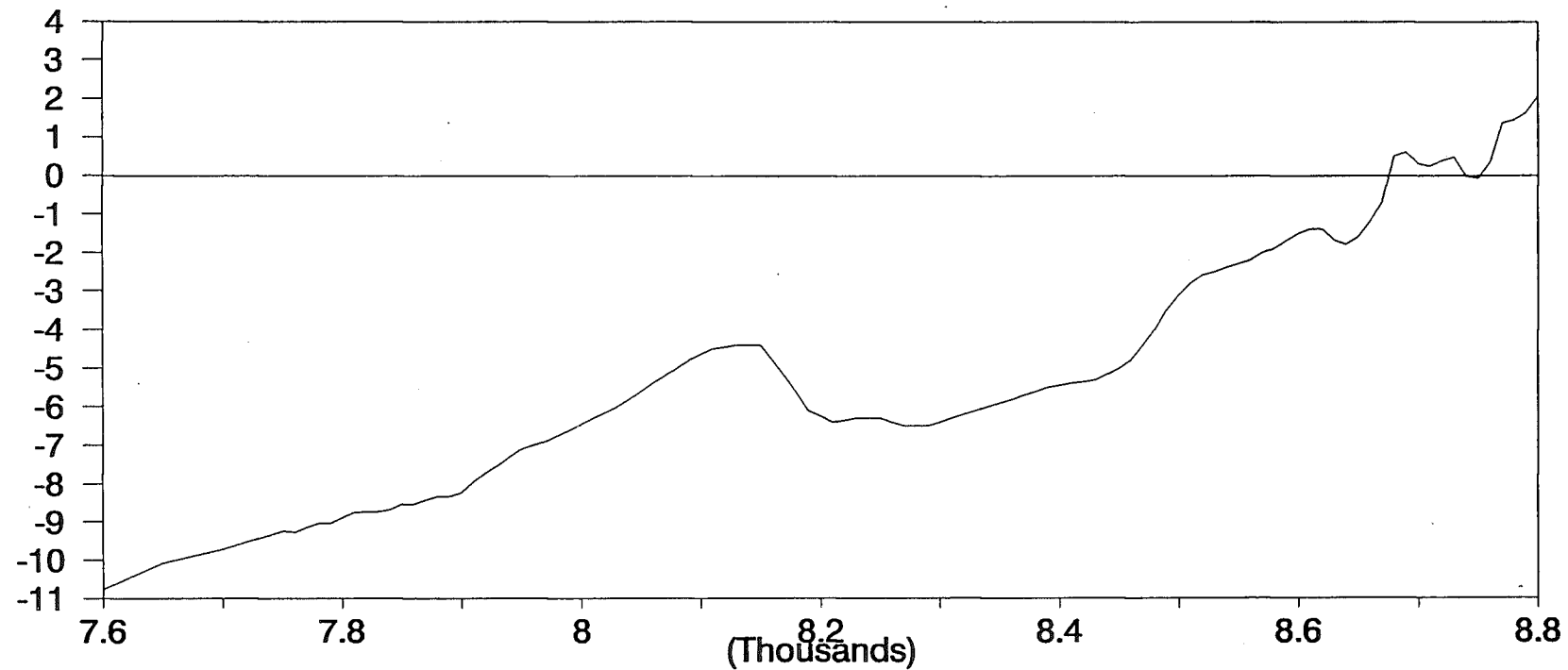
Saizar, A. *The Egmond aan Zee Field Campaign Nov -Dec 1989 and the use of the data for validation of a cross-shore sediment transport model*. M Sc Thesis Report HH54 of the International Institute for Hydraulic and environmental engineering. 1990

Stive, M. J. F., *A model for cross-shore sediment transport*, in Proceedings of the 20th International Conference on Coastal Engineering, pp 1550-1564, American Society of Civil Engineers, New York 1986.

UNIBEST-TC User's Guide (draft). Part 1 Manual, Delft Hydraulics. March 1992.

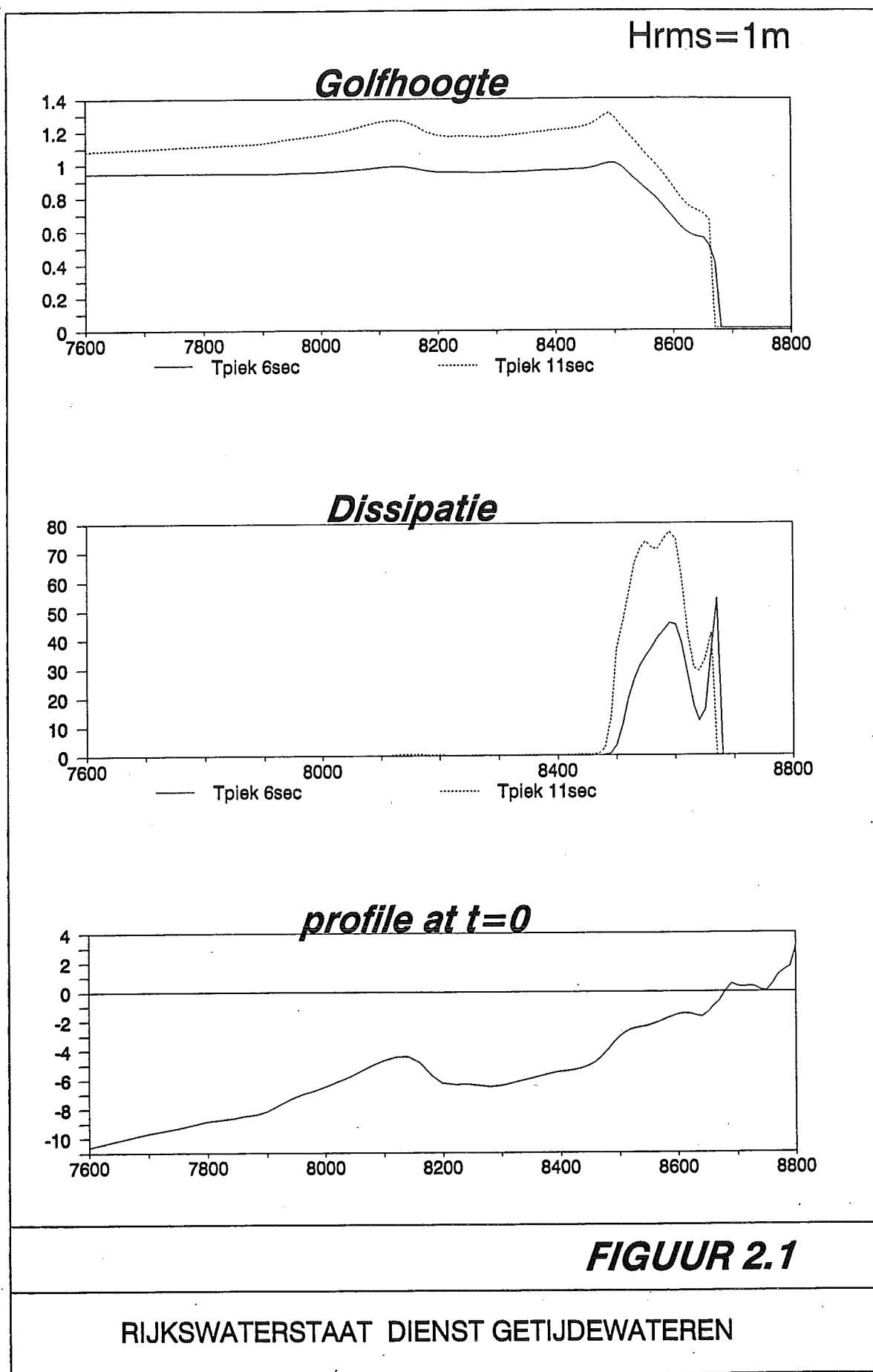
Wijnberg, K., P. van Vessem en J.van de Graaff. *Notitie over de verschillen en overeenkomsten tussen kustprofielen bij Delfland, Noordwijk en Egmond*. NCK/NCCR 1992.

BOTTOMPROFILE AT T=0

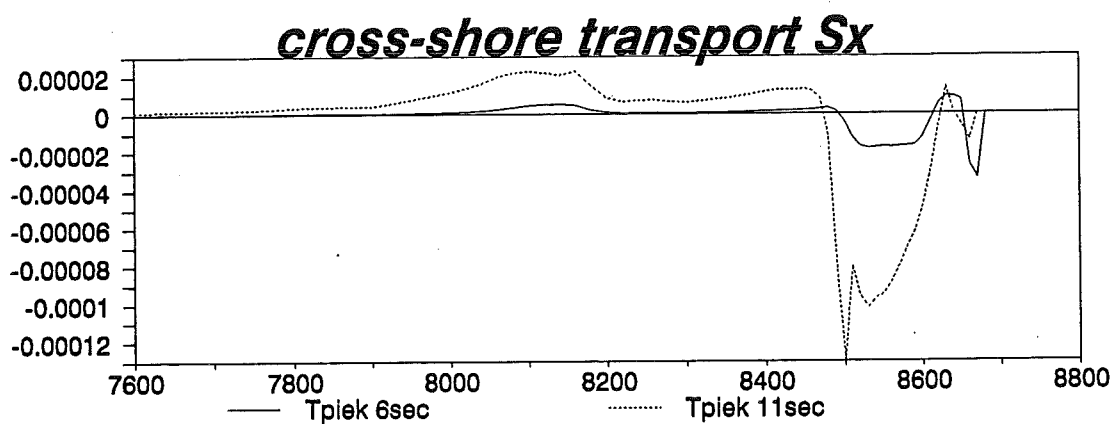
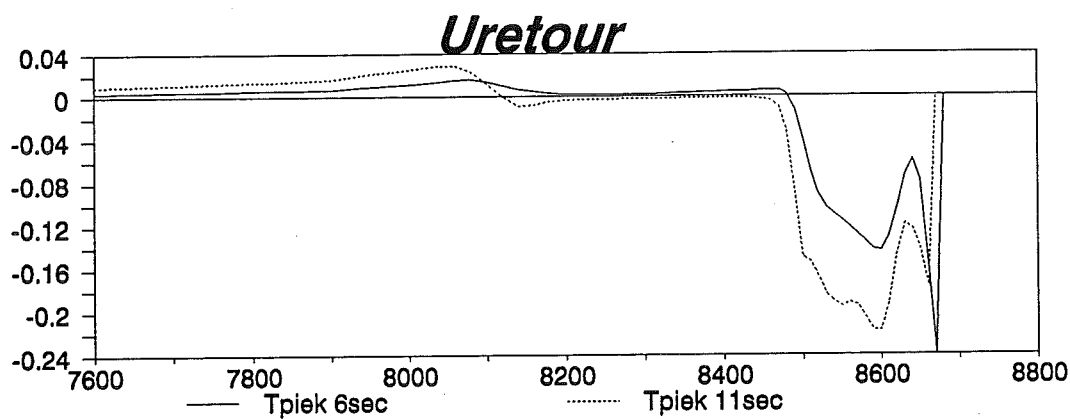
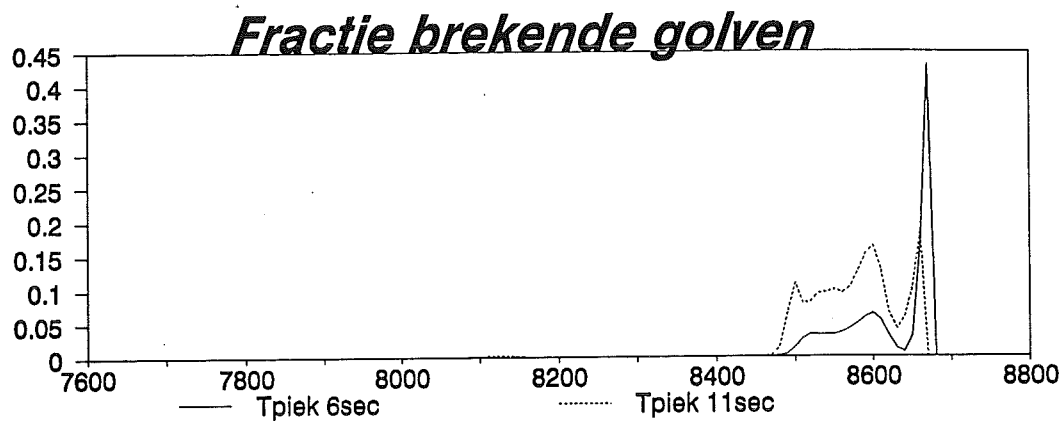


FIGUUR 1.1

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN



Hrms=1m

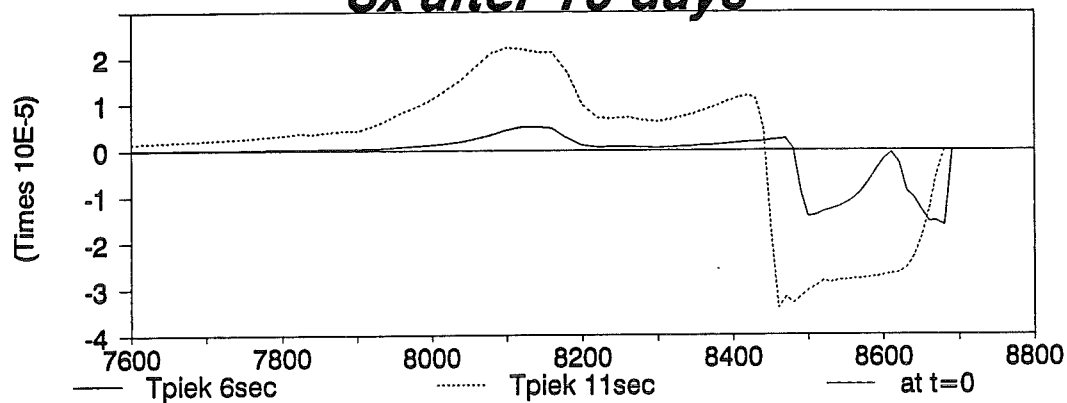


FIGUUR 2.2

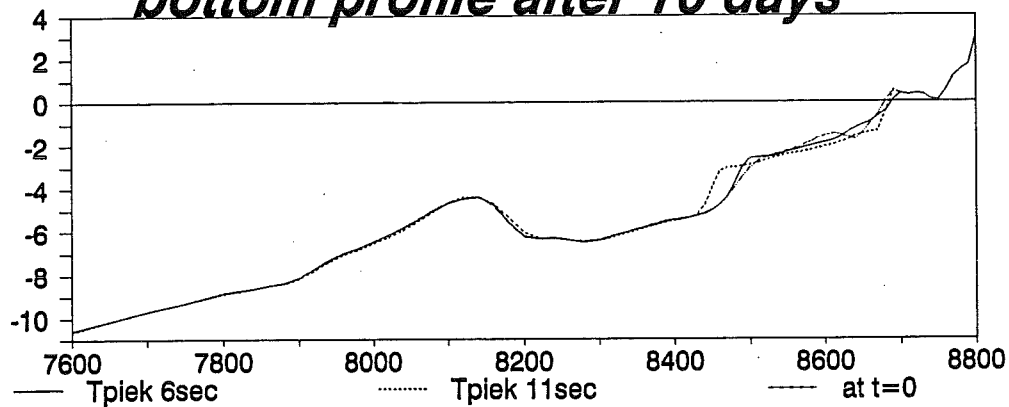
RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

Hrms=1m

Sx after 10 days

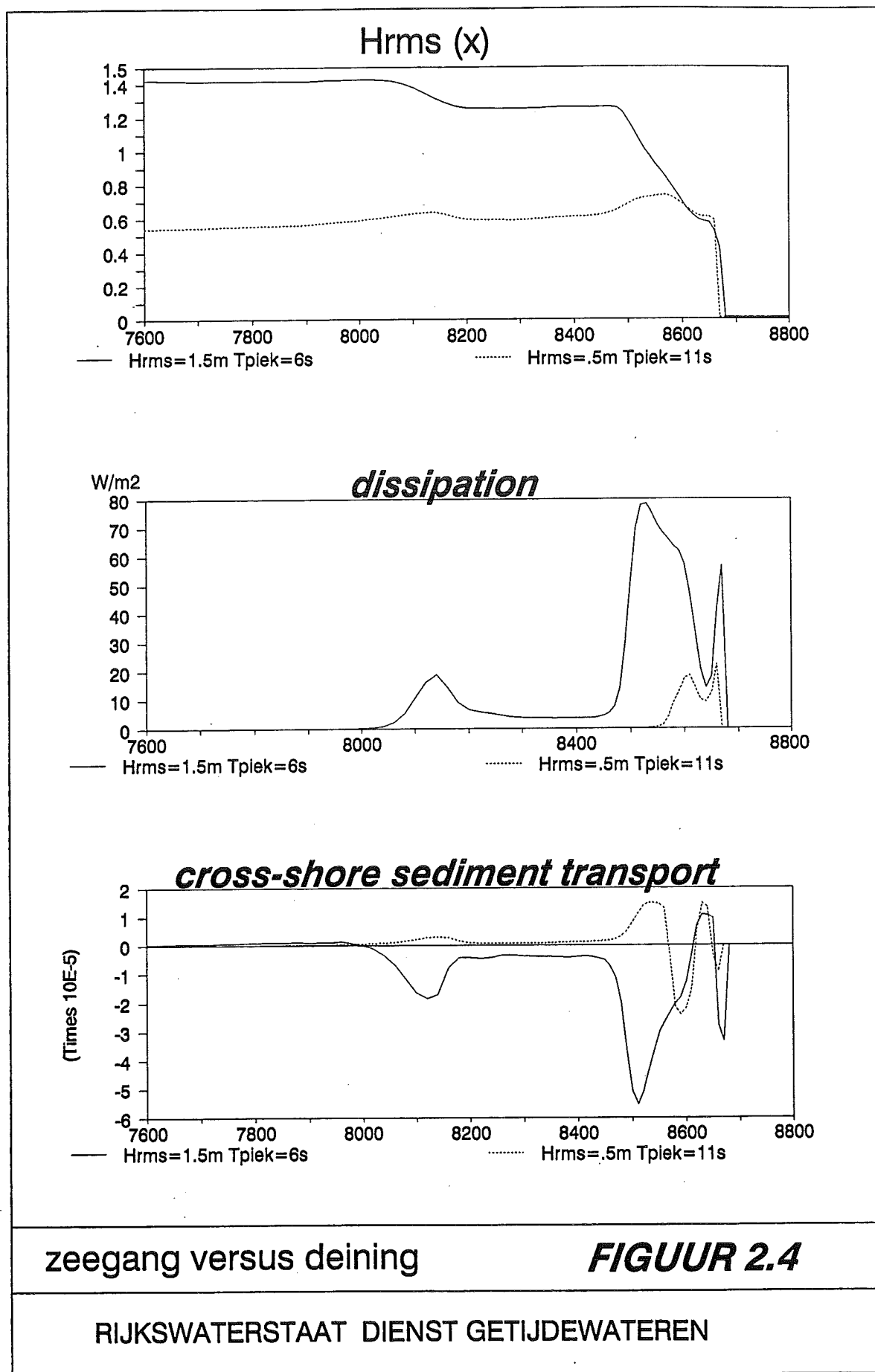


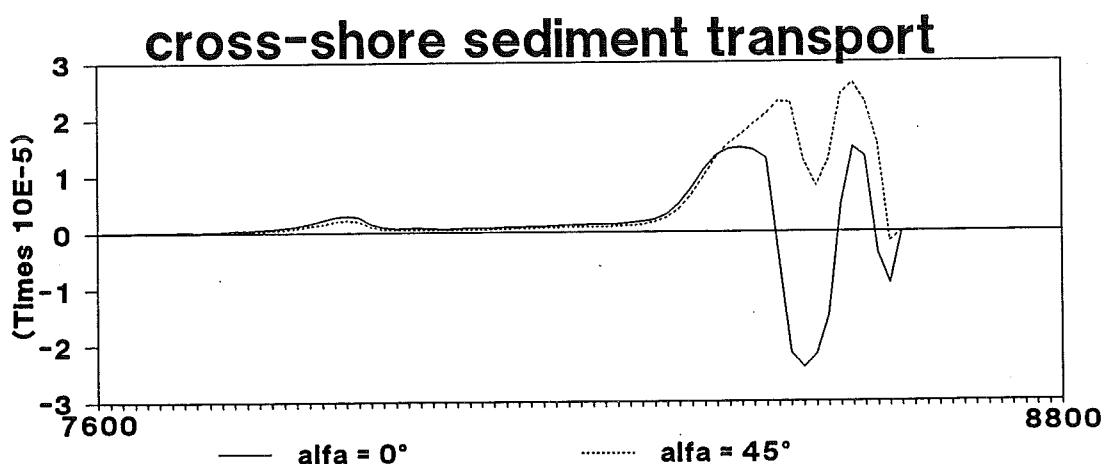
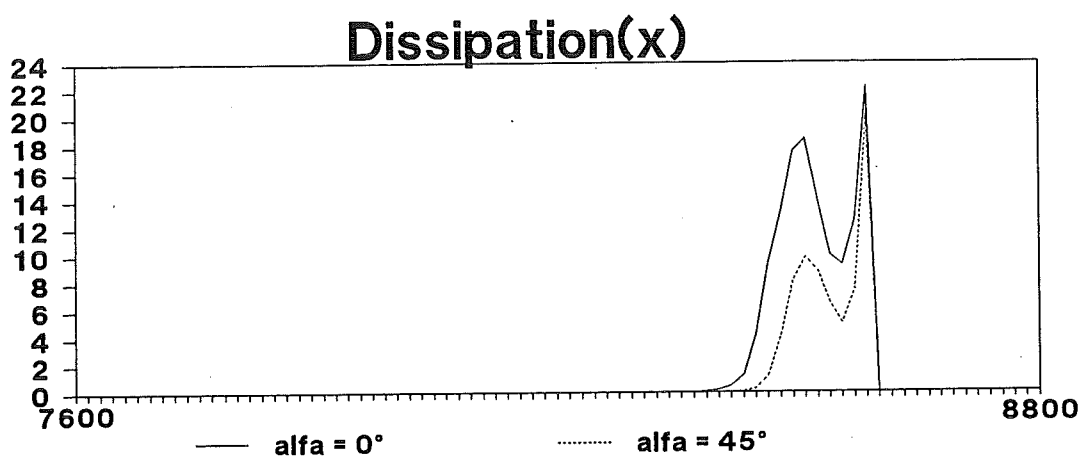
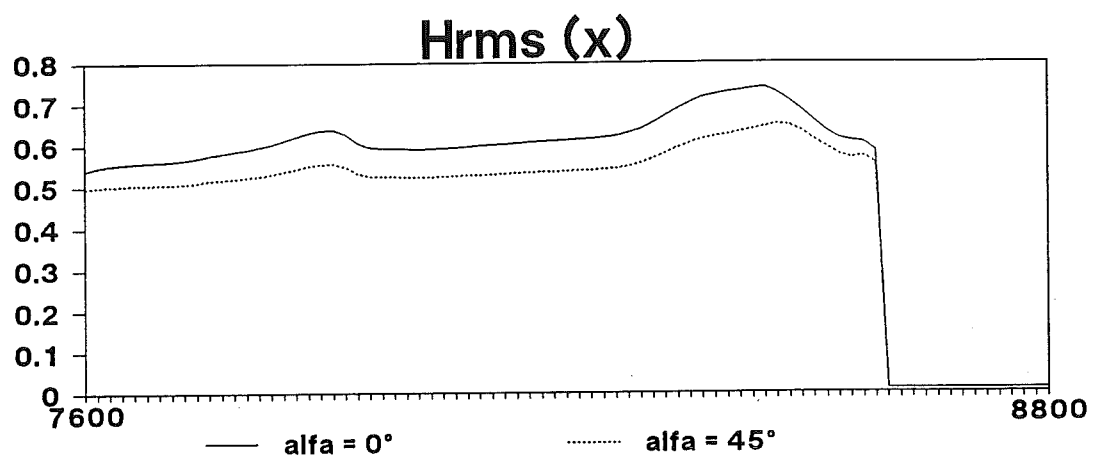
bottom profile after 10 days



FIGUUR 2.3

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN



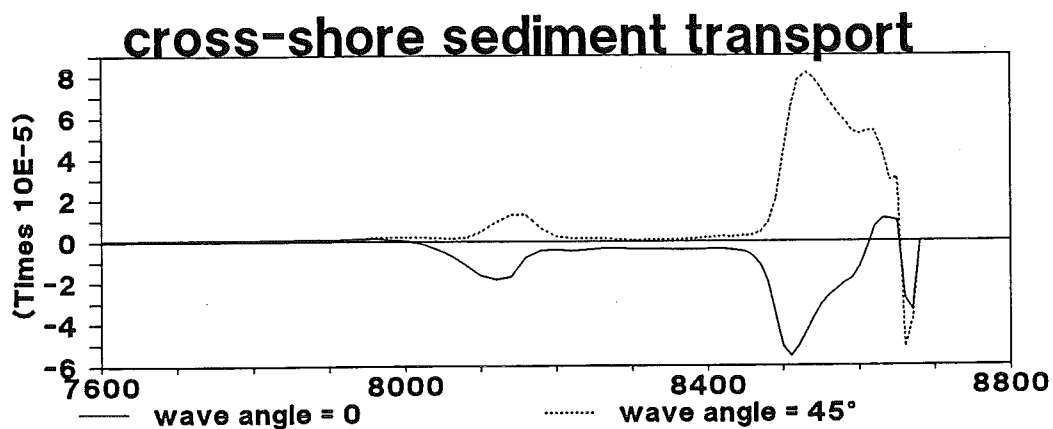
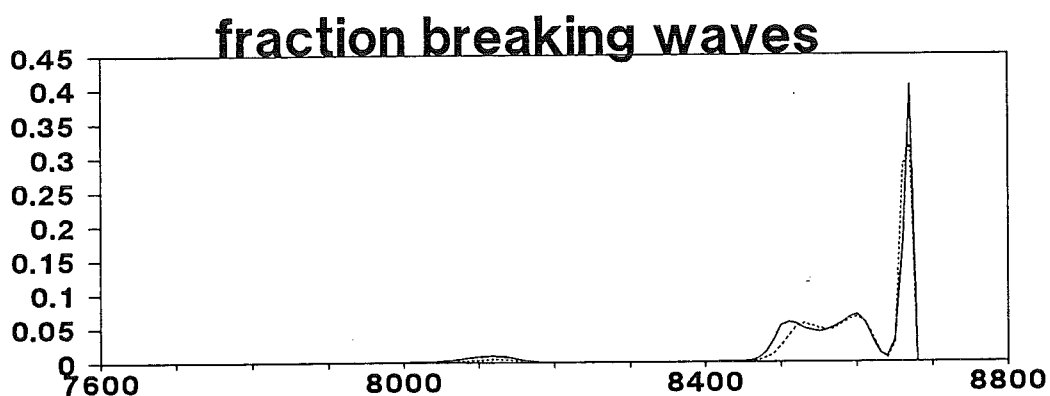
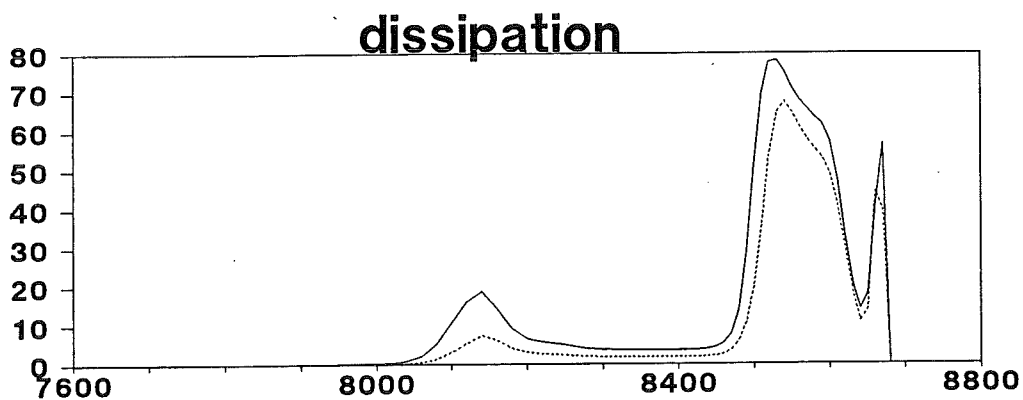
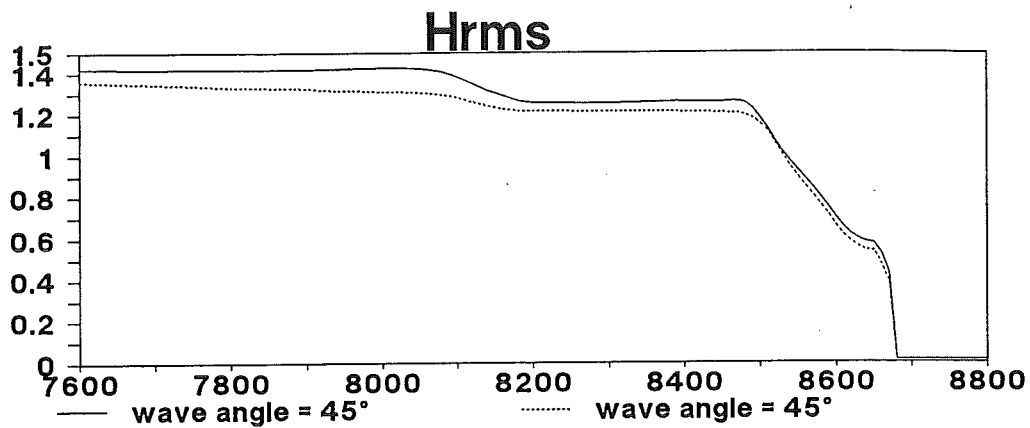


Hrms(0)=0.75m Tpiek(0) = 11 sec

influence of alfa on swell

FIGUUR 3.1

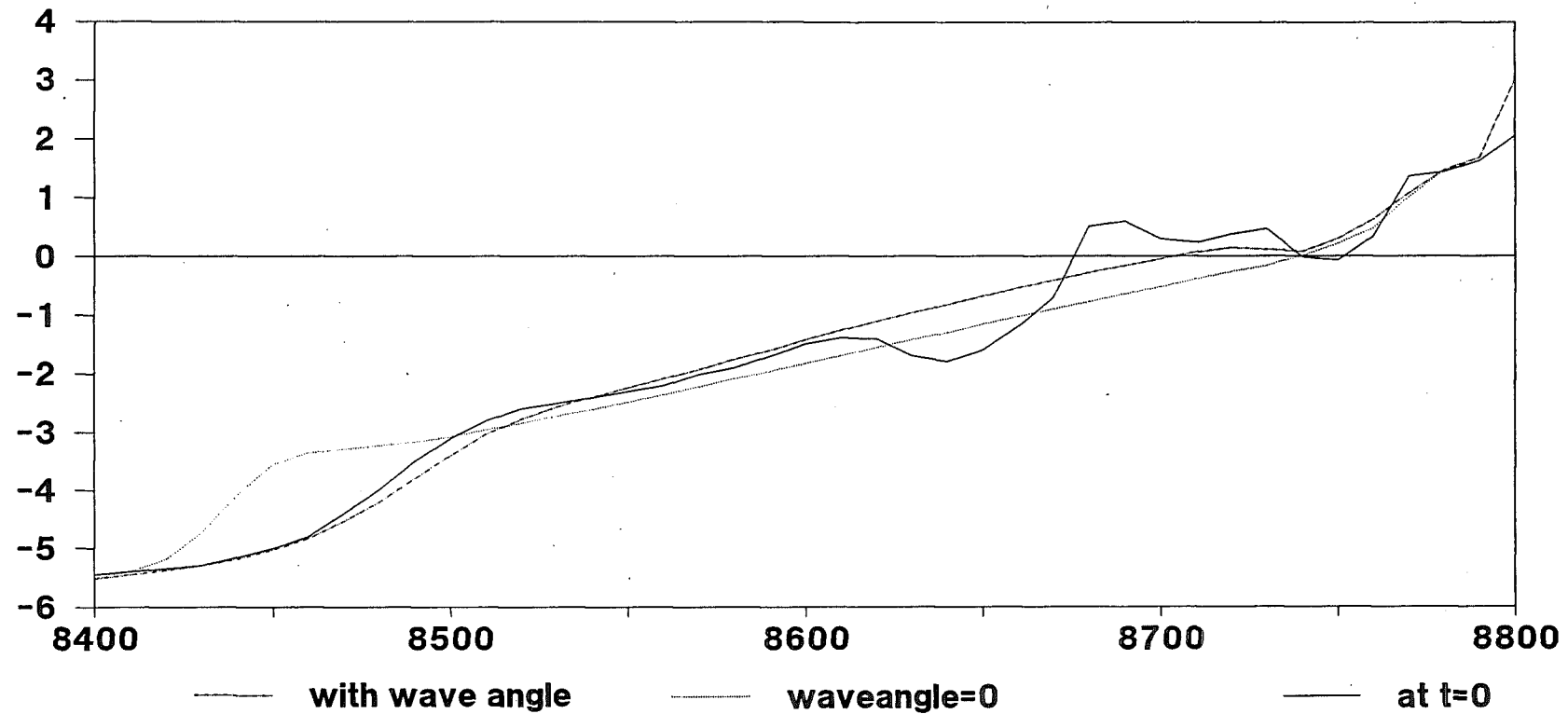
RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN



influence of alfa on zeegang

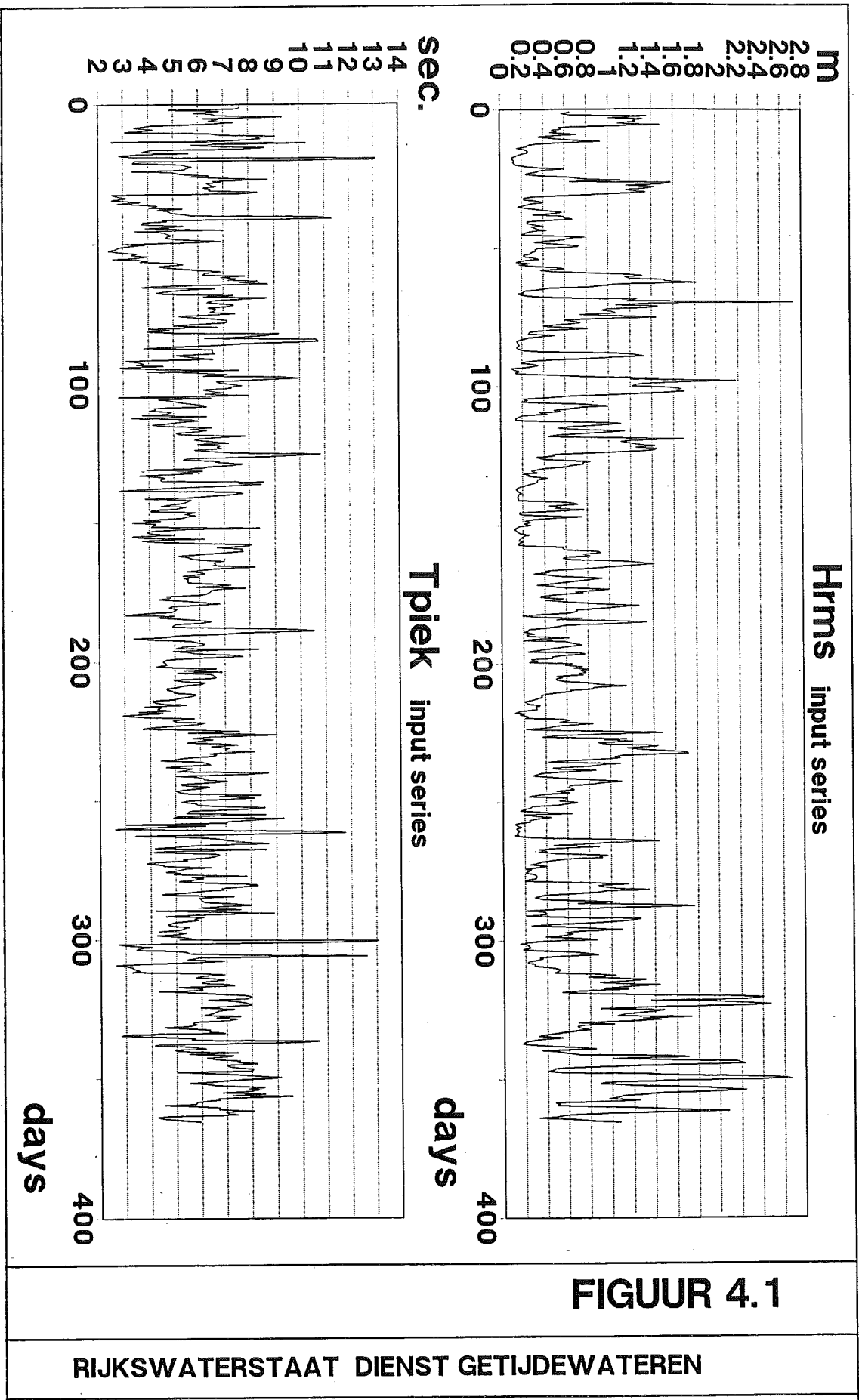
FIGUUR 3.2

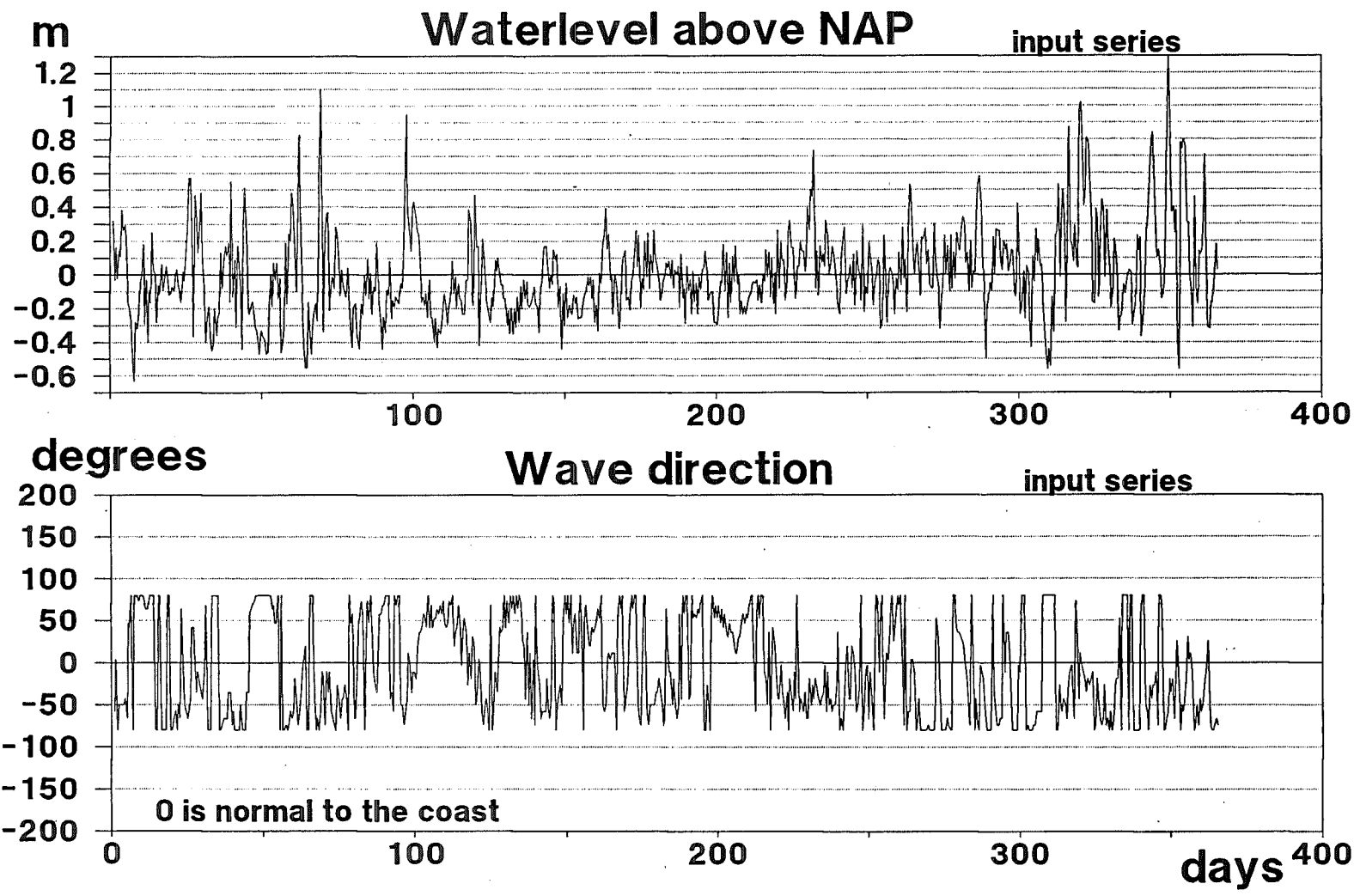
INFLUENCE OF WAVE ANGLE AFTER 100 DAYS



FIGUUR 3.3

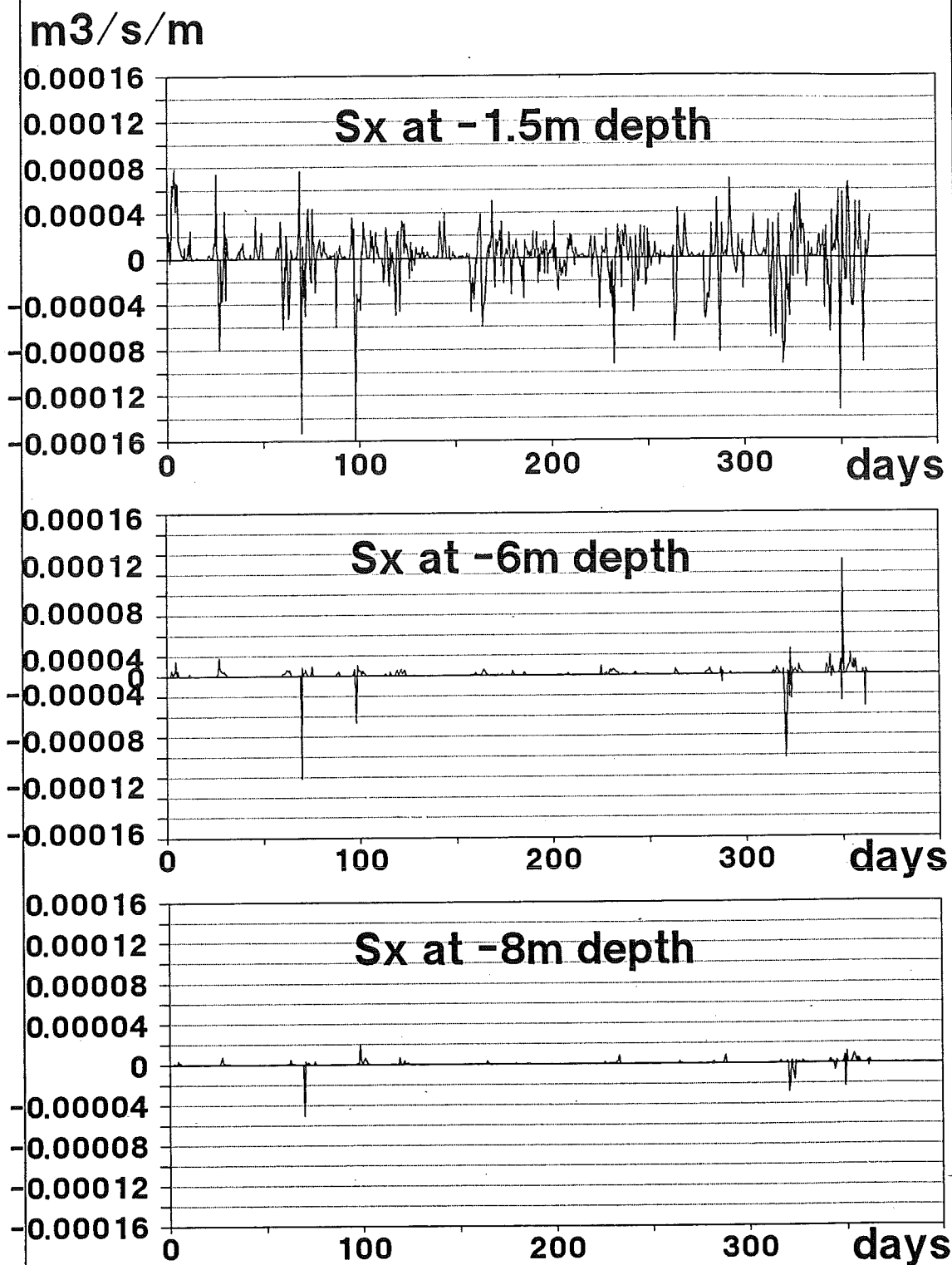
RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN





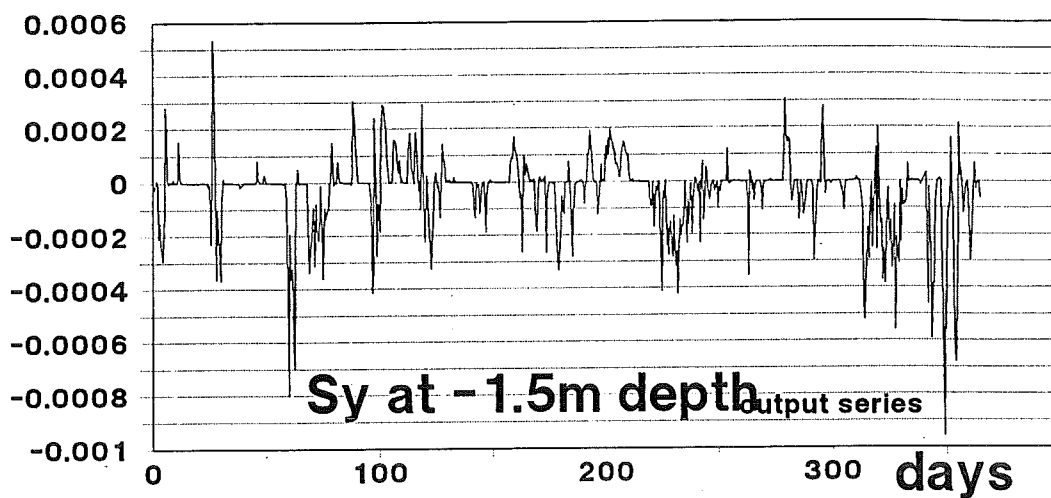
FIGUUR 4.2

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDWATEREN

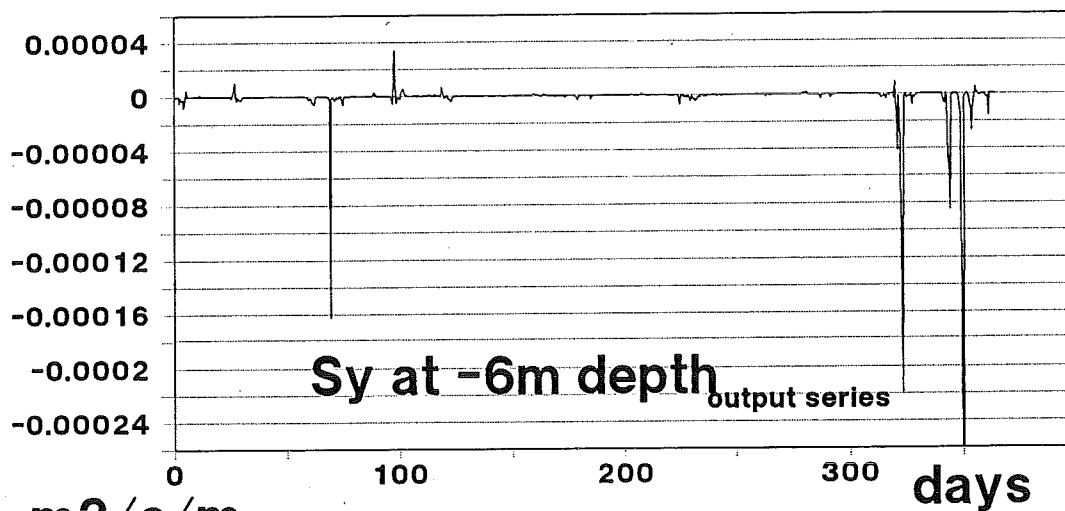


FIGUUR 4.3

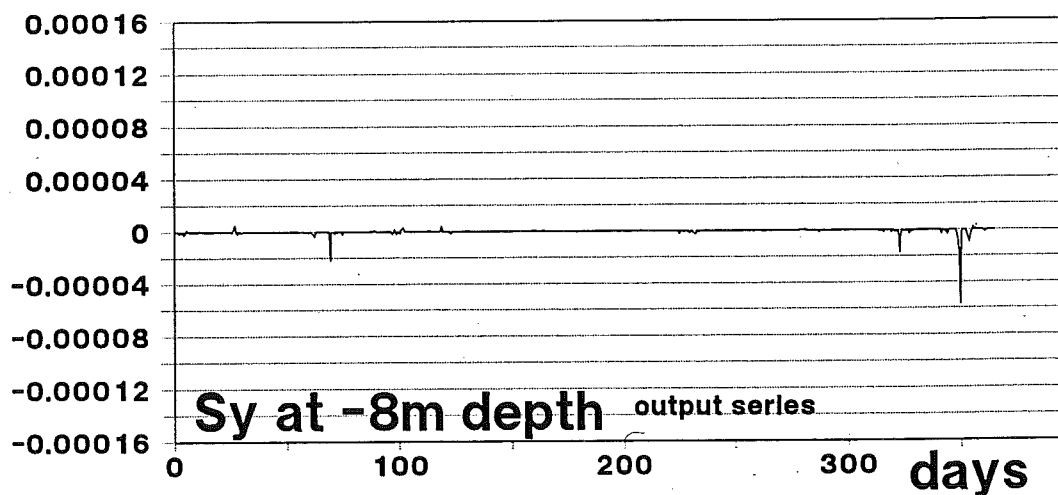
m³/s/m



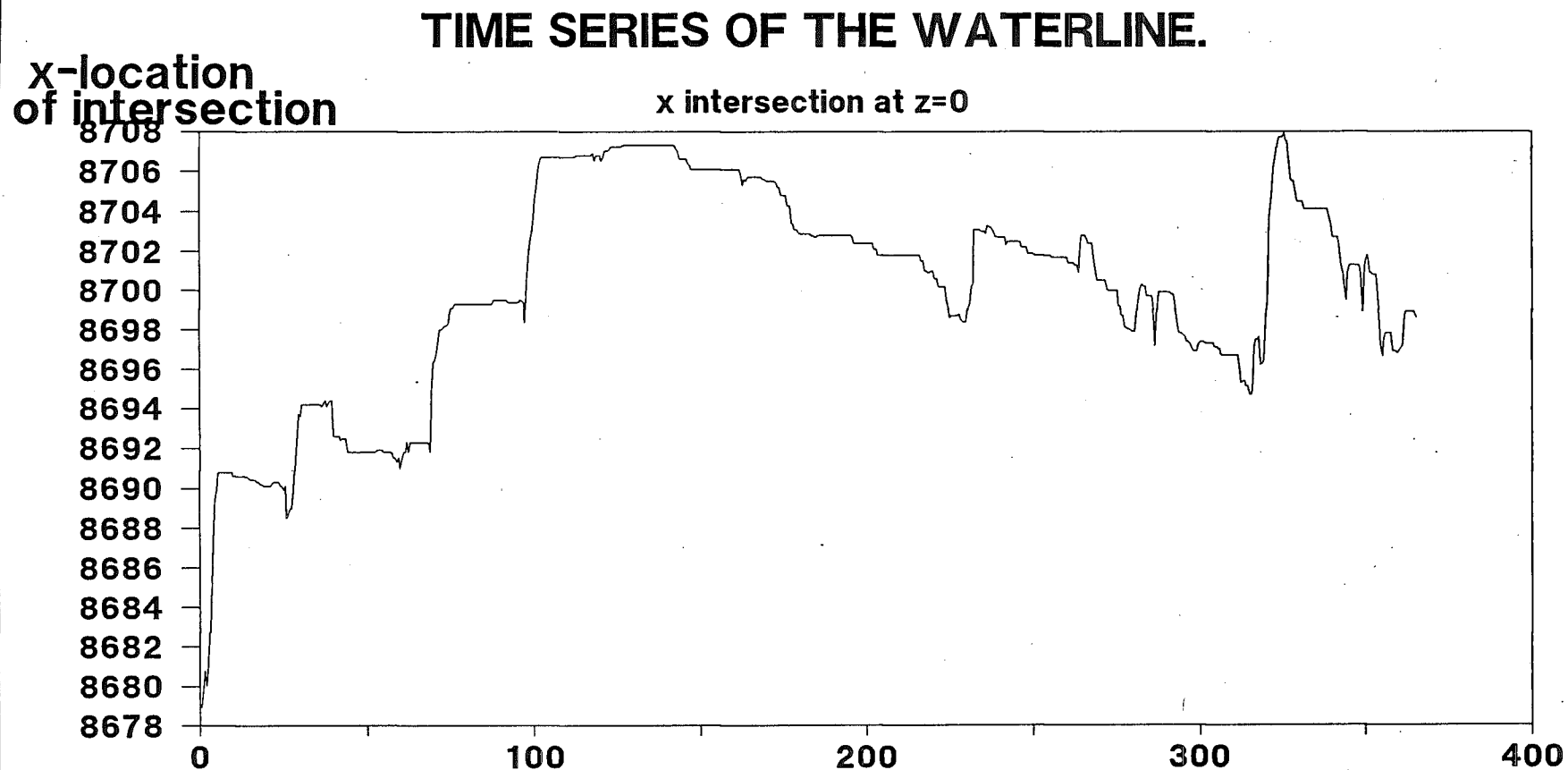
m³/s/m



m³/s/m



FIGUUR 4.4

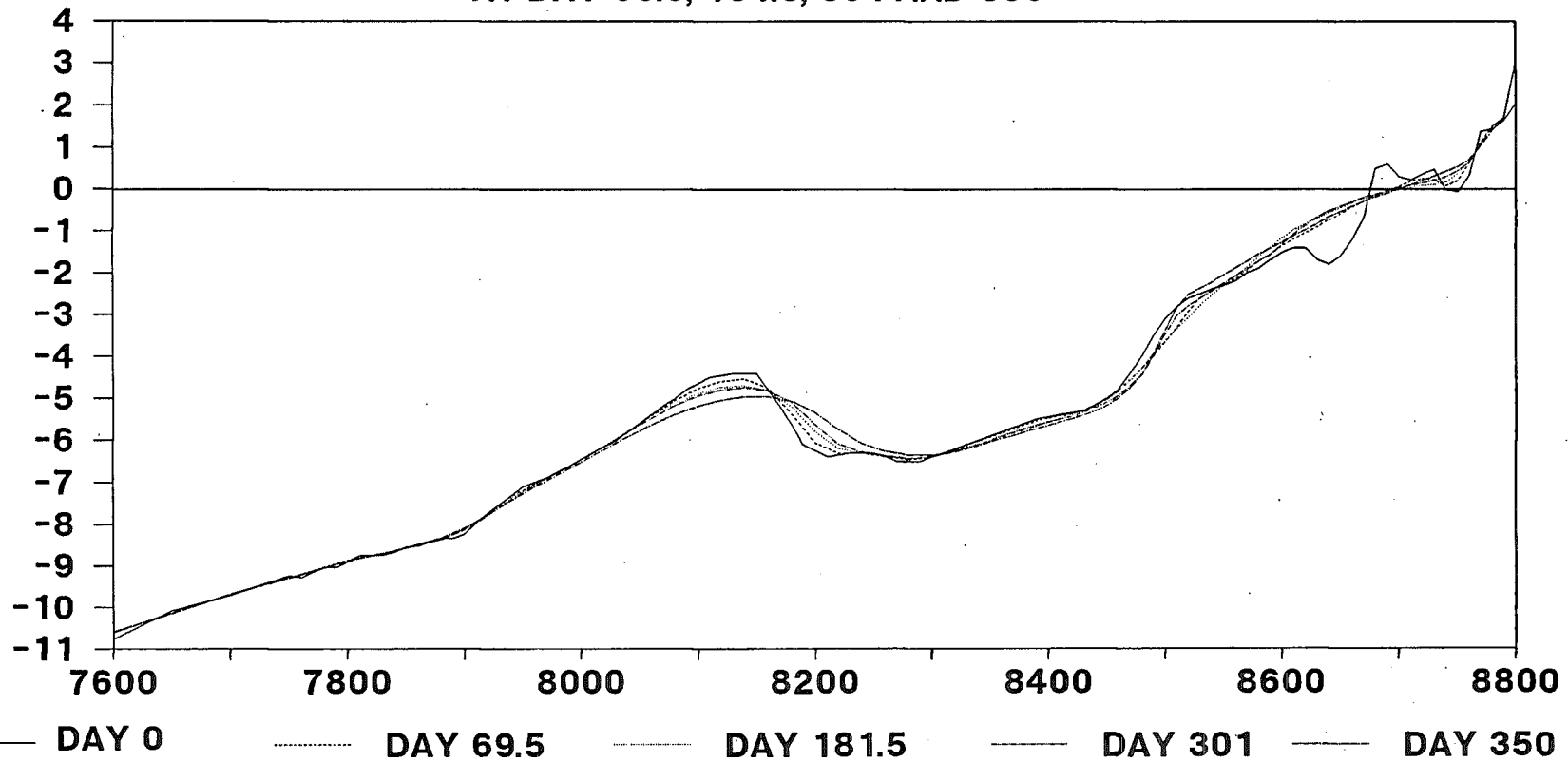


FIGUUR 4.5

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

BOTTOM-PROFILES

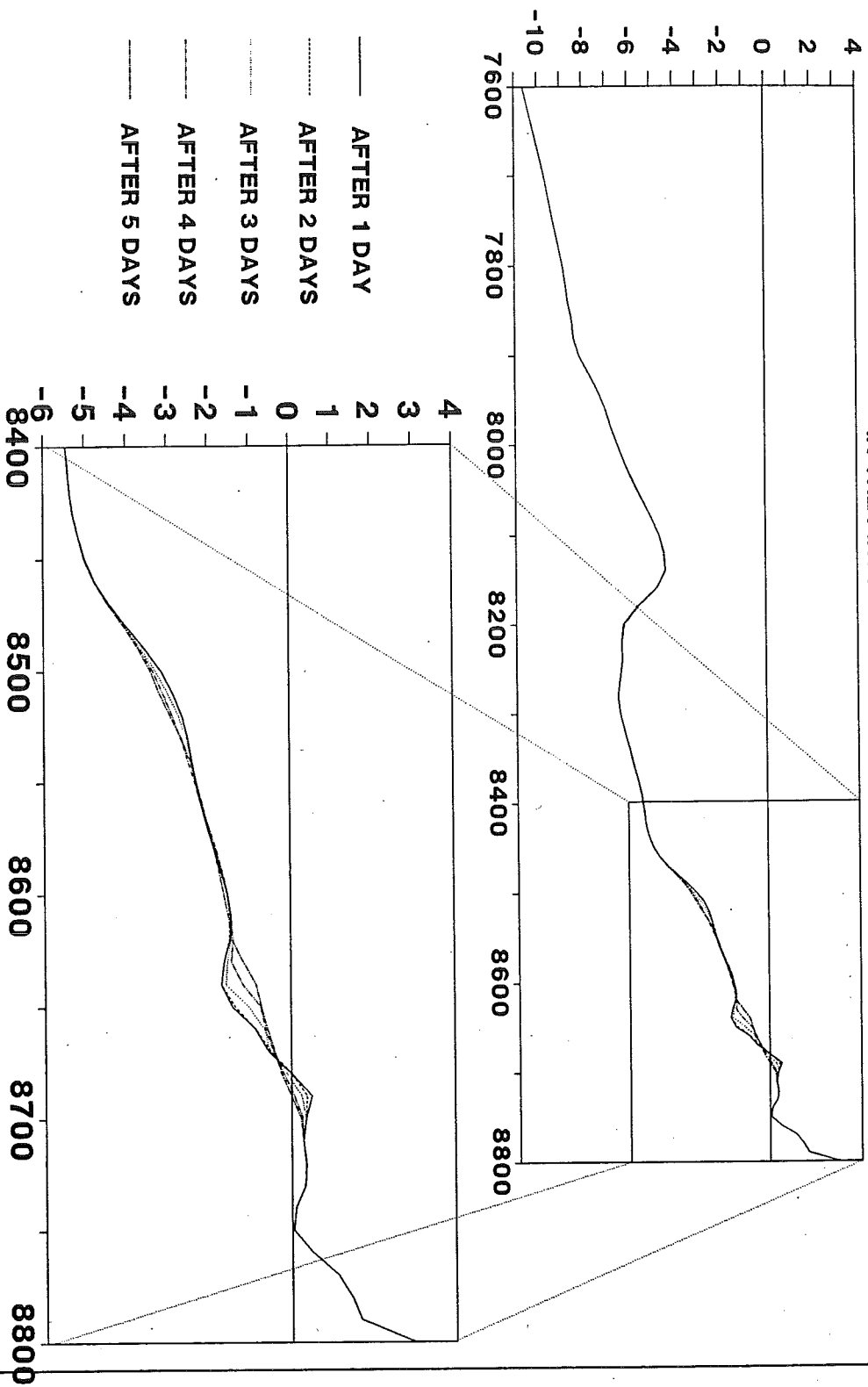
AT DAY 69.5, 181.5, 301 AND 350



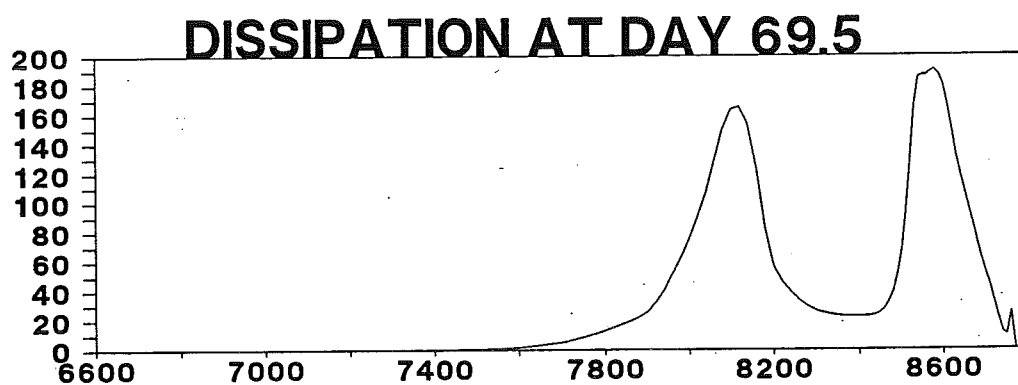
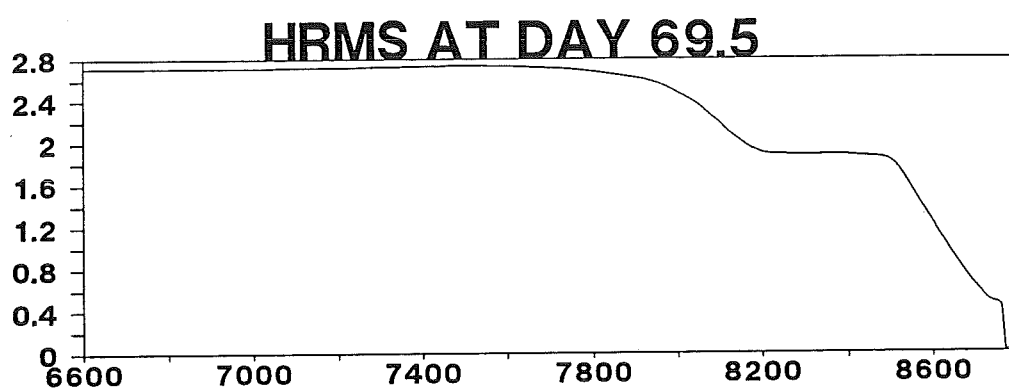
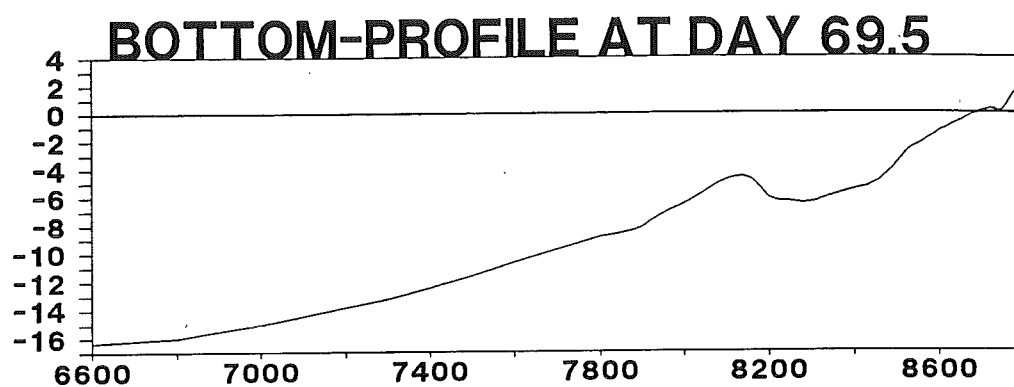
FIGUUR 4.6

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

DEVELOPMENT OF THE BOTTOM PROFILE IN THE FIRST FIVE DAYS

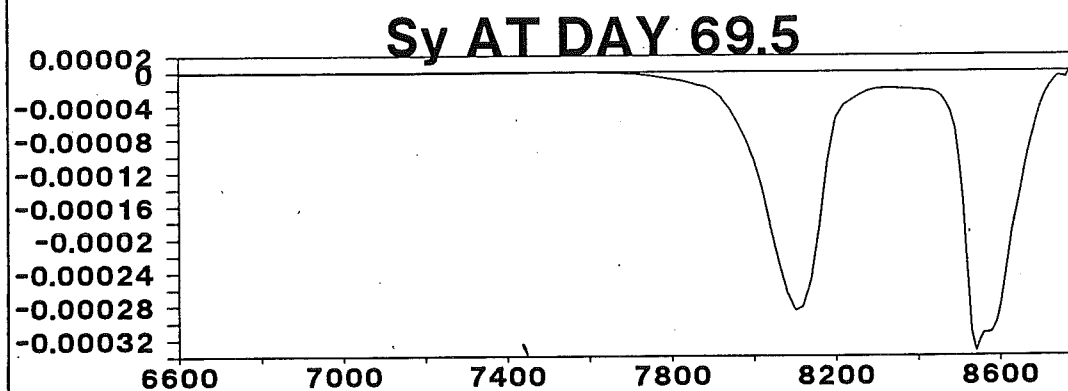
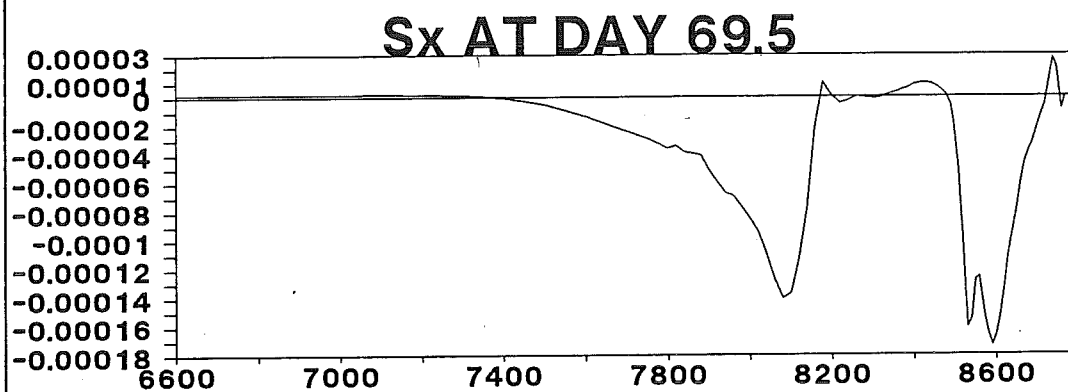
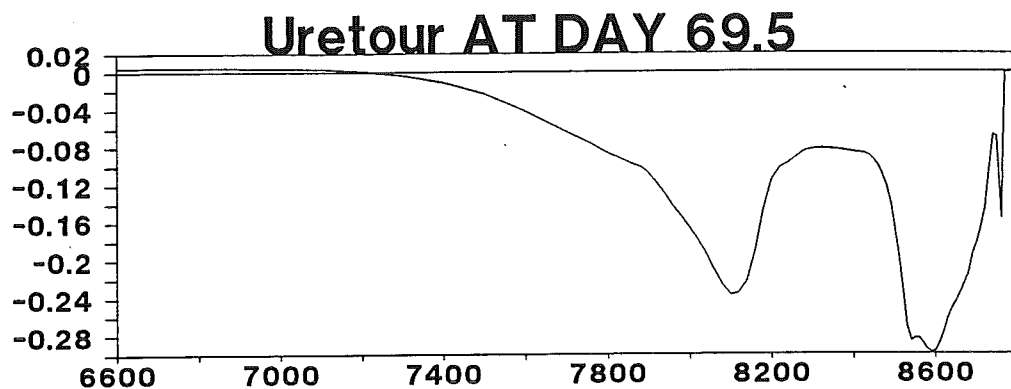


FIGUUR 4.7



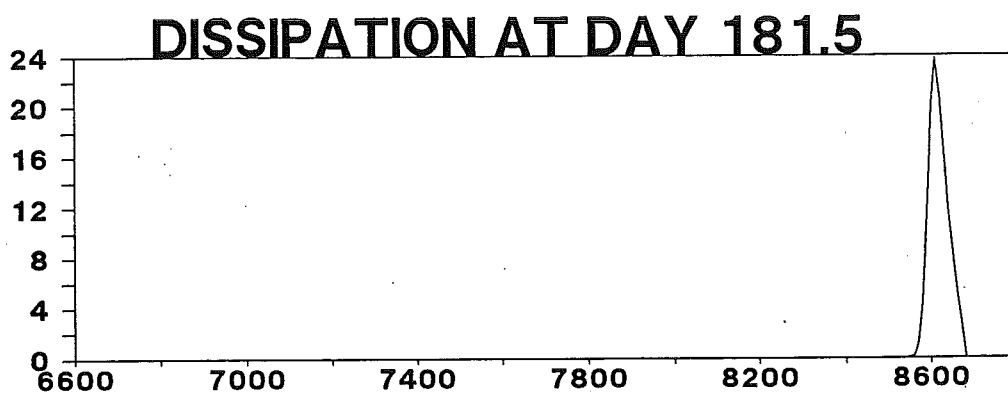
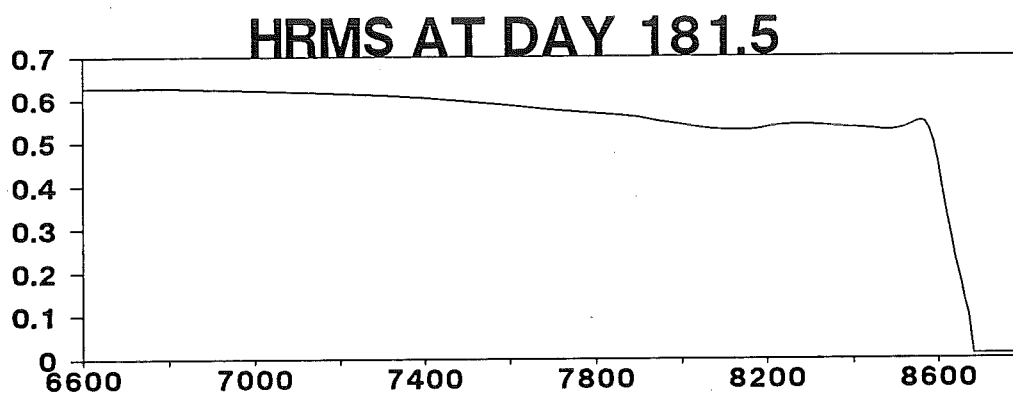
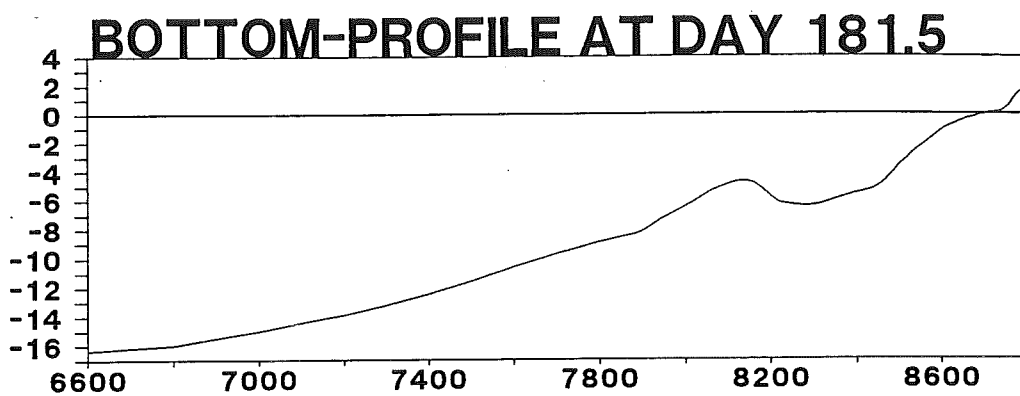
FIGUUR 4.8

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN



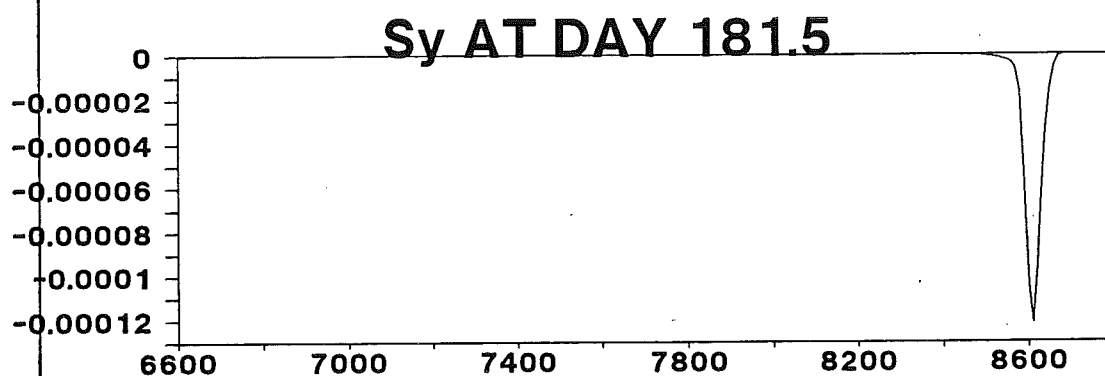
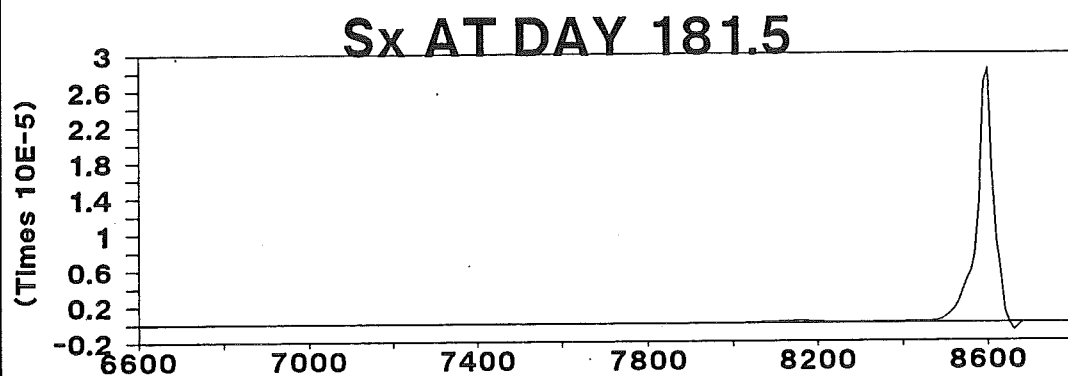
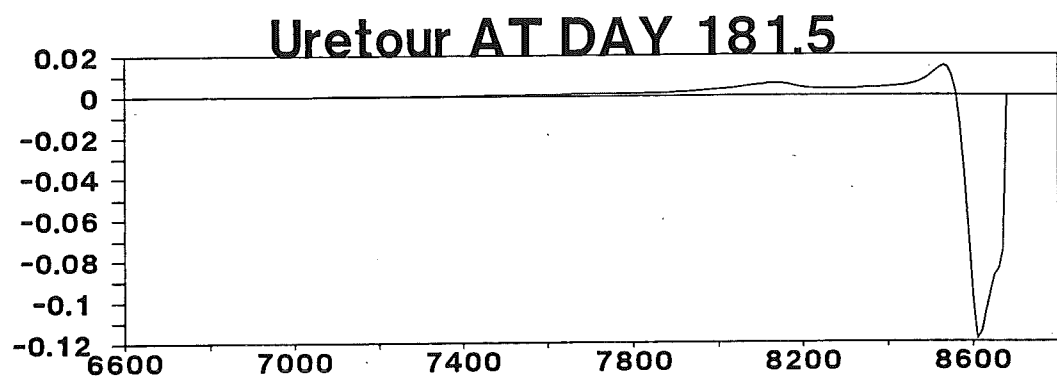
FIGUUR 4.9

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN



FIGUUR 4.10

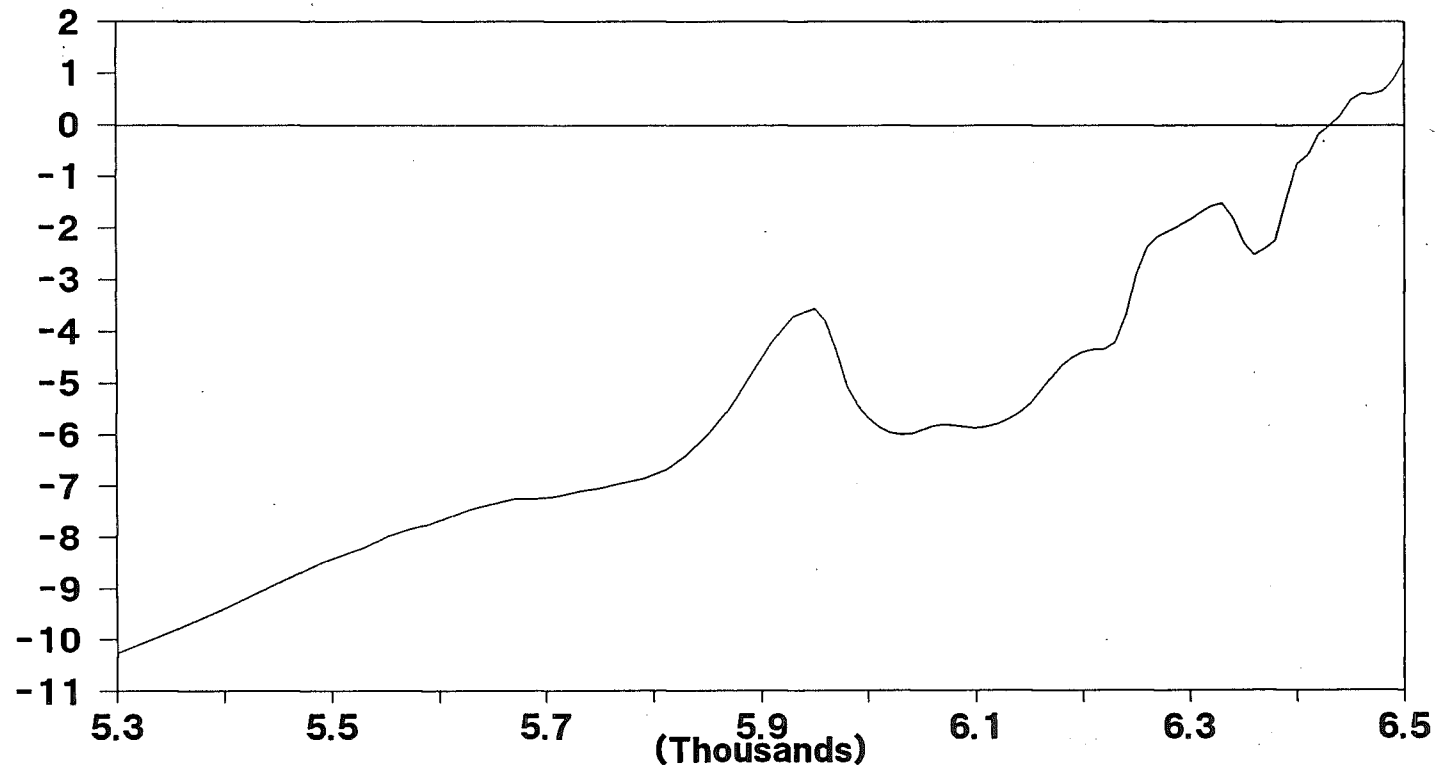
RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN



FIGUUR 4.11

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDewateren

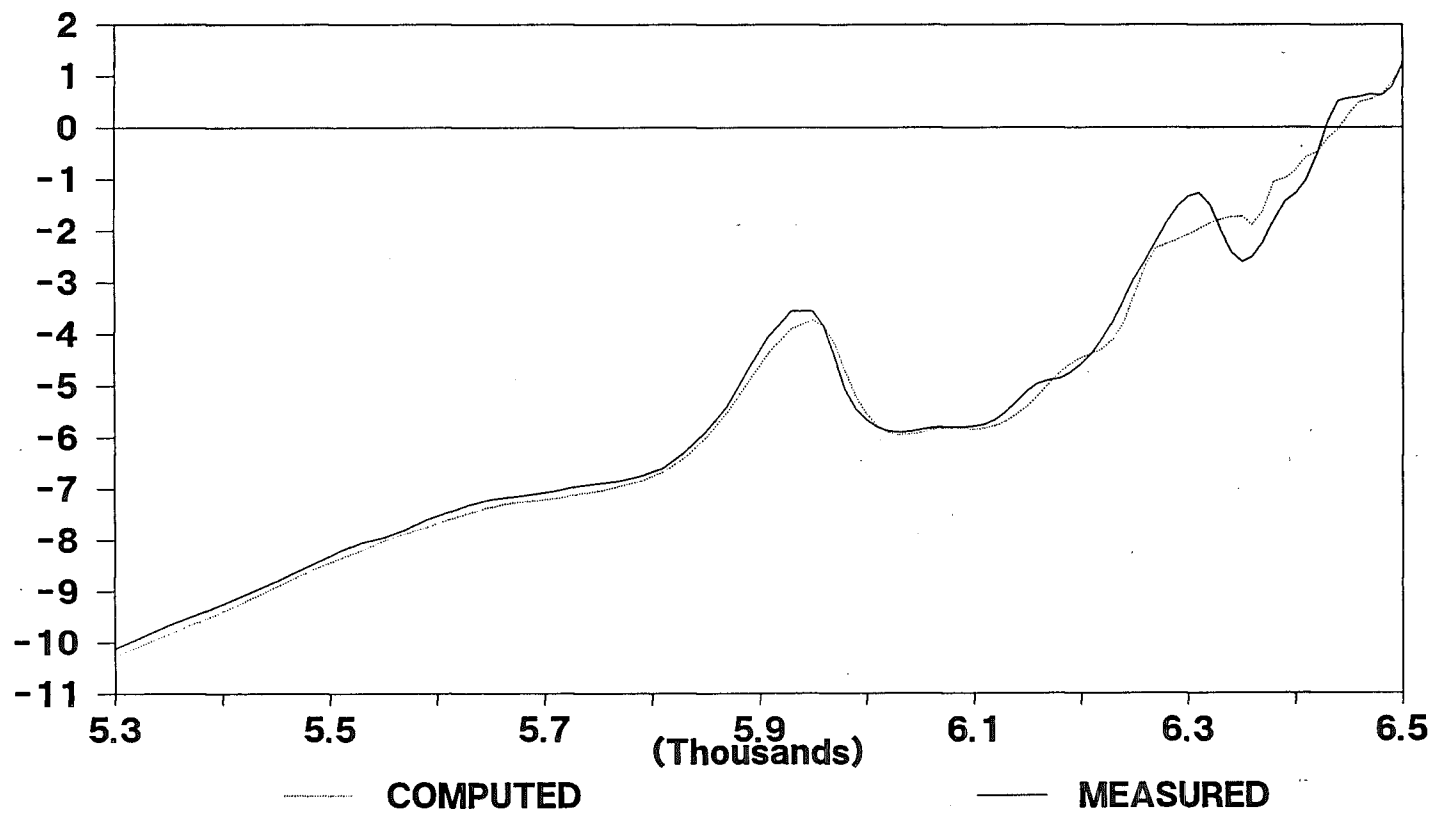
Bottomprofile at 25-2-1982



FIGUUR 4.12

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

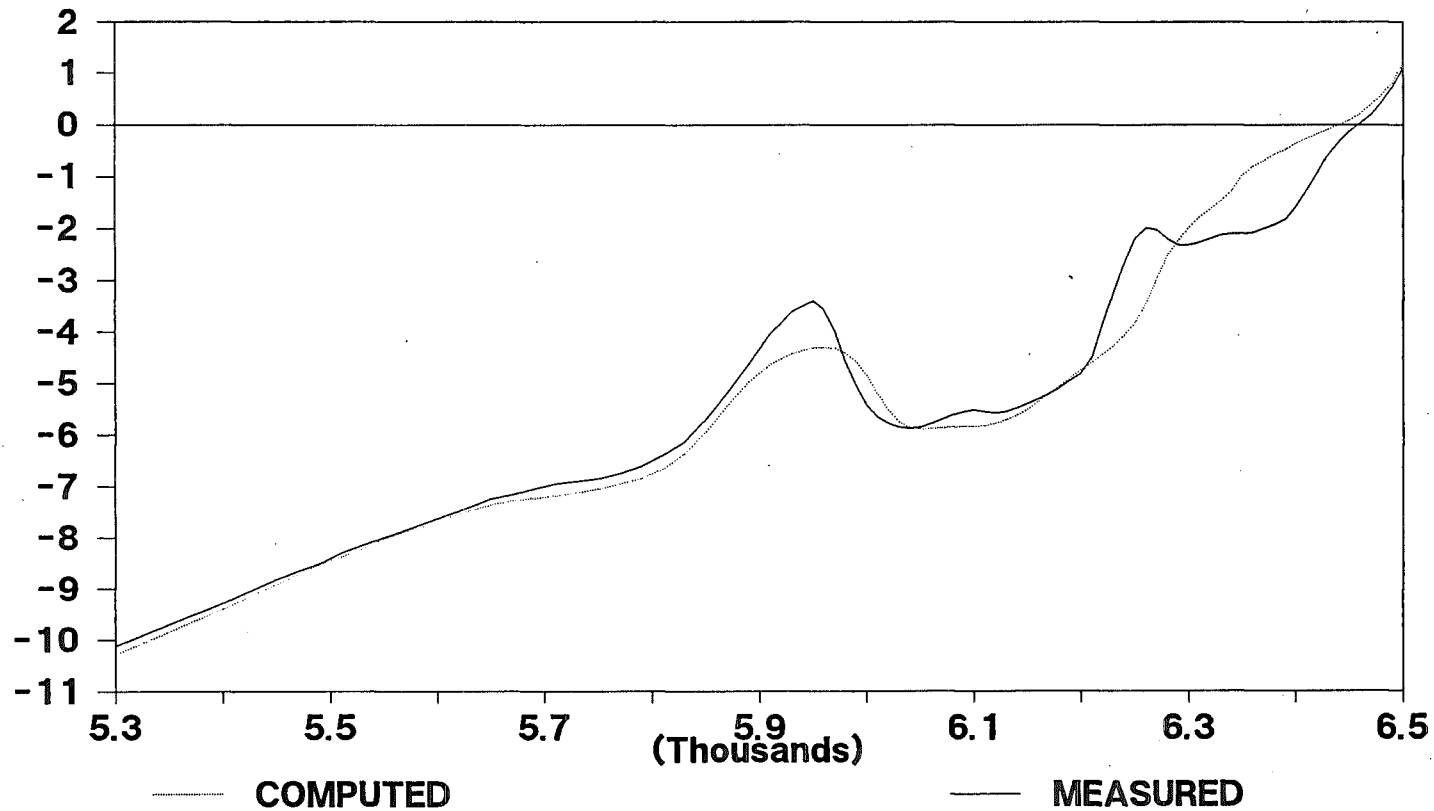
Bottomprofiles at 08-03-1982



FIGUUR 4.13

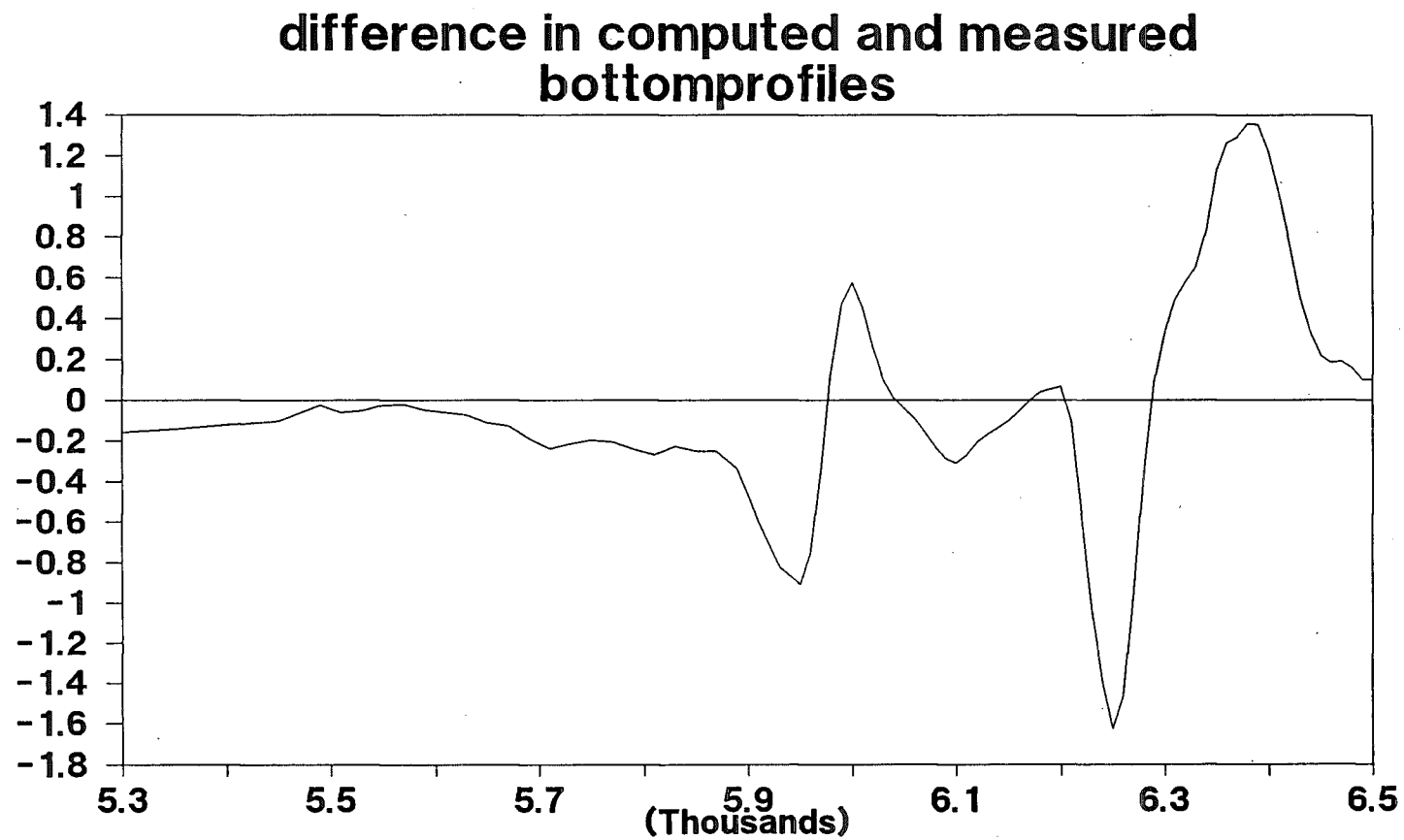
RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

bottomprofile at september 1982



FIGUUR 4.14

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

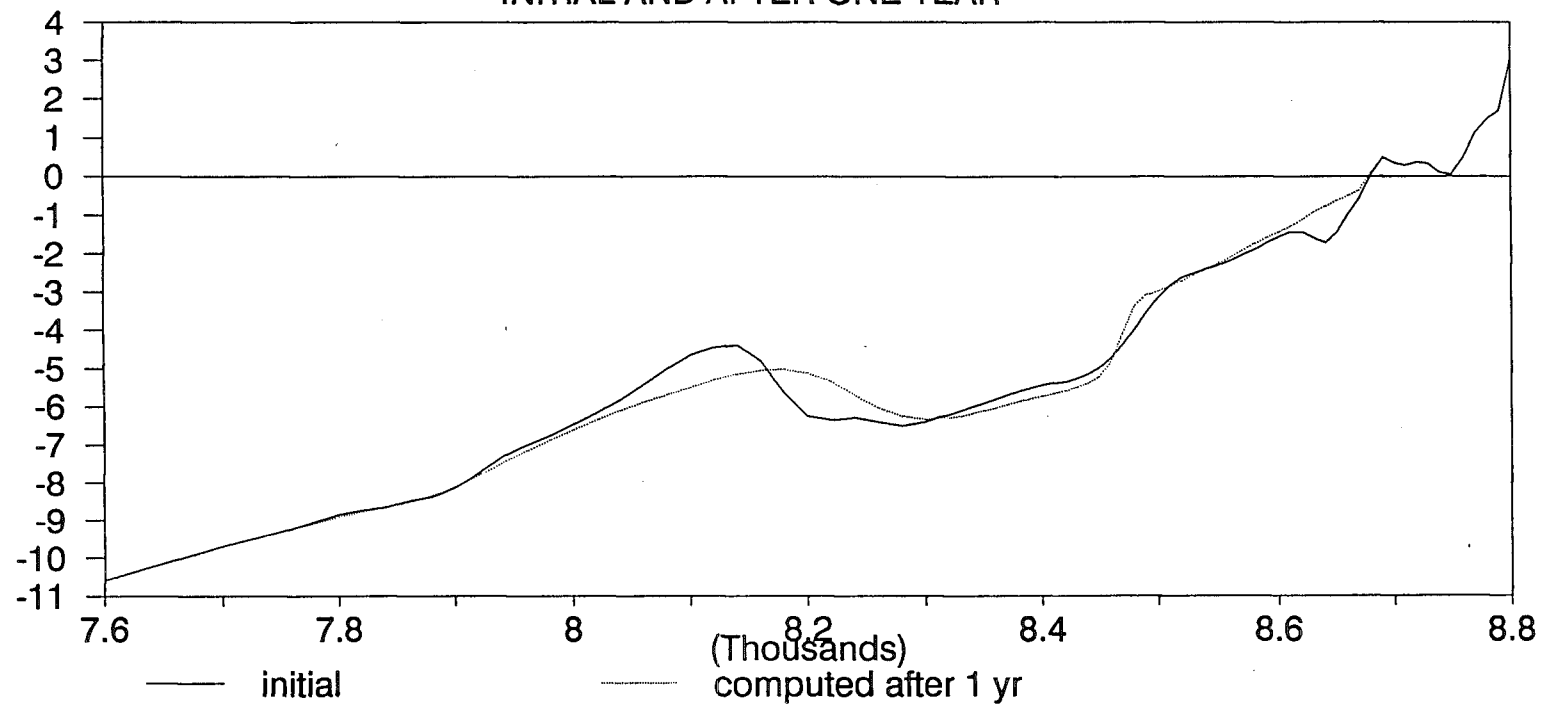


FIGUUR 4.15

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

BOTTOM PROFILE

INITIAL AND AFTER ONE YEAR



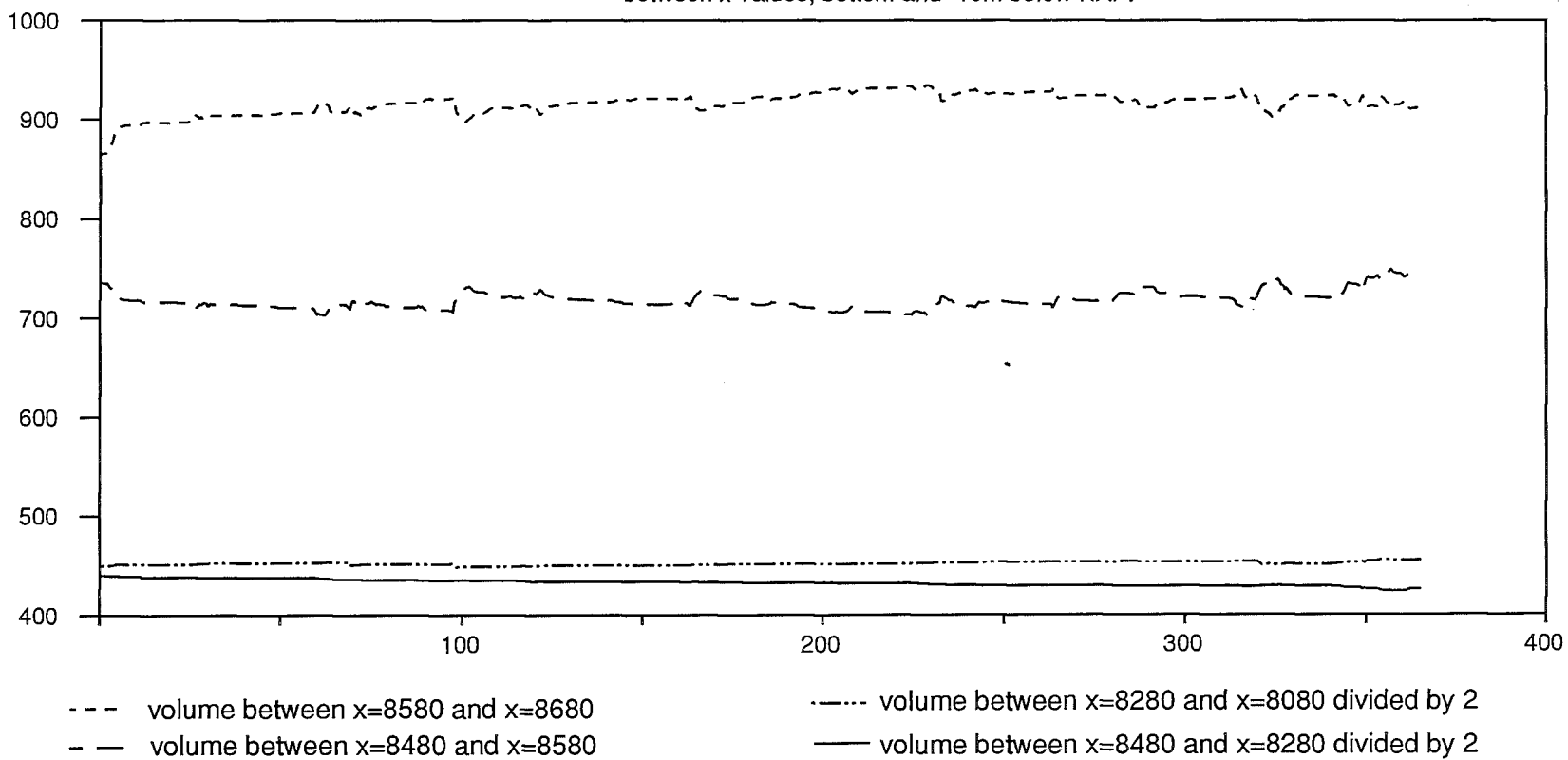
FIGUUR 4.16

RIJKSWATERSTAAT DIENST GETIJDEWATEREN

in M3 per
longshore meter

VOLUMES EVOLUTIONS.

between x-values, bottom and -10m below NAP.



FIGUUR 4.17