

9.8

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

een getijberekening voor de zuidelijke Noordzee
met verschillende numerieke modellen

vergelijking van de resultaten

verslag onderzoek

R 1718

september 1982

een getijberekening voor de zuidelijke Noordzee
met verschillende numerieke modellen

vergelijking van de resultaten

verslag onderzoek

R 1718

september 1982

INHOUD

Lijst van tabellen

Lijst van figuren

	blz.
<u>1</u> <u>Inleiding</u>	1
<u>2</u> <u>Formulering van het probleem</u>	3
2.1 De wiskundige formulering.....	3
2.2 Beschrijving van de invoer.....	4
2.3 Beschrijving van de uitvoer.....	5
2.4 Hoofdkenmerken van de gebruikte programma's.....	6
<u>3</u> <u>Vergelijking van de resultaten</u>	8
3.1 Inleiding.....	8
3.2 Vergelijking met betrekking tot het verticale getij.....	10
3.3 Vergelijking met betrekking tot het horizontale getij.....	14
<u>4</u> <u>Konklusies en aanbevelingen</u>	15
4.1 Samenvattende diskussie en konklusies.....	15
4.2 Aanbevelingen.....	17

LITERATUUR

TABELLEN

FIGUREN

Lijst van tabellen

1. Verschillen in de wiskundige formulering
- 2a. Bodemschematisatie zuidelijke Noordzee; ZUNO 64 D
- 2b.
3. Fourier-komponenten randvoorwaarden
4. Overzicht van de stations waarin de resultaten zijn uitgevoerd
5. Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_0 -komponent
6. Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_1 -komponent
7. Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_2 -komponent
8. Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_4 -komponent
9. Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_6 -komponent
10. Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_8 -komponent

Lijst van figuren

- 1 Schematisatie zuidelijke Noordzee, zoals gebruikt in TYBERL 4 en 5 en in WIGEST
- 2 Schematisatie zuidelijke Noordzee, zoals gebruikt in FEM
- 3 Bepalen van de normaal afgeleide aan een dichte rand in FEM
- 4 Het gestaggerde rooster van TYBERL, WAQUA en WIGEST
- 5a Amplituden en fasen m_1 -komponent
- 5b
- 6a Amplituden en fasen m_2 -komponent
- 6b
- 7a Amplituden en fasen m_4 -komponent
- 7b
- 8a Amplituden en fasen m_6 -komponent
- 8b
- 9 Getijkromme Hoek van Holland, bepaald met behulp van m_1 , m_2 , m_4 en m_6 -komponent
- 10 Getijkromme Zeebrugge, bepaald met behulp van m_1 , m_2 , m_4 en m_6 -komponent
- 11 Getijkromme Ramsgate, bepaald met behulp van m_1 , m_2 , m_4 en m_6 -komponent
- 12 Getijkromme Harwich, bepaald met behulp van m_1 , m_2 , m_4 en m_6 -komponent
- 13a t/m 13j Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST
- 14a t/m 14g Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en WAQUA

1 Inleiding

Bij Rijkswaterstaat wordt sinds enige jaren gewerkt aan het opzetten van een wiskundig model voor het berekenen van de waterbeweging in de zuidelijke Noordzee. Tijdens gesprekken over de voortgang van de resultaten in contactgroep B van de Raad van Overleg voor het Fysisch-Oceanografisch onderzoek van de Noordzee, kwam o.a. de vraag naar voren in welke mate de resultaten afhangen van de gebruikte numerieke berekeningsmethode. Door Rijkswaterstaat werd aanvankelijk het programma TYBERL (tot 1978) en daarna het programma WAQUA gebruikt. Beide programma's maken gebruik van de eindige differentie methode en verschillen met name met betrekking tot de integratiemethode in de tijd.

In opdracht van Rijkswaterstaat, [1], werd door het Waterloopkundig Laboratorium een berekening uitgevoerd met het daar ontwikkelde programma WIGEST. In essentie verschilt dit programma van de beide reeds genoemde door het ontbreken van de advektietermen in de impulsvergelijkingen en een andere integratiemethode in de tijd. De resultaten van deze berekening werden gerapporteerd in [2].

In een voortgangsbespreking in september 1978, [3], werd besloten een vergelijkende berekening uit te voeren met de beschikbare programma's, waarbij de invoergegevens, schematisatie, randvoorwaarden e.d., voor zover als dat mogelijk was gelijk zouden zijn. Bij deze vergelijkende berekening zou tevens betrokken worden het eindige elementenprogramma FEM, ontwikkeld bij de Technische Hogeschool Delft.

Als uitgangspunt werd TYBERL berekening nr. 2236 gekozen. De invoergegevens voor deze berekening waren in voorgaande runs reeds in zekere mate aangepast, maar niet in die mate, dat van een geijkt model gesproken kon worden. Voor WAQUA was inmiddels de bodemligging veranderd; besloten werd geen WAQUA berekening te maken met de oude bodemligging, maar in plaats daarvan een TYBERL berekening te maken met de nieuwe bodemligging. Op deze manier konden enerzijds FEM, TYBERL en WIGEST met elkaar en met de metingen, en anderzijds TYBERL en WAQUA met elkaar en met de metingen worden vergeleken.

De modellen zijn gedraaid met een vaste set parameters die niet is veranderd, met andere woorden de modellen zijn niet geijkt. Een gevolg hiervan is dat geen uitspraken gedaan kunnen worden over de nauwkeurigheid van de berekeningen t.o.v. de metingen. Uiteraard is het wel mogelijk systematische verschillen te konstateren.

De hoofddoelstelling van deze vergelijkende berekeningen kan omschreven worden

als:

"nagaan of de verschillen tussen berekeningen en metingen door numerieke aspecten van het gebruikte model veroorzaakt (kunnen) worden, of dat de oorzaak vooral bij de invoergegevens gezocht moet worden".

Bij de gevolgde aanpak wordt nagegaan of de spreiding van de resultaten van de berekeningen onderling groter of kleiner is dan de spreiding van de berekeningen ten opzichte van de meting. Lijken de berekeningen meer op elkaar dan op de meting dan spelen numerieke aspecten geen overheersende rol en kan de aandacht geheel gekoncentreerd worden op de invoergegevens. Als daarentegen de spreiding tussen de berekeningen van dezelfde orde van grootte is als die van de berekeningen ten opzichte van de meting, dan kunnen numerieke aspecten een belangrijke rol spelen.

Resultaten van deze vergelijkende berekeningen zijn met betrekking tot het verticale getij gerapporteerd in [4]. Teneinde de veelheid van resultaten terug te brengen tot een hanteerbaar aantal, werden korrelatie-koëfficiënten voor een aantal Fourier-komponenten bepaald. Op deze manier is een duidelijke ordening van de modellen mogelijk.

Echter, door het hoge integratieniveau waarop deze ordening wordt verkregen, is geen differentiatie meer mogelijk naar bijvoorbeeld de geografische ligging van de stations.

In opdracht van Rijkswaterstaat Deltadienst, [5], worden in de onderhavige studie de resultaten op een lager integratieniveau gepresenteerd, waarbij aansluiting wordt nagestreefd bij de gebruikelijke presentatie en analysetechnieken voor dit type berekeningen.

De resultaten worden gepresenteerd in de vorm van tijdfuncties en polaire figuren voor amplitude en fase van een aantal Fourier-komponenten. In deze studie worden tevens de resultaten voor het horizontale getij betrokken; hiervan zijn geen metingen beschikbaar, zodat alleen de berekeningen onderling worden vergeleken.

In het voorliggende rapport wordt de wiskundige formulering en de beschrijving van het testgeval gegeven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 wordt eerst aangegeven hoe de resultaten met elkaar worden vergeleken, waarna achtereenvolgens de resultaten voor het verticale getij en voor het horizontale getij worden besproken. De konklusies van het onderzoek worden gegeven in hoofdstuk 4.

Deze studie is uitgevoerd door dr.ir. G.K. Verboom, die ook dit rapport schreef.

2 Formulering van het probleem

2.1 De wiskundige formulering

De waterbeweging in de zuidelijke Noordzee kan onder zekere voorwaarden beschreven worden met de over de vertikaal geïntegreerde ondiepwatervergelijkingen. Gegeven de doelstelling van deze studie wordt hier niet nader ingegaan op deze voorwaarden en wordt volstaan met het geven van het stelsel vergelijkingen met begin- en randvoorwaarden dat met behulp van de verschillende programma's wordt opgelost. Met weglating van die termen, waarvan de coëfficiënt op nul is gezet, zoals wind en interne wrijving, wordt dit stelsel gegeven door:

$$u_t + uu_x + vu_y + \tau_b^{(x)} - fv + g\zeta_x = 0 \quad (1a)$$

$$v_t + uv_x + vv_y + \tau_b^{(y)} + fu + g\zeta_y = 0 \quad (1b)$$

$$\zeta_t + \{(H + \zeta)u\}_x + \{(H + \zeta)v\}_y = 0 \quad (1c)$$

hierin zijn u , v en ζ respectievelijk de twee over de diepte gemiddelde snelheidscomponenten in x - en y -richting en de positie van het vrije oppervlak, f de Coriolis parameter, g de versnelling van de zwaartekracht, t de tijd, H de diepte, het subscript x , y of t geeft partiële differentiatie aan naar de betreffende coördinaat en $\tau_b^{(x)}$ en $\tau_b^{(y)}$ zijn de x - en y -komponent van de bodemschuifspanning.

De componenten van de bodemschuifspanning worden gegeven door

$$\tau_b^{(x)} = \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2(H + \zeta)} \quad \text{en} \quad \tau_b^{(y)} = \frac{gv\sqrt{u^2 + v^2}}{C^2(H + \zeta)} \quad (2)$$

In de referentieberekening, TYBERL nr. 2236, is voor de Chèzy-koëfficiënt, C , een konstante waarde van $60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ over het hele gebied gebruikt.* Deze waarde wordt ook gebruikt in FEM en in WIGEST. In de WAQUA berekening is C bepaald met de Manning-formule

* In [6] wordt een waarde van $65 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ genoemd; dit is onjuist.

$$C = \frac{1}{n} (H + \zeta)^{1/6} .$$

Hierbij is de Manning-koëfficiënt, n , zodanig gekozen dat $C \approx 60 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ over het hele gebied.

Een ander punt van verschil is het ontbreken van de advektieve termen, $uu_x + vu_y$ en $uv_x + vv_y$, in de impulsvergelijkingen in WIGEST.*

In tabel 1 worden deze verschillen samengevat, waarbij aan de programma's en de meting tevens een volgnummer is gegeven dat gebruikt zal worden bij de grafische presentatie van de gegevens en in de tekst. Voor TYBERL en WAQUA is tevens het volgnummer gegeven waaronder de berekeningen bij RWS bekend zijn. Behalve de in tabel 1 genoemde verschillen, zijn er nog diverse andere verschillen en overeenkomsten die van belang kunnen zijn; zie ook paragraaf 2.4. Voor de verdere definiëring van het probleem zijn nodig gegevens over de begin- en randvoorwaarden en geometrische gegevens, als bodemligging en de ligging van randen van het gebied. Deze aspecten worden besproken in paragraaf 2.2 bij de beschrijving van het testgeval.

2.2 Beschrijving van de invoer

Voor de vergelijkende berekeningen werd de TYBERL berekening nr. 2236 als uitgangspunt gekozen, dit is nr. 5 in tabel 1. De zuidelijke Noordzee is hierbij geschematiseerd als aangegeven in figuur 1. De roosterafstand is 6400 m. De bodemschematisatie wordt in de tabellen 2a en 2b gegeven en is bekend als ZUNO 64D. Het gebied heeft twee open randen, een noordrand langs de lijn Den Helder-Cromer en een zuidrand langs de lijn Dover-Cap Gris Nez.**

Langs beide open randen wordt de waterstand voorgeschreven. In tabel 3 zijn de Fourier-komponenten in een aantal randpunten gegeven. Slechts de m_1 , m_2 , m_4 , m_6 en m_8 -komponent wordt hierbij in rekening gebracht. De waterstand wordt berekend volgens

$$\zeta(t) = \sum_k a_k \cos(k \omega_o t - \phi_k) , \quad (4)$$

* Om de invloed hiervan te onderzoeken werd een TYBERL berekening gemaakt zonder deze termen, nr. 2264.

** Ten onrechte wordt vaak gesproken over de lijn Dover-Calais: dit kan tot verwarring leiden omdat Calais $2\Delta x$ ten noorden van deze rand en dus in het rekengebied ligt. In dit rapport zal steeds over Cap Gris Nez worden gesproken in navolging van en in aansluiting op [6].

waarin a_k en ϕ_k in tussengelegen randpunten door lineaire interpolatie worden verkregen. De basisfrequentie ω_0 , is gebaseerd op een periode van 25 uur. In de randvoorwaarden is geen a_0 -komponent, middenstandverhoging, meegenomen; door niet-lineaire interactie wordt deze wel in het binnengebied opgewekt. Bij de vergelijking van resultaten wordt deze term buiten beschouwing gelaten.

Bovenstaande gegevens vormen de invoergegevens voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST. Omdat het FEM programma is gebaseerd op een eindige elementen-methode kan de rand beter worden weergegeven. Dit leidt tot verschillen, maar de mogelijkheid randen nauwkeuriger weer te geven is juist één van de essentiële kenmerken van een eindige elementen-programma en het leek daarom juist deze mogelijkheid te benutten. De schematisatie zoals door FEM gebruikt, is weer-gegeven in figuur 2. In de eindfase van het onderzoek is gebleken dat de Noordrand in het door FEM gebruikte gebied één roosterafstand, 6400 m, naar het Noorden verschoven is. De invloed hiervan op de resultaten wordt verondersteld klein te zijn en is niet verder onderzocht.

De programma's TYBERL 6 en WAQUA gebruiken een andere bodemschematisatie, bekend onder de naam ZUNO 55. Niet bekend is of de schematisatie van de dichte rand exact gelijk is aan die van TYBERL 5, nr. 2236. Gegeven de frequentie waarmee de randschematisatie is veranderd [7], is dit niet onwaarschijnlijk. Voor de duur van de berekeningen werd een periode van 50 uur afgesproken, waarvan alleen de laatste 25 uur gebruikt zijn voor de analyse van de resultaten.

2.3 Beschrijving van de uitvoer

Bij het opzetten van de vergelijkende berekeningen is getracht de uitvoer zodanig op elkaar af te stemmen dat een minimale inspanning nodig zou zijn om de resultaten met elkaar te vergelijken. Dit is maar zeer ten dele gerealiseerd. Van de resultaten zijn beschikbaar:

1. Vertikaal getij

- a. in tabelvorm amplituden en fasen van de Fourier-komponenten m_0 , m_1 , m_2 , m_4 , m_6 en m_8 in een aantal stations en gebaseerd op half-uurlijkse waarden; tabellen 5 t/m 10
- b. time-histories in dezelfde stations; vanwege de veelheid van gegevens zijn

deze niet bijgevoegd.

2. Horizontaal getij

- a. time-histories van grootte en richting in een aantal stations, figuren 13a t/m 13j en 14a t/m 14g.

In tabel 4 en figuur 1 zijn de stations gegeven waarvoor de verschillende resultaten beschikbaar zijn.

2.4 Hoofdkenmerken van de gebruikte programma's

Bij het interpreteren van de resultaten kan het van belang zijn enige kennis te hebben van de gebruikte numerieke modellen. Voor gedetailleerde informatie wordt steeds verwezen naar de betreffende literatuur, hier wordt volstaan met enkele hoofdkenmerken.

FEM

De vergelijkingen met advektieve termen en met een konstante C-waarde worden door middel van een eindige elementen-methode in de ruimte en een eindige differentie-methode in de tijd gediscretiseerd. De eindige elementen-methode is de Galerkin-methode met driehoekige basis-funkties voor alle variabelen; de massa matrix wordt gelumped. Voor de integratie in de tijd wordt een expliciete 4^e orde Runge-Kutta-methode gebruikt.

Bij open randen zijn geen extra randvoorwaarden vereist; bij dichte randen wordt de normaal afgeleide bepaald als aangegeven in figuur 3. Voor details wordt verwezen naar [8].

TYBERL

De volledige vergelijkingen, met advektieve termen en met een konstante C-waarde, worden door middel van een eindige differentie-methode in ruimte en tijd gediscretiseerd. Het rooster in de plaats is "gestaggered" en gegeven in figuur 4; de afgeleiden worden benaderd met centrale differenties. In de tijd wordt een ADI-methode toegepast, waarvan wordt afgeweken voor de advektieve termen. Bij open randen worden de advektieve termen in de impulsvergelijkingen

verwaarloosd. Voor details wordt verwezen naar [9].

WAQUA

De volledige vergelijkingen, met advektieve termen en de C-waarde bepaald volgens Manning, worden door middel van een eindige differentie-methode in ruimte en tijd gediscrètiseerd. Het rooster in de plaats is "gestaggered" en gegeven in figuur 4; de afgeleiden worden benaderd met centrale differenties. In de tijd wordt een ADI-methode toegepast die op een aantal punten afwijkt van de in TYBERL gebruikte methode. Bij open randen worden de advektieve termen verwaarloosd. Voor details wordt verwezen naar [10].

WIGEST

De vergelijkingen, zonder advektieve termen in de impulsvergelijkingen en met een konstante C-waarde, worden door middel van een eindige differentie-methode in ruimte en tijd gediscrètiseerd. Het rooster in de plaats is "gestaggered", figuur 4; de afgeleiden worden benaderd met centrale differenties. In de tijd wordt een expliciete oplosmethode gebruikt, waarbij de nieuwe waarden van de snelheden gebruikt worden bij het berekenen van de nieuwe waarde van de waterstand. Bij open randen wordt de funktiewaarde in een roosterpunt dat buiten het rekengebied valt bepaald door de normaal afgeleide op de rand van de betreffende variabele gelijk aan nul te stellen. Voor details wordt verwezen naar [11].

Uit bovenstaande blijkt dat de numerieke modellen van WIGEST, TYBERL en WAQUA grote overeenkomst vertonen met betrekking tot de discretisatie in de plaats en met name verschillen in de tijdsintegratie-methode. Het programma FEM verschilt van de andere programma's in beide opzichten. Daarnaast verschilt de in FEM gebruikte geometrie op een aantal (detail)punten van die van de overige programma's.

3 Vergelijking van de resultaten

3.1 Inleiding

Alvorens de resultaten van de berekeningen met elkaar en met de metingen te vergelijken, wordt in deze paragraaf kort ingegaan op de analysetechniek en de resultaten zoals gepresenteerd in [4]. Tevens wordt aangegeven op welke manier de resultaten nu vergeleken en gepresenteerd zullen worden.

Een van de hoofdproblemen waarvoor men zich gesteld ziet bij het vergelijken van de resultaten is de grote hoeveelheid informatie, die zodanig moet worden gerangschikt en worden gepresenteerd dat een duidelijke uitspraak mogelijk is. Deze uitspraak moet ook goed herkenbaar zijn uit de gepresenteerde resultaten. In de onderhavige vergelijking gaat het om 7 series, 1 meting en 6 berekeningen, waarbij per berekening de time-histories van de waterstanden en de snelheden in 20 stations zijn gegeven. Voor de meting zijn de waterstanden in 9 referentiestationen en 9 randpunten gegeven. De waterstanden zijn ook gegeven in de vorm van 6 Fourier-komponenten, nl. m_0 , m_1 , m_2 , m_4 , m_6 , m_8 . Hoe deze gegevens te rangschikken en te presenteren?

In [4] is gekozen voor een aanpak uit de beschrijvende statistiek. Voor elk van de 21 paren, berekening-berekening en berekening-meting, zijn de correlatie-koëfficiënt, $r(x,y)$, en een grootte $c(x,y)$, die een maat is voor de (genormeerde) afstand tot de lijn $x = y$, bepaald. Voor x en y moet een berekening of meting worden gelezen. De waterstand in een station is hierbij als realisatie van de betreffende x of y gezien. De koëfficiënten $r(x,y)$ en $c(x,y)$ zijn voor de amplituden en de fasen van de Fourier-komponenten van de waterstanden bepaald.

Een voordeel van deze analyse-methode is dat de resultaten in een groot aantal stations tot één getal worden teruggebracht. Tenslotte is voor $c(x,y)$ een gewogen gemiddelde over de Fourier-komponenten bepaald, zodat de gegevens zijn teruggebracht tot 21 getallen voor de amplituden en 21 getallen voor de fasen. Op basis hiervan is gekonkludeerd dat met betrekking tot het verticale getij:

- In de beschouwde punten is de invloed van de advektieve termen zeer gering.
- De resultaten van "WIGEST" vertonen sterke overeenkomst met de resultaten van "TYBERL", de verschillen tussen "TYBERL" met gewijzigde bodemgeometrie en gewijzigde bodemwrijving (model 6) en "TYBERL" met of zonder advektieve

- termen (model 4 en 5) zijn groter dan tussen "TYBERL" met of zonder advektieve termen en "WIGEST" voor overeenkomende bodemligging en bodemwrijving.
- Ten aanzien van de metingen mag gesteld worden dat alle modellen, die in dit verslag genoemd worden, ongeveer even nauwkeurig zijn. Bij een definitieve keuze voor een zuidelijk Noordzee-model, indien de keuze uitsluitend zou gaan tussen de hiergenoemde modellen, dient de kostenfaktor een belangrijke rol te spelen.
 - De modellen vertonen onderling meer overeenkomst dan dat de modellen overeenkomen met de metingen. Hieruit volgt waarschijnlijk dat de verschillen tussen metingen en modellen niet voor het belangrijkste deel door numerieke fouten bepaald worden. Deze konklusie is echter niet geheel "hard", immers de mogelijkheid bestaat dat alle beschouwde modellen ongeveer dezelfde numerieke fouten hebben. De tegenovergestelde konklusie dat numerieke effecten geheel de oplossing bepalen kan op grond van de in dit verslag beschreven vergelijking zeker niet getrokken worden.

De in [4] gebruikte analysetechniek biedt de mogelijkheid veel informatie op een éénduidige manier in enkele getallen samen te vatten. Hierbij vervalt de mogelijkheid te differentiëren naar de geografische ligging van de stations. In dit rapport worden de resultaten in de vorm van polaire figuren (amplitude en fase van het verticale getij) en time-histories (horizontale getij) gepresenteerd. Vervolgens worden de resultaten visueel beoordeeld op overeenkomsten en verschillen. Een nadeel van deze methode is dat ze ruimte laat voor een zekere mate van subjektiviteit; voordelen zijn dat differentiatie naar de geografische ligging van de stations mogelijk is en dat deze methode meer bij de in de praktijk gehanteerde methoden aansluit.

Verwacht mag worden dat de konklusies in dit onderzoek van dezelfde strekking zijn als die in [4]; ze worden immers voor een belangrijk deel op dezelfde gegevens gebaseerd (het verticale getij). Verschillen zullen betrekking hebben op het horizontale getij (niet beschouwd in [4]) en de mate van detaillering.

Voor de waterstanden worden de resultaten per Fourier-komponent in polaire figuren weergegeven. Een polaire figuur bevat de informatie over amplitude en fase in alle stations van alle series; met andere woorden: in één figuur wordt alle beschikbare informatie gepresenteerd. Hierbij is gebleken dat de spreiding van de resultaten voor de m_6 -komponent al zo groot is dat de resultaatwolken van ver van elkaar verwijderde stations elkaar voor een deel overlap-

pen. Voor de m_8 -komponent was dit in nog sterkere mate het geval. Bij de verdere analyse is de m_6 -komponent wel, maar de m_8 -komponent niet meer betrokken. Teneinde enig inzicht te krijgen in wat een zekere afwijking in een polair figuur betekent voor de getijkromme, zijn in een viertal stations de getijkromme, gerekonstrueerd uit de Fourier-komponenten m_1, m_2, m_4 en m_6 , getekend.

Voor de snelheden worden uitsluitend de tijdfuncties van grootte en richting met elkaar vergeleken. Voor de snelheden waren geen metingen beschikbaar. De berekeningen worden gesplitst in twee blokken, in het eerste worden FEM, TYBERL 4, TYBERL 5 en WIGEST, (2 t/m 5), met elkaar vergeleken en in het tweede TYBERL 6 en WAQUA, (6 en 7).

Een nadeel van bovenstaande grafische presentatietechniek is dat een getalsmatig criterium moeilijk is te geven. Voor de m_4 - en m_6 -komponent is de gemiddelde waarde en de standaard deviatie bepaald voor de berekeningen 2 t/m 5, maar deze getalsmatige informatie vult de visuele beoordeling van de resultaten slechts in beperkte mate aan.

Voor enkele figuren is een deel van de beschikbare informatie op een transparant weergegeven met het doel de leesbaarheid van de figuren te vergroten.

3.2 Vergelijking met betrekking tot het verticale getij

In de figuren 5a t/m 8b zijn voor 4 Fourier-komponenten, m_1, m_2, m_4 en m_6 , de resultaten van de berekeningen en de meting weergegeven. Niet weergegeven is de m_8 -komponent om redenen als in 3.1. aangegeven. De resultaten zijn steeds verdeeld over 2 figuren waarvan 1 figuur als transparant is uitgevoerd. Bij het vergelijken van de resultaten baseren we ons voornamelijk op die stations waarvoor ook een meting beschikbaar is; dit resulteert in 9 stations (waarbij de stations waarin de randvoorwaarden worden opgelegd buiten beschouwing worden gelaten). Een nadeel is dat dit allen kuststations zijn. Om enig inzicht te krijgen in de vraag of de resultaten veranderen voor stations die meer op zee zijn gelegen, zijn in figuur 6b de resultaten voor de m_2 -komponent in 5 niet-kuststations weergegeven.

Als we ons in eerste instantie beperken tot de m_2, m_4 en m_6 -komponent, dan kunnen we het volgende konstaten:

- a. De spreiding tussen de berekeningen onderling en van de berekeningen ten opzichte van de meting neemt toe, gaande van m_2 naar m_6 .
- b. Er is een clustering van modellen te onderkennen, die het duidelijkst is

voor de m_2 -komponent en die afneemt gaande naar m_4 en m_6 .

- c. Voor de m_2 -komponent worden de volgende clusters onderkend:

(2, 4 en 5) dat wil zeggen WIGEST, TYBERL 4 EN TYBERL 5

(6 en 7) dat wil zeggen TYBERL 6 en WAQUA

(3) dat wil zeggen FEM.

De spreiding in deze clusters is kleiner dan van de clusters onderling. De afstand tussen (2, 4 en 5) en (3) is gemiddeld kleiner dan de afstand van elk van deze clusters tot de meting; dit geldt in veel mindere mate voor de afstand van (6 en 7) tot de andere clusters en de meting.

De spreiding is het kleinst langs de Nederlandse kust (uitgezonderd Vlis-singen; de afwijkingen in dit station zijn steeds zodanig groot, dat dit station niet verder betrokken is bij de vergelijking van de resultaten) en is beduidend groter, maar ongeveer konstant, langs de rest van de kustlijn. Voor stations meer op zee neemt de afstand van 2 tot (4 en 5) toe, maar die van 3 tot (2, 4 en 5) juist af.

De resultaten zijn voor 6 en 7 systematisch beter in de zin dat ze dichter bij de meting liggen dan de andere resultaten. Op basis van het geringe verschil tussen 4 en 5 is men geneigd te konkluderen dat de advektieve termen in de impulsvergelijkingen een kleine invloed hebben (m.b.t de m_2 -komponent).

- d. Voor de m_4 -komponent moeten de konstateringen in soms niet geringe mate worden aangepast. Zo zien we dat de clusters minder scherp definieerbaar zijn en voor een deel zelfs vervallen of van samenstelling veranderen. Globaal zijn er nu 2 clusters nl. (2 t/m 5) en (6 en 7). In de eerste cluster liggen 2 en 4 dichtbij elkaar, sub-cluster; de afstand van 3 en 5 tot deze sub-cluster is globaal gezien ongeveer gelijk. Opvallend is dat 6 en 7 nu vrij systematisch verder van de meting af liggen dan (2 t/m 5); dit geldt in sterke mate langs de Nederlandse kust. De invloed van de advektieve termen is nu niet verwaarloosbaar klein en het verschil tussen 2 en 5 is van dezelfde orde van grootte als tussen 2 en 3.

- e. Voor de m_6 -komponent neemt de systematiek verder af. Er is sprake van één cluster, (2, 4 en 5), waaraan soms 6 kan worden toegevoegd. De onderlinge afstand is kleiner dan die van de cluster tot de meting. Berekening 3 ligt in vrijwel het gehele gebied ver van zowel de meting als van de cluster. Voor 7 is het resultaat wisselend.

In de figuren 7b en 8b is voor een aantal stations de standaard deviatie, σ , gebaseerd op de berekeningen 2 t/m 5 aangegeven. Voor bijna alle sta-

tions ligt het meetpunt net op de grens van het σ - gebied of tot ver daar buiten. Hieruit volgt dat de numerieke aspecten ten opzichte van schematisatie en/of randvoorwaarden een ondergeschikte rol spelen. Met betrekking tot de invloed van de advektieve termen is geen duidelijke uitspraak mogelijk.

Voor de m_1 -komponent is een duidelijke clustering waar te nemen van 2, 4 en 5. Langs de Nederlandse kust kan 3 hieraan worden toegevoegd, maar vormen 6 en 7 een aparte cluster, die de metingen het beste benadert. Langs de Engelse kust is sprake van één grote cluster van alle berekeningen. Ook nu geldt dat de spreiding in de clusters essentieel kleiner is dan de afstand tussen de clusters onderling of tot de meting.

In bovenstaande bespreking van de resultaten is steeds uitgegaan van de Fourier-komponenten, maar wat betekent een zekere afwijking konkreet voor de getijkromme? In de figuren 9 t/m 12 zijn de getijkrommen getekend van de meting en van de berekeningen 2, 3 en 5. De getijkrommen zijn gerekonstrueerd uit de Fourier-komponenten m_1 , m_2 , m_4 en m_6 . De stations zijn gekozen aan weerszijde van de Noordzee en zodanig dat ze representatief zijn voor de betreffende kustlijn. Deze vier stations worden nu kort besproken.

Hoek van Holland

Uit de polaire figuren volgt een duidelijke clustervorming van de berekeningen ten opzichte van de meting voor m_1 en m_2 , maar niet voor m_4 en m_6 . Voor m_6 wijkt 3 verder af dan 2 en 5, maar m_6 is klein, dus zal de invloed op het gerekonstrueerde signaal gering zijn. Op basis van de polaire figuren kan men verwachten dat de meting zich essentieel onderscheidt van de berekeningen en dat de berekeningen gemiddeld dichter bij elkaar dan bij de meting liggen. Het achterlopen van m_2 voor de berekeningen duidt op een latere nuldoorgang. Bovenstaande komt duidelijk tot uitdrukking in de getijkromme, figuur 9. In de berekeningen komt de nuldoorgang orde 20 minuten te laat, terwijl orde 25 minuten verwacht was op basis van alleen m_2 .

Zeebrugge

Uit de polaire figuren volgt een duidelijke cluster voor 2 en 5 voor m_1 , m_2 en

m_6 ; voor m_4 is dit wat minder duidelijk. Berekening 3 ligt voor dezelfde componenten verder van de meting dan 2 en 5. Men kan dus een set getijkrommen verwachten waarbij 2 en 5 dicht bij elkaar liggen, maar zich duidelijk onderscheiden van de meting; terwijl 3, in negatieve zin, zowel van de meting als van de berekeningen afwijkt. De nuldoorgang zal in de berekeningen orde 15 minuten te laat komen. Figuur 10 bevestigt deze verwachtingen.

Ramsgate

Voor Ramsgate is een duidelijke clustervorming van alle berekeningen ten opzichte van de meting waar te nemen, waarbij 3 zich een weinig in negatieve zin van de andere berekeningen onderscheidt. De nuldoorgang komt in de berekeningen ook nu later, maar minder dan bij de voorgaande stations, orde 10 minuten. De clustervorming is zeer duidelijk herkenbaar in de getijkrommen, figuur 11. Echter als we Ramsgate vergelijken met Hoek van Holland dan is de veel grotere mate van clustervorming voor Ramsgate niet te voorspellen uit de polaire figuren. Duidelijk is dat de vorm van de getijkromme in hoge mate mede bepaald wordt door de fase van de verschillende componenten.

Harwich

In de polaire figuren is een duidelijke cluster van 2 en 5 waar te nemen, waaraan 3 voor m_1 en m_4 wel, maar voor m_2 en m_6 niet kan worden toegevoegd. Met name voor m_2 onderscheidt 3 zich in negatieve zin zowel van de meting als van 2 en 5. Voor de getijkrommen verwachten we dus dicht bij elkaar liggende krommen voor 2 en 5, die zich duidelijk onderscheiden van de meting; 3 ligt dicht bij de berekening dan bij de meting maar onderscheidt zich in negatieve zin van beide. De nuldoorgang ligt in de berekening nagenoeg goed. Bovenstaande is goed herkenbaar in figuur 12; de overeenstemming is zelfs beter dan op basis van de polaire figuren verwacht mocht worden.

Uit de bespreking van deze 4 stations, die tamelijk representatief zijn voor de getijkrommen langs de beide kustlijnen van de zuidelijke Noordzee, blijkt dat de essentie van de overeenkomsten en verschillen goed voorspelbaar zijn op basis van de polaire figuren. Door het samenspel van amplituden en fasen kan de getijkromme een positiever, Harwich, of een negatiever, Hoek van Holland, beeld geven van de overeenstemming tussen gewenste en gerealiseerde kromme.

Dit nu is een argument om polaire figuren én getijkrommen naast elkaar te gebruiken.

3.3 Vergelijking van het horizontale getij

In de figuren 13a t/m 13j en 14a t/m 14g zijn de grootte en richting voor het horizontale getij weergegeven. Voor de snelheden waren geen metingen beschikbaar, zodat uitsluitend de berekeningen onderling worden vergeleken. De berekeningen zelf zijn nog gesplitst in twee groepen, nl. 2 t/m 5 en 6 en 7, vanwege de verschillen in schematisatie waarvoor snelheden in het algemeen gevoeliger zijn dan waterstanden.

Uit de resultaten voor 2 t/m 5, figuren 13a t/m 13j blijkt dat de resultaten van 2, 4 en 5 slechts weinig verschillen; dit geldt voor de grootte en voor de richting en voor alle stations, dat wil zeggen zowel voor de kuststations als voor de niet-kuststations. De resultaten van 3 wijken voor veel stations significant af van die van 2, 4 en 5. Langs de Nederlandse kust en voor de stations (40, 20) en (27, 26), die duidelijk verder van de kust zijn verwijderd dan de andere stations, zijn de verschillen kleiner en in enkele gevallen niet significant. Daarentegen zijn de verschillen langs de Engelse en de Belgische kust duidelijk significant en nemen toe in de richting van het Kanaal. In het Kanaal, station (2,20) zijn de verschillen zeer groot. De verschillen tussen 4 en 5 zijn steeds zo klein dat de konklusie gerechtvaardigd lijkt dat de advektieve termen in de impulsvergelijkingen een geringe rol spelen voor de snelheden in de beschouwde punten.

In de figuren 14a t/m 14g zijn voor 7 stations de resultaten van 6 en 7 weergegeven. Uit deze resultaten blijkt dat de verschillen voor Hoek van Holland en de beide zee-stations gering zijn; voor de andere stations zijn de verschillen soms zeer aanzienlijk. Gezien de mate waarin 6 en 7 voor het verticale getij overeenstemmen zijn de verschillen voor de snelheden verrassend groot. Dit zou kunnen duiden op verschillen in de schematisatie van bijvoorbeeld de kustlijn; in het kader van deze studie is dit niet verder onderzocht.

4 Konklusies en aanbevelingen

4.1 Samenvattende diskussie en konklusies

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het vertikale en het horizontale getij tesamen genomen en besproken.

Voor het vertikale getij kunnen de berekeningen in 3 groepen worden verdeeld nl.:

- 2, 4 en 5 dat wil zeggen WIGEST, TYBERL 4 en TYBERL 5
- 6 en 7 dat wil zeggen TYBERL 6 en WAQUA
- 3 dat wil zeggen FEM.

De resultaten in één groep wijken gemiddeld minder af dan tussen de groepen onderling of tussen een groep en de meting. De spreiding is het kleinst langs de Nederlandse kust en voor de twee zee-stations ((40, 20) en (27, 26)). Deze clustering is het duidelijkst voor de m_2 -komponent en is minder, maar wel duidelijk aanwezig voor de overige componenten.

Het bovenstaande geldt vrijwel onveranderd ook voor het horizontale getij; door het ontbreken van meetresultaten kunnen de berekeningen alleen onderling vergeleken worden. De verschillen tussen 2, 4 en 5 zijn zeer gering; de resultaten van 3 wijken duidelijk af, met name langs de Engelse en de Belgische kust en in het Kanaal. Deze verschillen moeten met enige terughoudendheid geïnterpreteerd worden, omdat bijna alle stations dicht onder de kust liggen. Een kleine verschuiving in de ligging van een station kan dan grote invloed hebben op de snelheid. Zo blijken in FEM enkele stations op de kustlijn te liggen, waardoor de snelheid steeds langs de kust gericht is, fig. 13a, b en c. Voor stations die verder op zee liggen zijn de verschillen aanmerkelijk kleiner, fig. 13d, e, g en h; dit geldt echter niet voor station (12, 26), fig. 13i.

De invloed van een andere bodemschematisatie is groot; voor de m_2 -komponent zijn de verschillen tussen 6 en 7 en de meting systematisch kleiner dan voor elke andere berekening en de meting. Dit geldt overigens niet voor de hogere componenten. Voor het horizontale getij blijken de verschillen tussen 6 en 7 in veel kuststations tamelijk groot; langs de Nederlandse kust en voor de zee-stations zijn de verschillen klein.

Tenslotte moet opgemerkt worden dat de modellen in dit projekt niet geijkt zijn; dit kan tot gevolg hebben dat de eindige differentiemodellen enigszins

bevoordeeld zijn ten opzichte van het eindige elementenmodel, omdat de invoergegevens aan een eindige differentieelmodel ontleend zijn.

Op basis van de resultaten worden de volgende konklusies getrokken:

1. de invloed van de advektieve termen in de impulsvergelijkingen op het horizontale getij en op de m_1 - en de m_2 -komponent van het verticale getij is gering. Deze termen zijn wel van belang voor het opwekken van de hogere harmonischen, hoewel de totale invloed hiervan op de getijkrommen beperkt is. De advektietermen zijn heel duidelijk wel van belang voor het opwekken van de a_0 -komponent (verschil tussen 4 en 5 in tabel 5), dat wil zeggen voor het opwekken van reststromen,
2. de resultaten met het eindige elementenprogramma, FEM (nr. 3), wijken met name langs de kusten significant af van de resultaten met de eindige differentieelprogramma's, 2, 4 en 5. Voor het vertikaal getij is dit ten opzichte van de meting een afwijking in negatieve zin,
3. de resultaten van 2, 4 en 5 vertonen een sterke overeenkomst; de verschillen met de meting, voor het verticale getij, zijn echter aanzienlijk. Voor het horizontale getij zijn de onderlinge verschillen klein tot zeer klein,
4. de invloed van de bodemschematisatie is groot; ten opzichte van de meting zijn alleen voor de m_2 -komponent de verschillen systematisch kleiner dan voor de andere berekeningen. Voor het horizontale getij zijn de verschillen tussen 6 en 7 soms zeer aanzienlijk. Als oorzaak worden verschillen in schematisatie vermoed.

De generale konklusie van deze studie is dat de spreiding tussen berekeningen onderling (met in principe dezelfde invoergegevens) kleiner is dan tussen de berekeningen en de meting, zodat de resultaten niet in overheersende mate worden beïnvloed door numerieke effecten. Deze generale konklusie onderschrijft de konklusies uit [4], zie ook paragraaf 3.1 van dit rapport. Om te komen tot een geïjkt model van de zuidelijke Noordzee kan uitgegaan worden van elk van de gebruikte modellen, de aandacht kan daarbij gekoncentreerd worden op de randvoorwaarden, de schematisatie en de bodemwrijving. Als de hogere (Fourier) componenten en/of reststromen van belang zijn, dan wordt aanbevolen hiervoor een programma te kiezen waarin de advektieve termen in de impulsvergelijkingen niet zijn verwaarloosd.

4.2 Aanbevelingen

Bij de uitvoering van het onderzoek is een aantal ervaringen opgedaan die voor soortgelijke projekten van nut kunnen zijn. Gebaseerd op deze ervaringen worden de volgende suggesties of aanbevelingen gedaan:

1. Verschillen in de invoergegevens, zelfs kleine verschillen, kunnen een evaluatie van de berekeningen in sterke mate hinderen. Aanbevolen wordt alle invoergegevens in een gezamenlijke vergadering tot in detail door te spreken alvorens de simulatie-runs gedraaid worden.
2. De ligging van kontrolestations is tamelijk kritisch. Voor een vergelijking van berekeningen onderling kunnen in principe alle rekenpunten gebruikt worden. Meetgegevens zullen in het algemeen slechts in enkele stations beschikbaar zijn, waarbij de ligging bijna steeds dicht onder de kust is. Aanbevolen wordt om in zo'n geval enkele stations te kiezen die verder op zee liggen (b.v. langs de loodlijn op de kust vanuit het meetpunt), zodat de gevoeligheid voor de ligging van het station onderzocht kan worden.
3. Een vergelijkingscriterium moet bij voorkeur vooraf gedefinieerd worden.
4. Grafische uitvoer die door elk van de programma's afzonderlijk is geproduceerd vertoont vrijwel onvermijdelijk verschillen. Een betere methode lijkt te zijn dat de resultaten in getalvorm worden toegeleverd en door één persoon bewerkt worden.
5. In dit projekt zijn de modellen niet geijkt, dit kan tot gevolg hebben dat de eindige differentiemodellen enigszins bevoordeeld zijn ten opzichte van het eindige elementenprogramma, omdat de invoergegevens aan een eindige differentiemodel ontleend zijn. Een andere aanpak is denkbaar, waarbij van de ruwe gegevens (kaarten etc.) wordt uitgegaan en waarbij alle modellen geijkt worden. Voor een goede vergelijking moeten de resultaten worden aangevuld met een gevoeligheidsonderzoek en een verifikatie. Deze aanpak is veel omvangrijker, maar zal een beter en objektiever beeld geven van de verschillende modellen.

LITERATUUR

1. Opdrachtbrief RWS aan WL, kenmerk KZ 4094, d.d. 6 oktober 1977
2. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Getijberekening zuidelijke Noordzee, brief verslag R1319, mei 1978
3. Verslag bespreking "Getijberekeningen zuidelijke Noordzee", d.d. 28-9-1978. WL kenmerk R1319/4695-78
4. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Vergelijking van getijberekeningen voor de zuidelijke Noordzee met behulp van verschillende modellen. Informatieblad X60 - 1982
5. Opdrachtbrief RWS aan WL, kenmerk BXF/22.451 d.d. 20 augustus 1981
6. RIJKSWATERSTAAT
Overzicht berekeningen zuidelijk deel van de Noordzee, Nota WWKZ-78G003 (1^e uitgave), 1978
7. RIJKSWATERSTAAT
Overzicht berekeningen zuidelijk deel van de Noordzee, Nota WWKZ-79G006 (2^e uitgave), 1979
8. PRAAGMAN, N.
Numerical solution of the shallow water equations by a finite element method. Proefschrift THD, 1979
9. LEENDERTSE, J.J.
Aspects of a computational model for long period water-wave propagation. Rand Corporation, Memorandum RW-5294-PR, 1967
10. JOHNSON, C.N. et al.
Users' guide to SIMSYS2D: two-dimensional water quality simulation system for well-mixed estuaries and coastal seas. Rand Corporation, Working Draft WD-822-Neth., 1981
11. WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM
Gebruikershandleiding WIGEST, 1978

	Meting	WIGEST	FEM	TYBERL			WAQUA
				2264	2236	2260	2265
Nummer	1	2	3	4	5	6	7
Advektieve termen in la en lb		-	+	-	+	+	+
C: konstant (60)		+	+	+	+	+	
C: uit Manning							+

Tabel 1: Verschillen in de wiskundige formulering.

4
andere geometrie
en bodemwrijving

I

Tabel 2a : Bodemschematisatie Zuidelijke Noordzee; ZUNO 64 D

	1											
J	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	210	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	238	110	110	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	230	200	100	100	0	0	0	0	0	0	0	
26	230	170	200	290	220	170	150	150	100	100	150	
25	250	200	200	200	250	230	220	190	200	200	200	
24	320	320	250	290	250	200	150	150	270	250	220	
23	250	200	200	200	150	200	310	220	300	300	250	
22	400	380	300	200	200	230	220	220	310	310	250	
21	470	470	230	230	200	300	360	330	300	290	240	
20	400	420	400	350	270	360	360	200	200	200	150	
19	360	250	350	440	330	290	200	150	200	300	330	
18	360	300	250	250	330	290	270	200	330	300	270	
17	360	360	290	250	250	300	300	270	230	200	270	
16	340	360	340	300	230	230	230	230	200	270	270	
15	340	340	340	300	290	200	230	270	280	290	300	
14	310	310	310	310	290	290	290	290	290	290	300	
13	300	310	310	310	270	270	290	290	290	300	300	
12	330	310	300	290	290	290	290	300	300	300	300	
11	290	280	290	290	290	290	290	300	300	300	300	
10	250	250	270	270	280	280	290	290	300	300	300	
9	250	250	260	270	270	280	280	290	290	300	300	
8	230	240	250	250	260	260	270	280	290	300	300	
7	270	270	270	280	280	290	290	300	300	300	300	
6	260	260	270	270	280	280	290	300	300	300	300	
5	260	260	270	270	280	280	290	290	300	300	300	
4	270	270	280	280	290	290	290	300	300	300	300	
3	280	290	290	290	290	300	300	300	300	300	300	
2	290	290	290	300	300	300	300	300	300	300	300	
1	280	280	290	290	290	300	300	300	300	300	300	

Tabel 2b : Bodemschematisatie Zuidelijke Noordzee; ZUNO 64 D

Co-ord.		Amplitude-fase komponent (cm, graden)									
randpunt	A ₀	m ₁		m ₂		m ₄		m ₆		m ₈	
50, 16	0	18	123	76	178	16	212	20	299	8	6
44, 22		19	110	64	187	12	198	13	283	4	26
41, 25		18	105	55	200	7	182	6	232	2	152
37, 29		16	107	61	211	2	204	9	180	2	159
33, 33		19	95	78	221	5	368	19	159	3	201
30, 36		21	31	139	219	14	344	12	141	3	225
26, 40		25	73	201	213	23	336	8	107	3	203
2, 16		15	55	343	366	52	291	22	203	10	149
2, 20	5	27	308	351	50	259	19	154	8	85	

Tabel 3: Randvoorwaarden.

Coord.	Naam station	Meting	WIGEST	FEM	TYBERL			WAQUA
					2264	2236	2260	2265
8, 12	Duinkerken	x	x	x	x	x	-	-
9, 12	Duinkerken	-	-	-	-	-	x	x
18, 9	Zeebrugge	x	x	x	x	x	x	x
22, 6	Vlissingen	x	x	x	x	x	x	x
33, 10	H.v.Holland	x	x	x	x	x	x	x
38, 10	Katwijk	x	x	x	x	x	x	x
42, 12	IJmuiden	x	x	x	x	x	x	x
25, 37	Winterton	-	x	x	x	x	-	-
23, 33	Lowestoft	x	-	x	x	x	x	x
12, 30	Harwich	x	x	x	x	x	x	x
5, 22	Ramsgate	x	x	x	x	x	x	x
2, 20	Dover	[x]	x	x	0	0	0	x
50, 16	Den Helder	[x]	x	x	0	0	0	x
30, 10		-	x	x	x	x	x	x
30, 12		-	x	x	x	x	x	x
32, 11		-	x	x	0	0	x	x
32, 12		-	x	x	x	x	x	x
34, 10		-	x	x	x	x	x	x
40, 20		-	x	x	x	x	x	x
27, 26		-	x	x	x	x	x	x
12, 26		-	x	x	x	x	x	x
26, 37		-	-	-	-	-	x	x

Tabel 4: Overzicht van de stations waarin de resultaten zijn uitgevoerd.

[x]: randvoorwaarde; 0: resultaten onvolledig.

WAARNEMINGEN EN REKENINGEN M0 GETIJ

PUNT	1		2		3		4		5		6		7	
	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE
(8,12)	I	-8.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(18, 9)	I	-18.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(22, 6)	I	-14.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(30,10)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(30,12)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(32,11)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(32,12)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(33,10)	I	-11.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(34,10)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(38,10)	I	-12.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(42,12)	I	-20.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(40,20)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(27,26)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(25,37)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(12,30)	I	4.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(12,26)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(5,22)	I	13.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(23,33)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(2,20)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00
(18,12)	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00	I	0.00

Tabel 5 : Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m₀-komponent

WAARNEMINGEN EN BEREKENINGEN M1 GE1IJ

PUNT	1		2		3		4		5		6		7	
	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE
(8,12)	I 14.00	64.00	I 14.90	87.60	I 15.00	69.90	I 15.00	88.00	I 15.00	83.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18, 9)	I 18.00	96.00	I 16.00	105.90	I 18.60	117.60	I 18.00	107.00	I 18.00	104.00	I 19.00	94.00	I 19.00	96.00
(22, 6)	I 20.00	105.00	I 17.50	133.30	I 19.20	130.30	I 17.00	134.00	I 17.00	131.00	I 20.00	115.00	I 20.00	115.00
(30,10)	I 0.00	0.00	I 19.00	113.20	I 19.40	119.70	I 19.00	113.00	I 19.00	111.00	I 21.00	105.00	I 20.00	106.00
(30,12)	I 0.00	0.00	I 19.00	113.30	I 19.30	118.70	I 19.00	113.00	I 19.00	111.00	I 21.00	105.00	I 20.00	106.00
(32,11)	I 0.00	0.00	I 19.00	114.00	I 19.10	119.10	I 19.00	114.00	I 19.00	112.00	I 21.00	106.00	I 20.00	107.00
(32,12)	I 0.00	0.00	I 18.90	114.00	I 19.10	118.20	I 19.00	114.00	I 19.00	112.00	I 21.00	106.00	I 20.00	107.00
(33,10)	I 23.00	119.00	I 19.00	114.10	I 19.10	117.40	I 19.00	114.00	I 19.00	112.00	I 21.00	106.00	I 21.00	108.00
(34,10)	I 0.00	0.00	I 19.00	114.30	I 19.10	118.30	I 19.00	114.00	I 19.00	112.00	I 21.00	107.00	I 21.00	108.00
(38,10)	I 24.00	115.00	I 18.90	115.40	I 18.90	118.50	I 19.00	115.00	I 19.00	113.00	I 21.00	109.00	I 20.00	110.00
(42,12)	I 23.00	117.00	I 18.60	115.60	I 18.60	118.00	I 19.00	115.00	I 19.00	114.00	I 20.00	111.00	I 20.00	112.00
(40,20)	I 0.00	0.00	I 18.20	110.80	I 18.20	112.70	I 18.00	111.00	I 19.00	110.00	I 19.00	109.00	I 19.00	111.00
(27,26)	I 0.00	0.00	I 19.00	106.10	I 19.00	109.20	I 19.00	105.00	I 19.00	105.00	I 20.00	101.00	I 20.00	103.00
(25,37)	I 0.00	0.00	I 22.60	61.30	I 23.50	76.20	I 23.00	62.00	I 23.00	62.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(12,30)	I 21.00	97.00	I 19.90	112.70	I 20.10	112.80	I 20.00	113.00	I 20.00	111.00	I 20.00	105.00	I 20.00	107.00
(12,26)	I 0.00	0.00	I 19.00	111.10	I 19.10	113.90	I 19.00	112.00	I 19.00	109.00	I 20.00	104.00	I 19.00	106.00
(5,22)	I 17.00	102.00	I 14.60	109.30	I 15.50	119.10	I 14.00	110.00	I 14.00	109.00	I 14.00	105.00	I 15.00	106.00
(23,33)	I 23.00	86.00	I 0.00	0.00	I 21.10	95.00	I 21.00	98.00	I 21.00	97.00	I 21.00	95.00	I 21.00	98.00
(2,20)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18,12)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00

Tabel 6 : Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_1 -komponent

WAARNEMINGEN EN REKENINGEN N^o 2 GETIJ

PUNT	1		2		3		4		5		6		7	
	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE
(8,12)	I 284.00	11.00	I 268.30	17.90	I 254.70	16.90	I 269.00	18.00	I 271.00	18.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18, 9)	I 214.00	34.00	I 191.40	40.60	I 172.90	46.60	I 193.00	41.00	I 194.00	40.00	I 208.00	37.00	I 204.00	40.00
(22, 6)	I 219.60	51.00	I 185.50	79.70	I 185.90	67.70	I 188.00	83.00	I 190.00	62.00	I 212.00	71.00	I 211.00	74.00
(30,10)	I 0.00	0.00	I 85.30	77.30	I 85.10	80.30	I 101.00	77.00	I 101.00	76.00	I 105.00	73.00	I 102.00	75.00
(30,12)	I 0.00	0.00	I 98.60	77.90	I 76.90	79.00	I 86.00	76.00	I 88.00	75.00	I 90.00	72.00	I 89.00	74.00
(32,11)	I 0.00	0.00	I 80.50	88.30	I 71.60	90.80	I 82.00	87.00	I 83.00	86.00	I 85.00	82.00	I 84.00	84.00
(32,12)	I 0.00	0.00	I 75.00	88.10	I 68.70	89.50	I 77.00	87.00	I 77.00	86.00	I 79.00	82.00	I 78.00	83.00
(33,10)	I 87.00	79.00	I 82.60	92.80	I 75.90	92.80	I 84.00	92.00	I 84.00	90.00	I 86.00	88.00	I 86.00	89.00
(34,10)	I 0.00	0.00	I 79.30	98.00	I 70.70	99.20	I 81.00	97.00	I 81.00	95.00	I 83.00	92.00	I 83.00	94.00
(38,10)	I 78.00	102.00	I 74.90	116.90	I 68.70	119.80	I 75.00	115.00	I 75.00	114.00	I 75.00	113.00	I 75.00	112.00
(42,12)	I 74.00	130.00	I 70.60	142.40	I 70.20	144.00	I 70.00	141.00	I 70.00	140.00	I 71.00	138.00	I 70.00	138.00
(40,20)	I 0.00	0.00	I 47.80	174.70	I 50.20	177.60	I 47.00	174.00	I 47.00	173.00	I 46.00	174.00	I 44.00	176.00
(27,26)	I 0.00	0.00	I 23.90	-71.70	I 21.00	-76.40	I 20.00	297.00	I 21.00	298.00	I 31.00	305.00	I 35.00	309.00
(25,37)	I 0.00	0.00	I 164.00	-135.30	I 172.40	-139.40	I 161.00	225.00	I 161.00	295.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(12,30)	I 173.00	348.00	I 148.90	-10.00	I 133.30	-14.60	I 148.00	354.00	I 149.00	353.00	I 171.00	345.00	I 169.00	345.00
(12,26)	I 0.00	0.00	I 154.80	-3.30	I 144.00	-5.30	I 155.00	360.00	I 156.00	359.00	I 175.00	352.00	I 177.00	354.00
(5,22)	I 248.00	358.00	I 215.60	3.30	I 207.00	1.20	I 216.00	364.00	I 217.00	365.00	I 242.00	361.00	I 241.00	363.00
(23,33)	I 101.00	275.00	I 0.00	0.00	I 99.20	-101.30	I 79.00	263.00	I 80.00	263.00	I 89.00	273.00	I 94.00	280.00
(2,20)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18,12)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00

Tabel 7 : Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m₂-komponent

WAARNEMINGEN EN BEREKENINGEN M4 GETIJ

PUNT	1		2		3		4		5		6		7	
	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE
(8,12)	I 23.00	312.00	I 30.00	-34.30	I 29.30	-28.30	I 29.00	326.00	I 31.00	328.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18, 9)	I 18.00	89.00	I 20.60	67.70	I 17.70	102.40	I 20.00	67.00	I 20.00	76.00	I 22.00	80.00	I 26.00	81.00
(22, 6)	I 19.00	121.00	I 23.79	133.30	I 24.90	132.40	I 21.00	138.00	I 21.00	138.00	I 25.00	137.00	I 24.00	141.00
(30,10)	I 0.00	0.00	I 26.40	144.30	I 28.60	155.70	I 26.00	143.00	I 32.00	145.00	I 39.00	143.00	I 37.00	141.00
(30,12)	I 0.00	0.00	I 29.10	144.10	I 28.60	154.10	I 26.00	143.00	I 29.00	145.00	I 35.00	143.00	I 34.00	141.00
(32,11)	I 0.00	0.00	I 29.20	153.40	I 29.20	163.60	I 28.00	153.00	I 32.00	154.00	I 38.00	150.00	I 37.00	149.00
(32,12)	I 0.00	0.00	I 28.00	153.50	I 28.50	160.90	I 27.00	153.00	I 31.00	154.00	I 36.00	150.00	I 35.00	149.00
(33,10)	I 32.00	158.00	I 30.60	156.40	I 31.50	162.80	I 30.00	156.00	I 34.00	157.00	I 40.00	154.00	I 39.00	153.00
(34,10)	I 0.00	0.00	I 31.10	160.10	I 31.50	167.20	I 30.00	160.00	I 34.00	161.00	I 40.00	157.00	I 39.00	156.00
(38,10)	I 36.00	167.00	I 32.70	172.70	I 32.90	178.90	I 32.00	172.00	I 36.00	174.00	I 41.00	169.00	I 40.00	168.00
(42,12)	I 31.00	187.00	I 29.60	172.90	I 29.20	166.90	I 29.00	167.00	I 32.00	167.00	I 36.00	162.00	I 35.00	163.00
(40,20)	I 0.00	0.00	I 16.10	-177.50	I 15.70	-171.80	I 16.00	183.00	I 17.00	183.00	I 19.00	178.00	I 18.00	181.00
(27,26)	I 0.00	0.00	I 7.10	87.80	I 4.40	94.60	I 7.00	82.00	I 6.00	81.00	I 9.00	88.00	I 10.00	93.00
(25,37)	I 0.00	0.00	I 17.10	-5.40	I 19.40	-8.30	I 17.00	355.00	I 19.00	355.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(12,30)	I 16.00	54.00	I 11.90	23.40	I 12.90	12.30	I 13.00	52.00	I 16.00	28.00	I 15.00	21.00	I 9.00	30.00
(12,26)	I 0.00	0.00	I 12.10	10.60	I 13.80	4.90	I 13.00	19.00	I 15.00	15.00	I 14.00	10.00	I 10.00	10.00
(5,22)	I 18.00	279.00	I 19.90	-62.10	I 20.30	-53.60	I 19.00	298.00	I 22.00	286.00	I 26.00	283.00	I 26.00	294.00
(23,33)	I 11.00	25.00	I 0.00	0.00	I 10.30	28.10	I 10.00	57.00	I 13.00	27.00	I 13.00	35.00	I 12.00	60.00
(2,20)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18,12)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00

Tabel 8 : Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m₄-komponent

WAARNEMINGEN EN RERKENINGEN M6 GETIJ

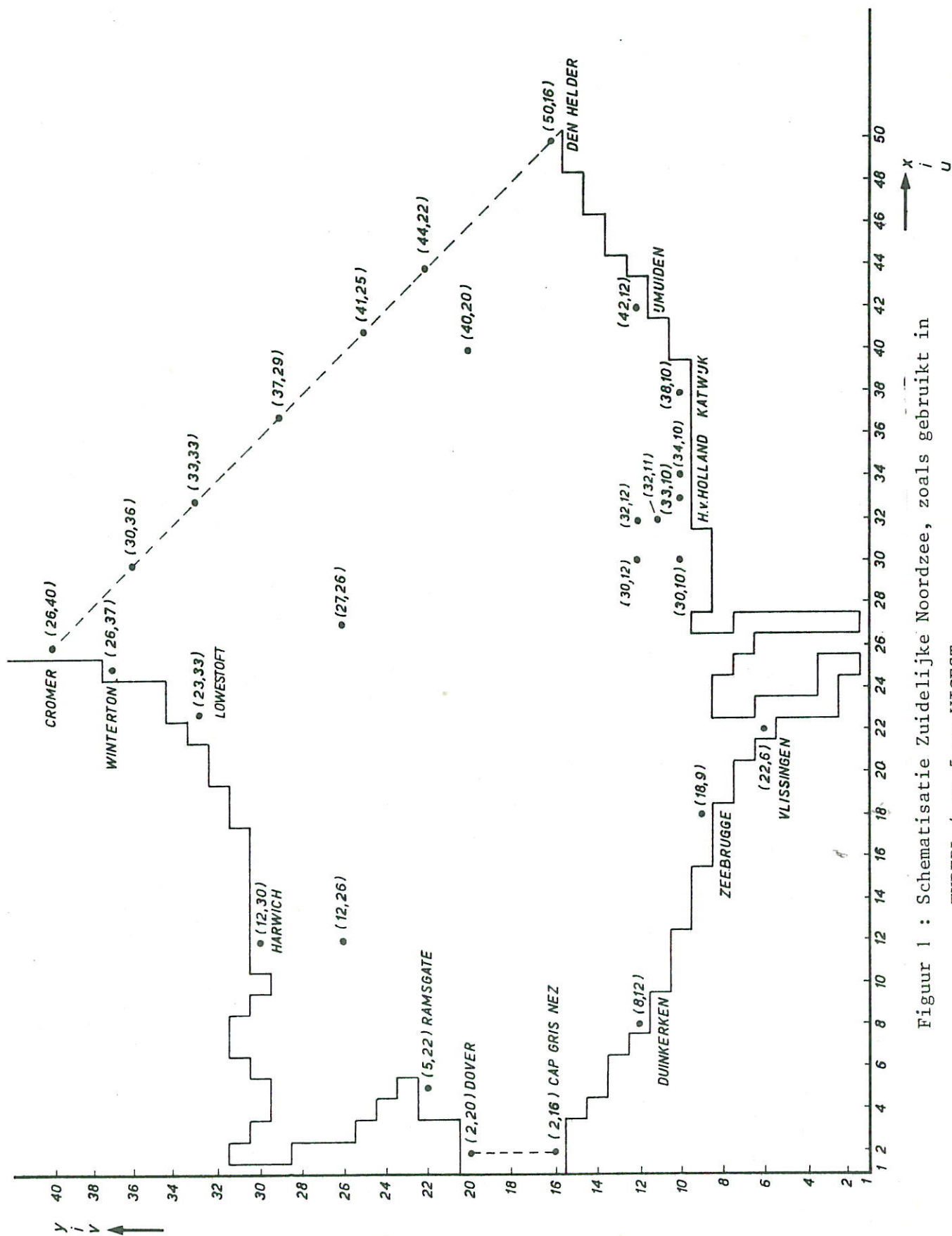
PUNT	1		2		3		4		5		6		7	
	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE
(8,12)	I	9.00	257.00	I	12.50	-89.90	I	15.70	-71.90	I	13.00	274.00	I	0.00
(18, 9)	I	21.00	53.00	I	25.60	28.30	I	13.30	36.90	I	27.00	53.00	I	21.00
(22, 6)	I	20.00	86.00	I	6.20	105.90	I	8.60	160.70	I	9.00	90.00	I	8.00
(30,10)	I	0.00	0.00	I	10.80	71.80	I	9.90	72.70	I	14.00	81.60	I	10.00
(30,12)	I	0.00	0.00	I	12.90	75.40	I	9.40	70.00	I	11.00	82.00	I	9.00
(32,11)	I	0.00	0.00	I	7.60	72.70	I	8.00	61.60	I	8.00	88.00	I	7.00
(32,12)	I	0.00	0.00	I	7.10	71.00	I	8.00	59.40	I	7.00	86.00	I	7.00
(33,10)	I	6.00	112.00	I	5.80	76.80	I	7.70	54.70	I	6.00	88.00	I	5.00
(34,10)	I	0.00	0.00	I	3.30	72.00	I	6.80	40.60	I	3.00	109.00	I	4.00
(38,10)	I	7.00	247.00	I	6.60	-77.60	I	7.60	-24.30	I	7.00	266.00	I	4.00
(42,12)	I	15.00	284.00	I	17.00	-74.90	I	14.70	-53.50	I	18.00	281.00	I	13.00
(40,20)	I	0.00	0.00	I	9.80	-91.30	I	9.30	-76.40	I	10.00	266.00	I	8.00
(27,26)	I	0.00	0.00	I	10.40	153.00	I	12.90	136.80	I	16.00	157.00	I	10.00
(25,37)	I	0.00	0.00	I	15.00	140.80	I	10.20	-29.60	I	15.00	317.00	I	0.00
(12,30)	I	14.00	344.00	I	12.30	-47.00	I	9.00	-29.00	I	9.00	319.00	I	8.00
(12,26)	I	0.00	0.00	I	8.00	-42.40	I	9.00	196.00	I	11.00	142.00	I	7.00
(5,22)	I	6.00	161.00	I	8.70	-164.30	I	9.40	-145.60	I	17.00	168.00	I	8.00
(23,33)	I	11.00	168.00	I	0.00	0.00	I	14.00	169.90	I	0.00	0.00	I	14.00
(2,20)	I	0.00	0.00	I	0.00	0.00	I	0.00	0.00	I	0.00	0.00	I	0.00
(18,12)	I	0.00	0.00	I	0.00	0.00	I	0.00	0.00	I	0.00	0.00	I	0.00

Tabel 9 : Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m₆-komponent

WAARNEMINGEN EN BEREKENINGEN NR GETIJ

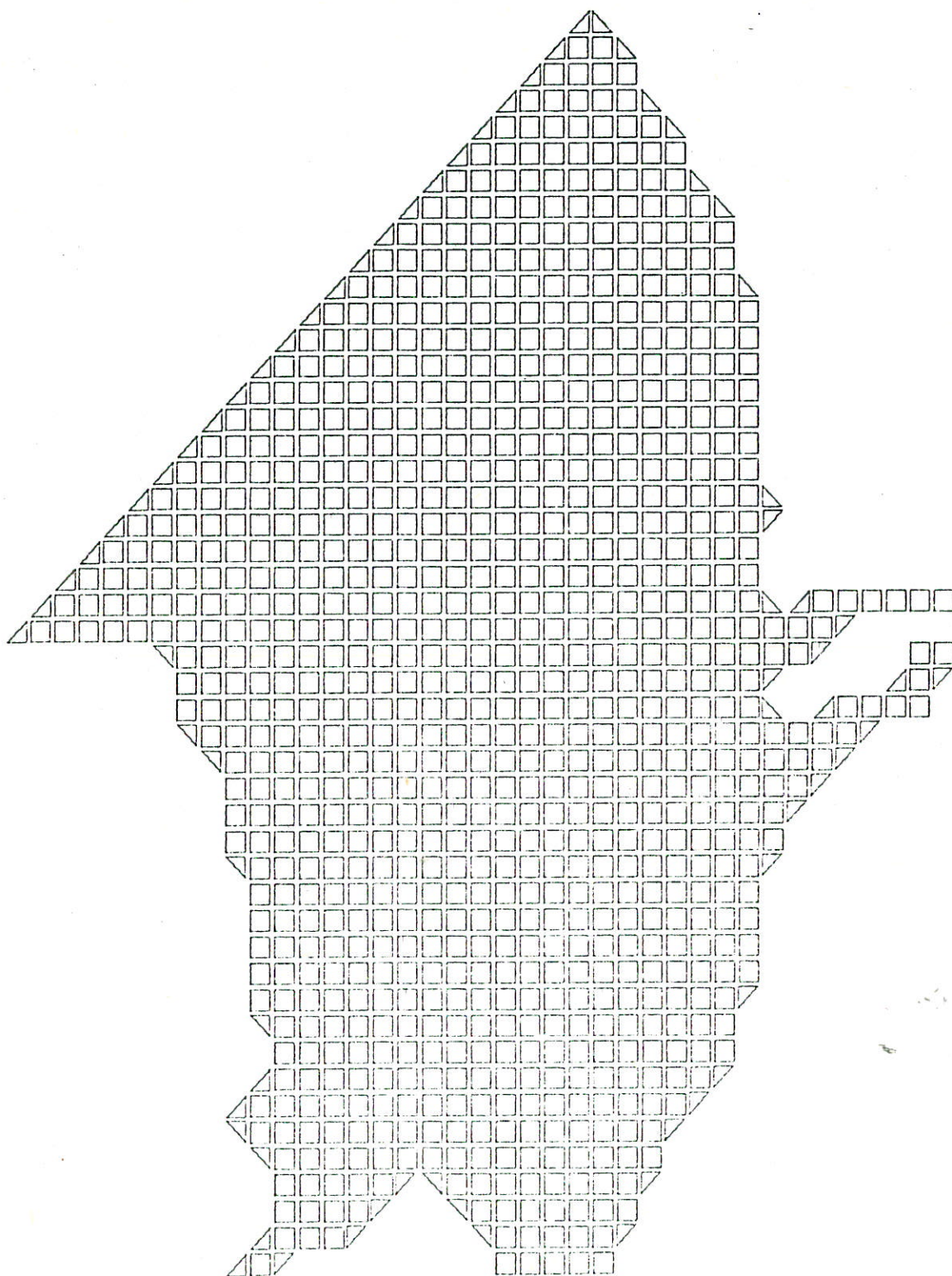
PUNT	1		2		3		4		5		6		7	
	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE	AMPL	FASE
(8,12)	I 10.00	214.00	I 11.90	-132.40	I 13.20	-120.10	I 12.00	230.00	I 13.00	236.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18, 9)	I 8.00	353.00	I 12.20	6.40	I 10.90	12.00	I 12.00	12.00	I 13.00	13.00	I 14.00	15.00	I 11.00	23.00
(22, 6)	I 9.00	76.00	I 7.50	69.40	I 1.80	82.30	I 11.00	79.00	I 12.00	77.00	I 11.00	64.00	I 10.00	77.00
(30,10)	I 0.00	0.00	I 8.50	-175.00	I 7.80	-166.90	I 11.00	196.00	I 12.00	197.00	I 14.00	192.00	I 9.00	187.00
(30,12)	I 0.00	0.00	I 10.80	-171.90	I 7.00	-169.60	I 9.00	193.00	I 10.00	194.00	I 11.00	188.00	I 7.00	185.00
(32,11)	I 0.00	0.00	I 9.50	-158.30	I 7.70	-151.30	I 10.00	208.00	I 11.00	210.00	I 11.00	205.00	I 8.00	211.00
(32,12)	I 0.00	0.00	I 8.70	-160.20	I 7.70	-156.40	I 9.00	207.00	I 10.00	208.00	I 10.00	203.00	I 7.00	209.00
(33,10)	I 11.00	206.00	I 10.00	-150.50	I 8.40	-150.00	I 10.00	216.00	I 11.00	218.00	I 11.00	214.00	I 8.00	225.00
(34,10)	I 0.00	0.00	I 9.50	-142.40	I 8.20	-143.40	I 9.00	223.00	I 11.00	226.00	I 10.00	224.00	I 9.00	237.00
(38,10)	I 10.00	247.00	I 7.80	-96.90	I 5.90	-97.90	I 7.00	267.00	I 9.00	273.00	I 9.00	286.00	I 10.00	285.00
(42,12)	I 10.00	309.00	I 8.90	-22.10	I 6.70	-13.20	I 8.00	349.00	I 10.00	344.00	I 13.00	344.00	I 12.00	331.00
(40,20)	I 0.00	0.00	I 2.40	40.20	I 2.20	48.90	I 3.00	49.00	I 3.00	44.00	I 3.00	26.00	I 2.00	10.00
(27,26)	I 0.00	0.00	I 2.20	67.50	I .40	161.90	I 2.00	75.00	I 3.00	87.00	I 2.00	100.00	I 2.00	140.00
(25,37)	I 0.00	0.00	I 3.40	-128.90	I 4.00	-135.30	I 3.00	251.00	I 3.00	226.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(12,30)	I 4.00	100.00	I 1.40	5.90	I 1.50	42.90	I 2.00	20.00	I 2.00	13.00	I 3.00	64.00	I 5.00	52.00
(12,26)	I 0.00	0.00	I 1.10	-83.80	I 1.30	-69.10	I 1.00	285.00	I 2.00	295.00	I 0.00	32.00	I 2.00	30.00
(5,22)	I 3.00	115.00	I 6.00	166.00	I 9.00	169.60	I 6.00	167.00	I 7.00	162.00	I 7.00	161.00	I 7.00	172.00
(23,33)	I 5.00	19.00	I 0.00	0.00	I 2.40	-45.00	I 3.00	361.00	I 3.00	11.00	I 3.00	342.00	I 0.00	39.00
(2,20)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00
(18,12)	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00	I 0.00	0.00

Tabel 10 : Amplituden en fasen voor meting en berekeningen; m_g-komponent

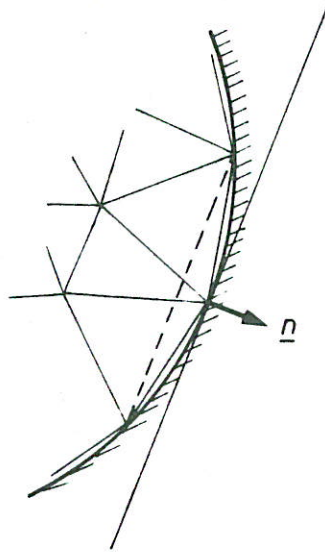


Figuur 1 : Schematisatie Zuidelijke Noordzee, zoals gebruikt in

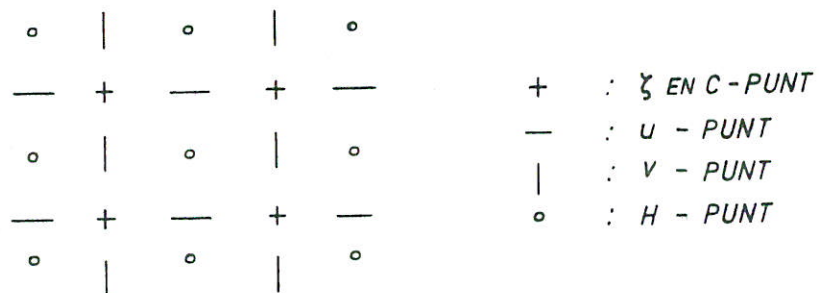
TYBERL 4 en 5 en WIGEST



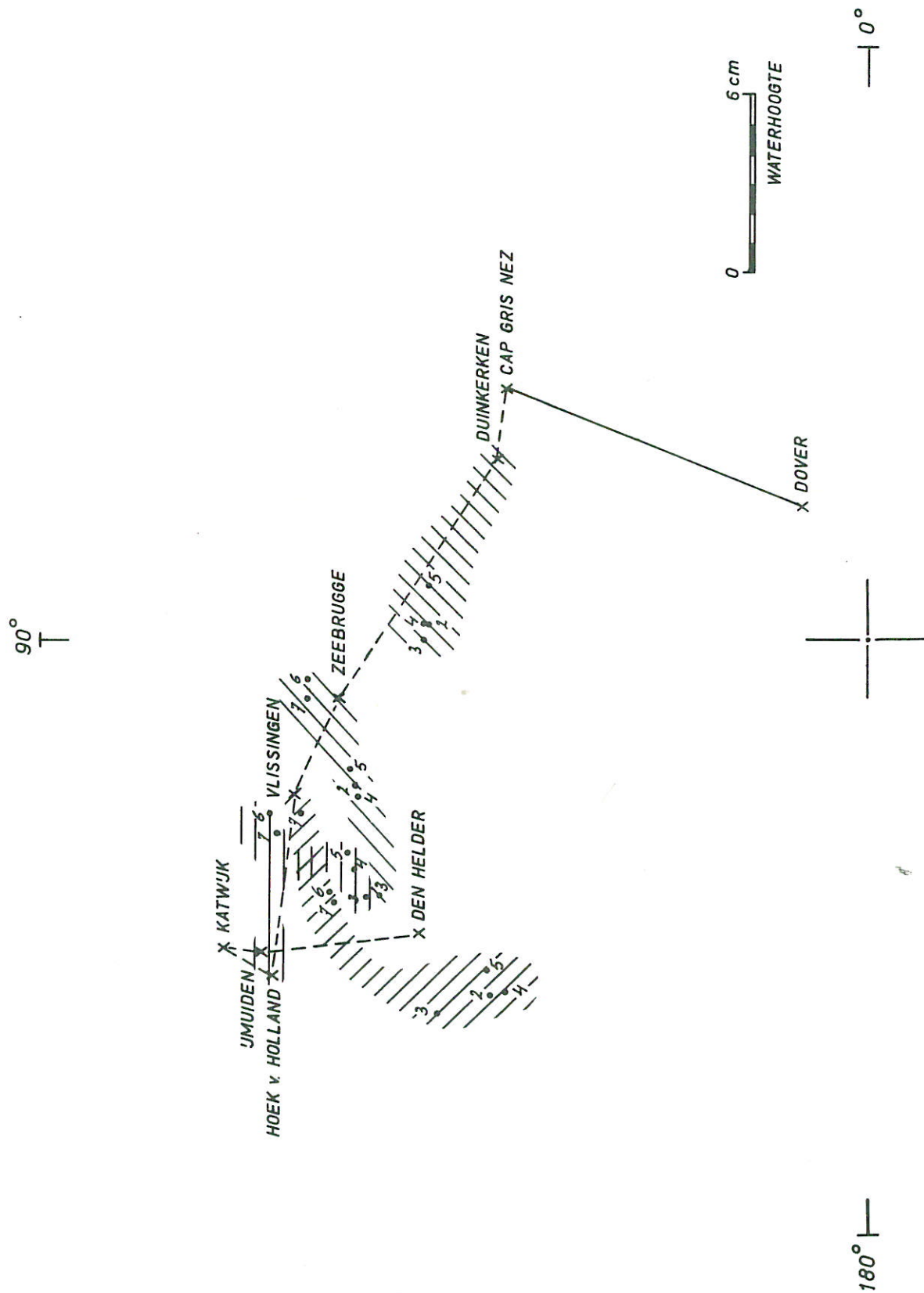
Figuur 2 : Schematisatie Zuidelijke Noordzee, zoals gebruikt in
in FEM



Figuur 3 : Bepalen van de normaal afgeleide aan een dichte rand in FEM



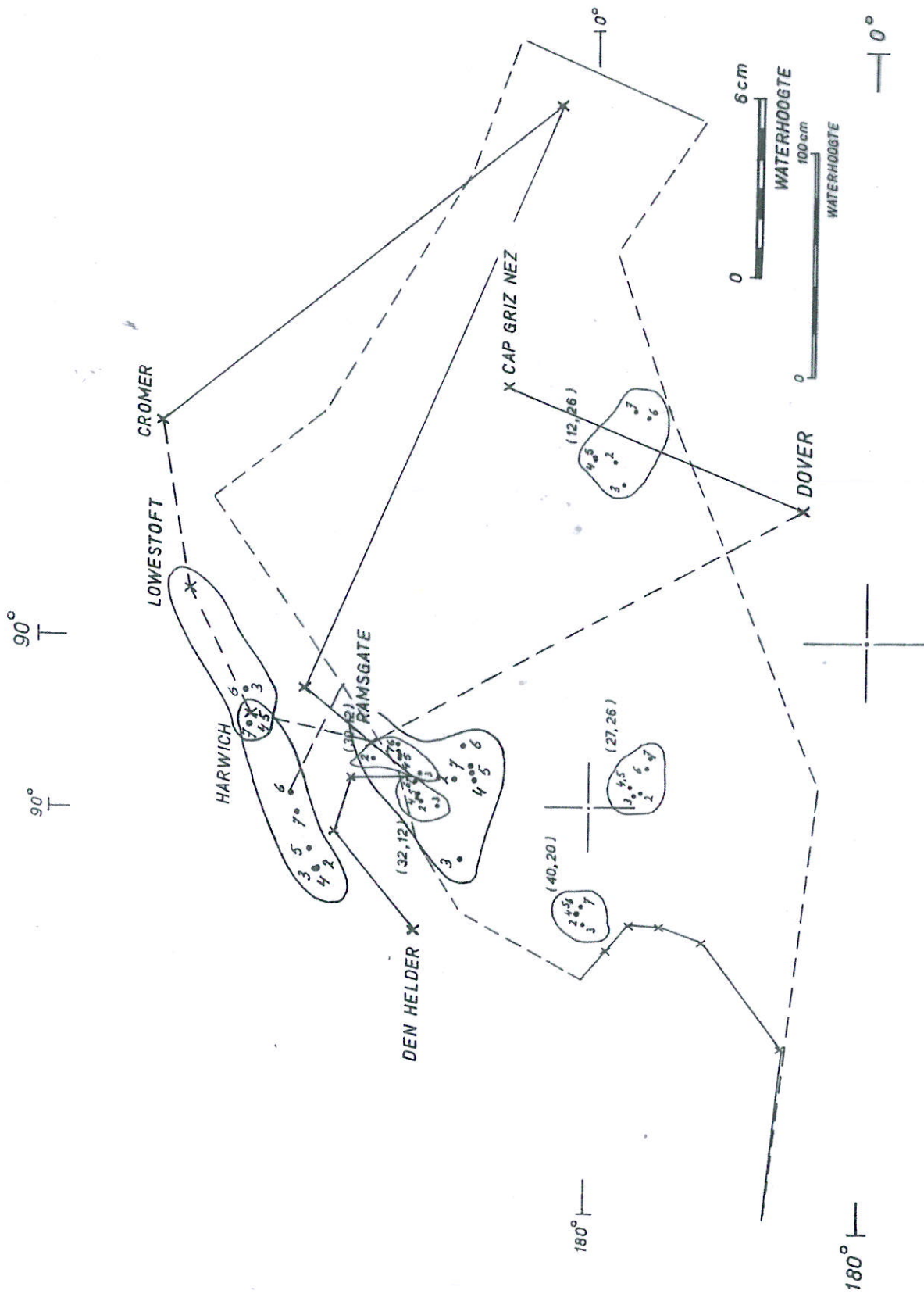
Figuur 4 : Het gestaggerde rooster van TYBERL, WAQUA en WIGEST



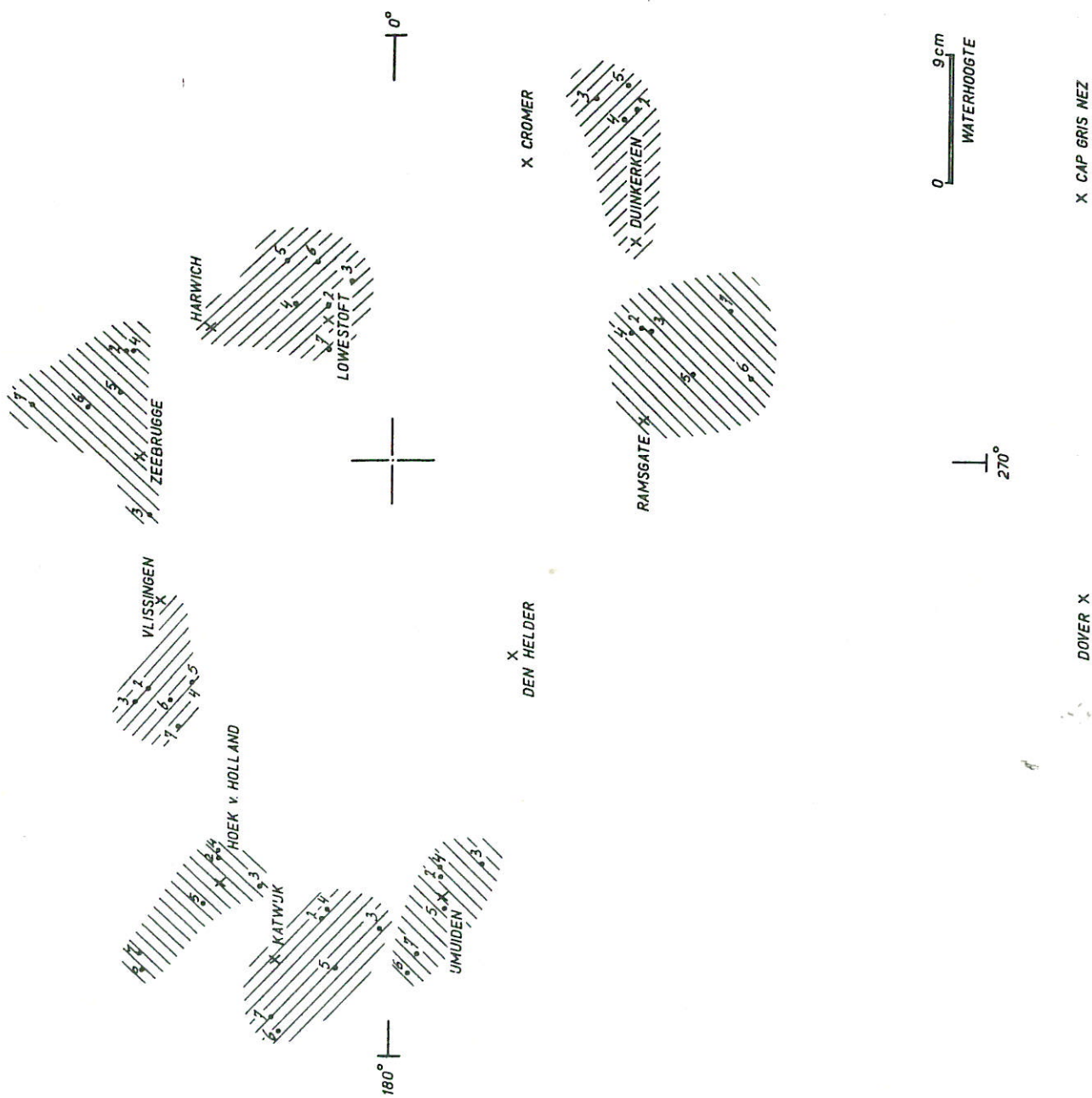
Figuur 5a : Amplituden en fasen m_1 -komponent



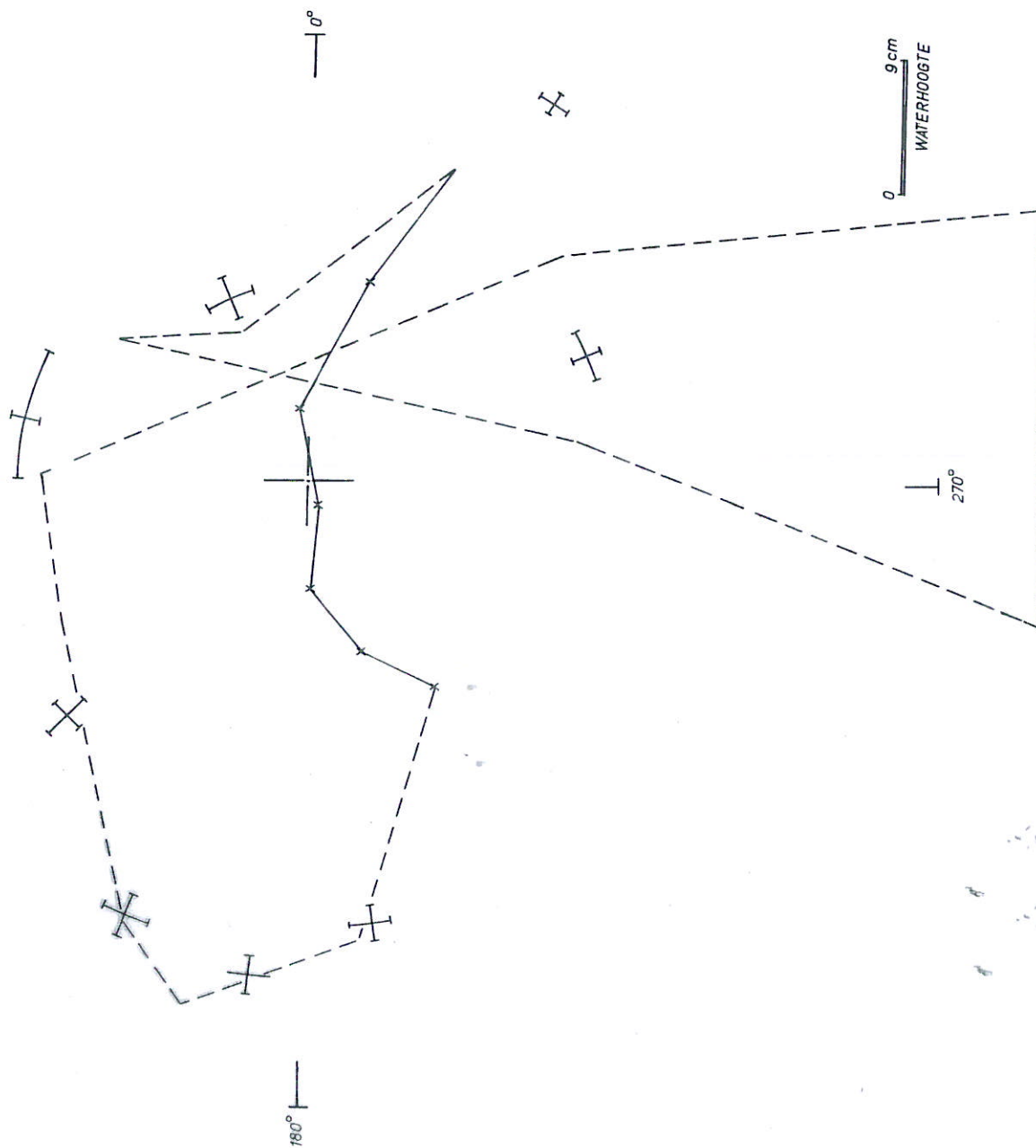
Figuur 6a : Amplituden en fasen m_2 -komponent



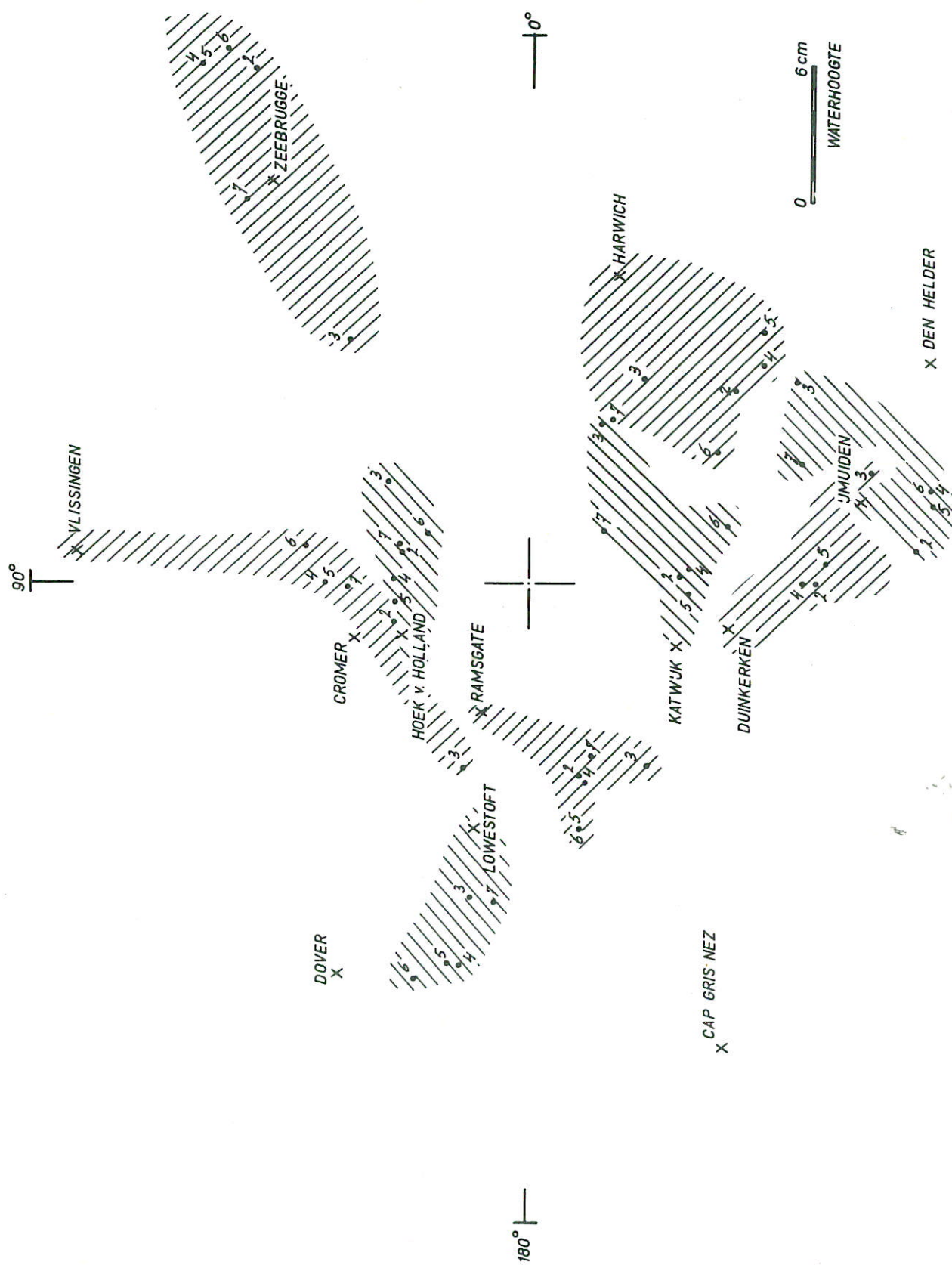
Figuur 6b : Amplituden en fasen m_2 -komponent
 Figuur 5b : Amplituden en fasen m_1 -komponent



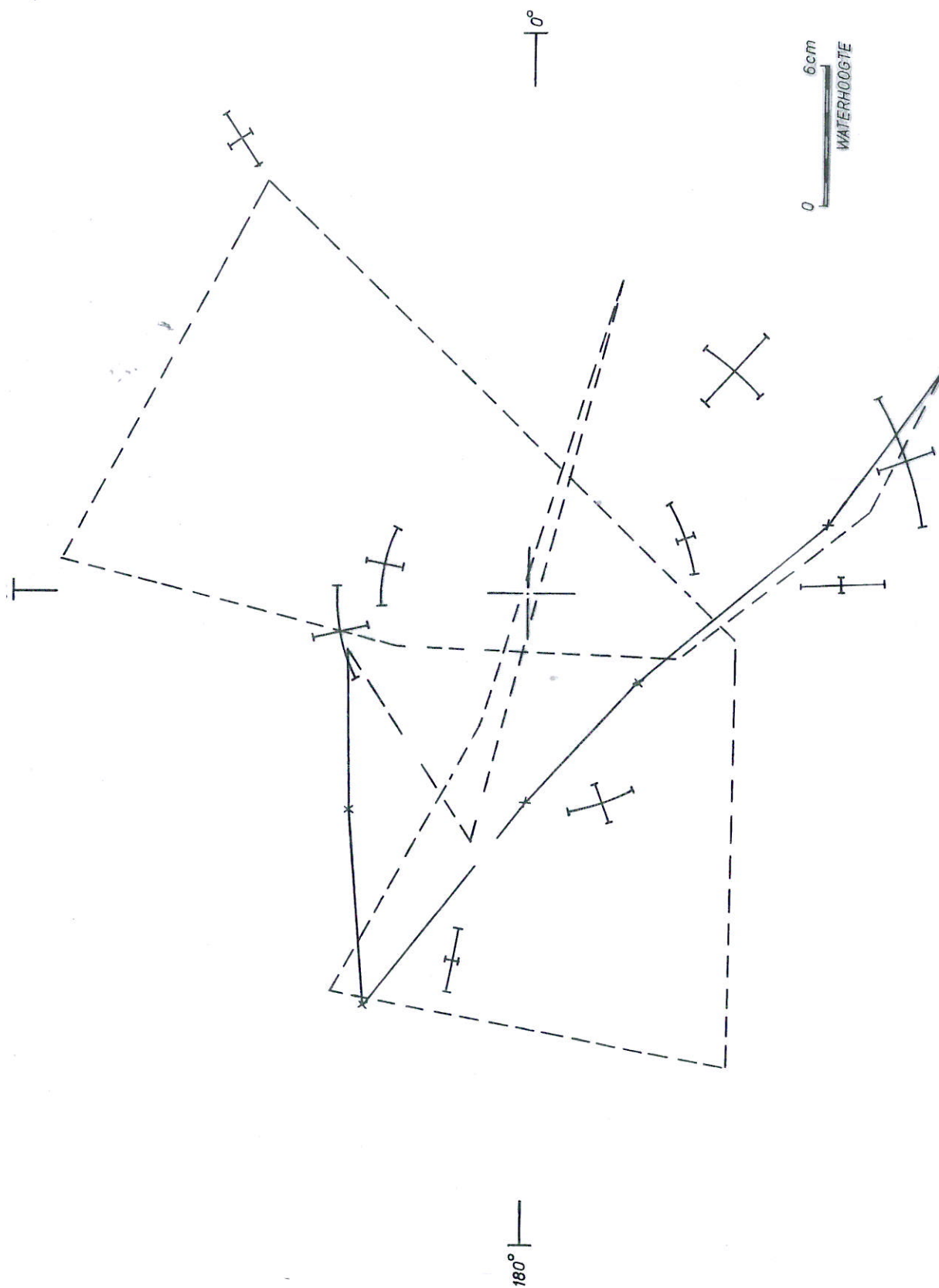
Figuur 7a : Amplituden en fasen m_4 -component



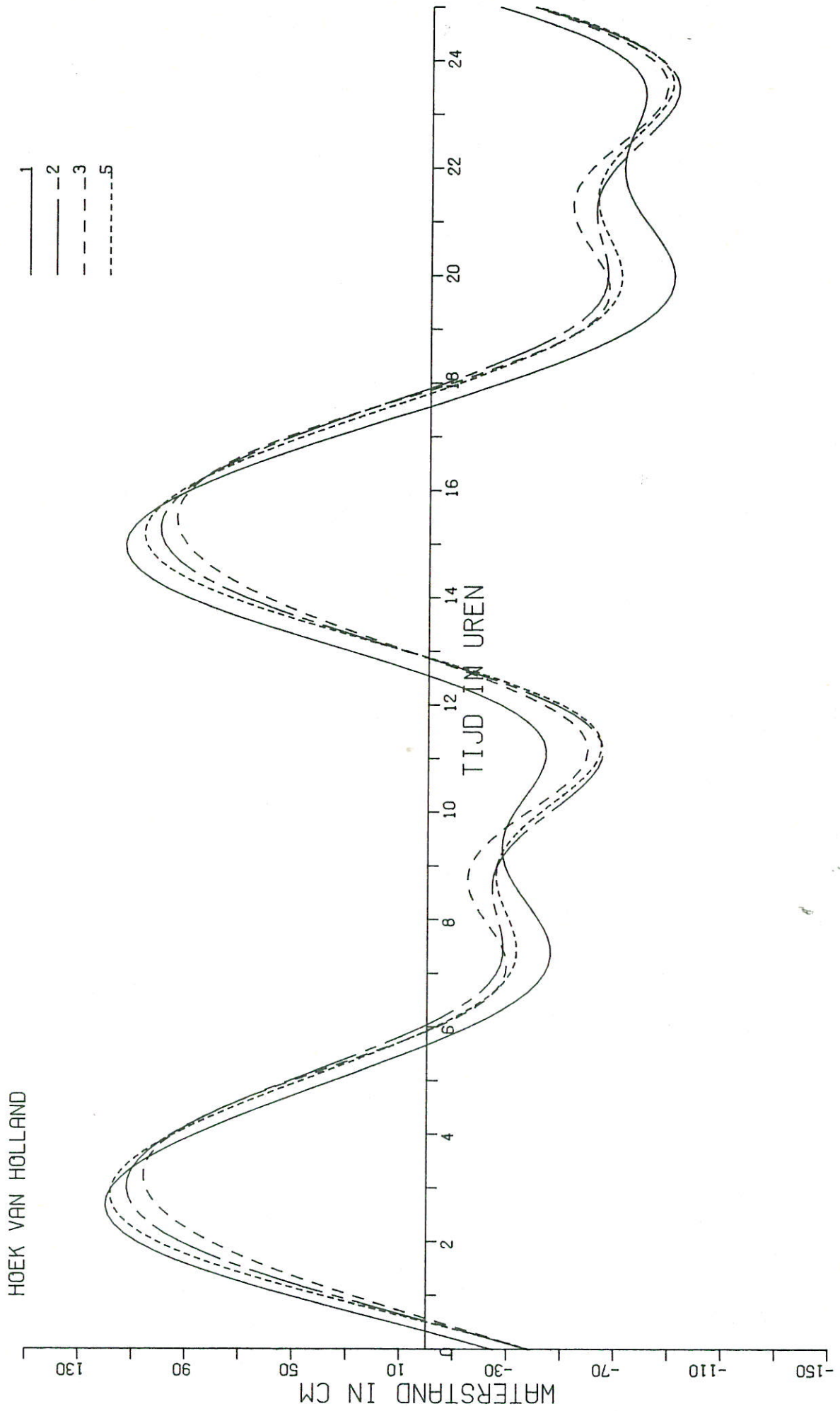
Figuur 7b : Amplituden en fasen m_4 -component



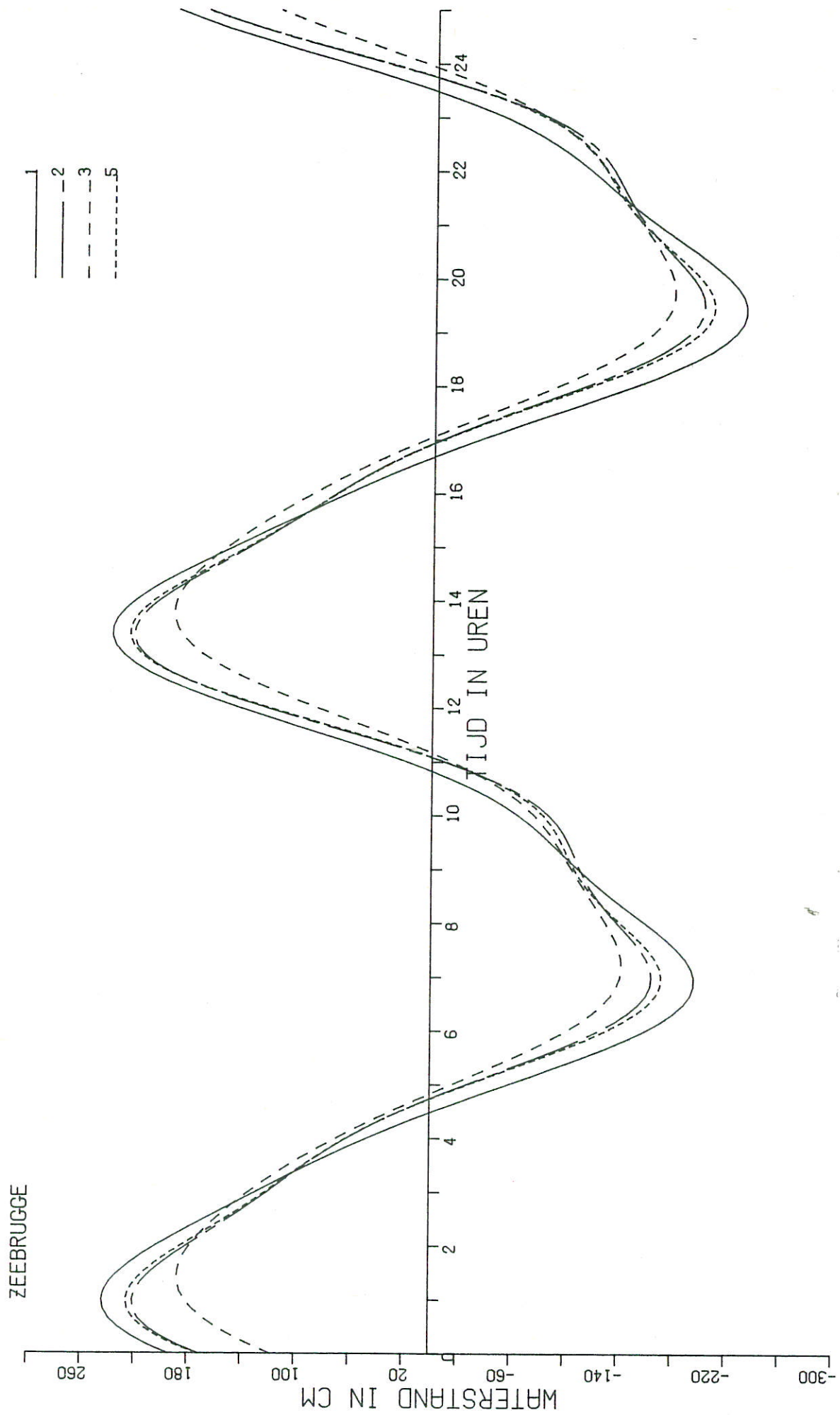
Figuur 8a : Amplituden en fasen m_6 -component



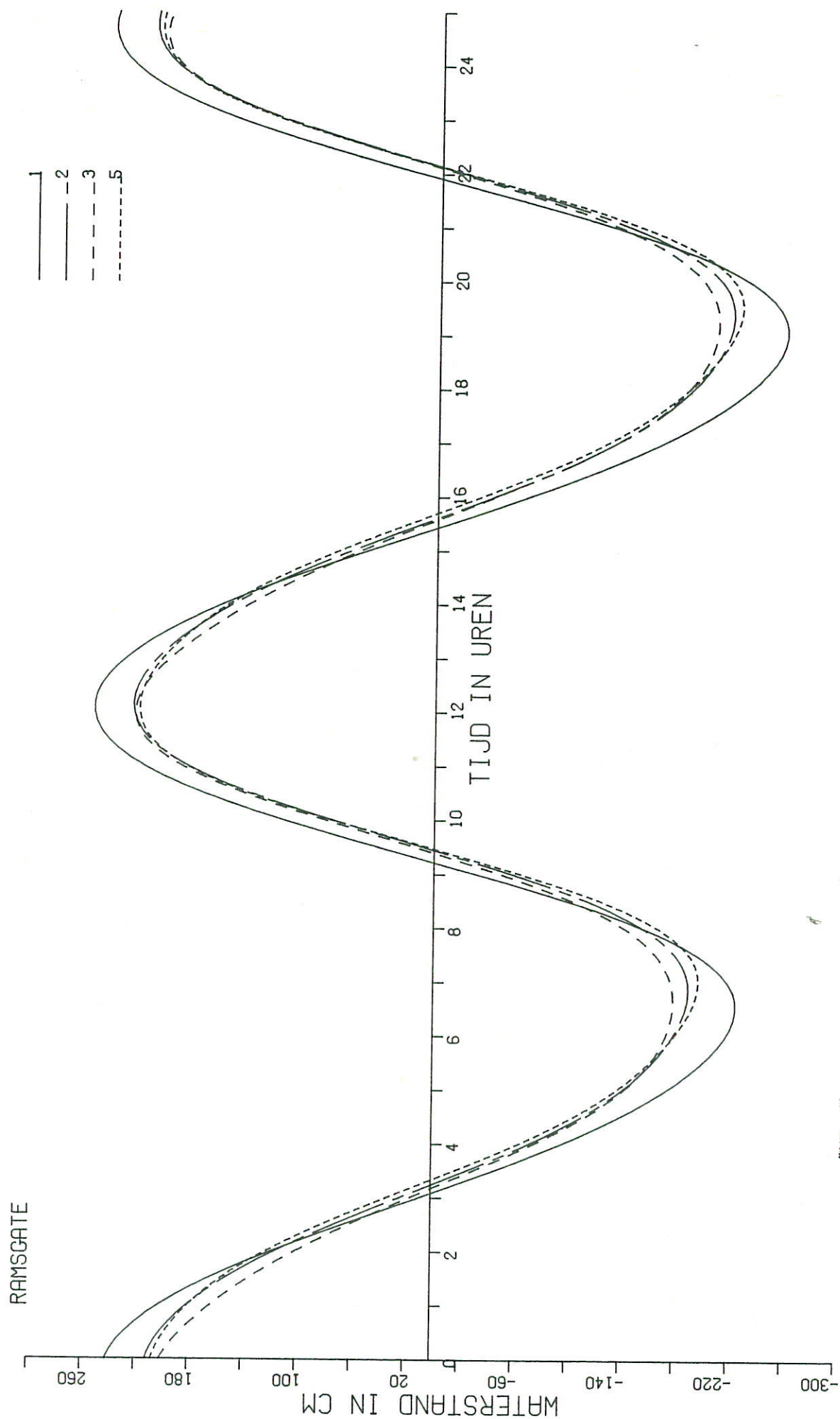
Figuur 8b : Amplituden en fasen m_6 -komponent



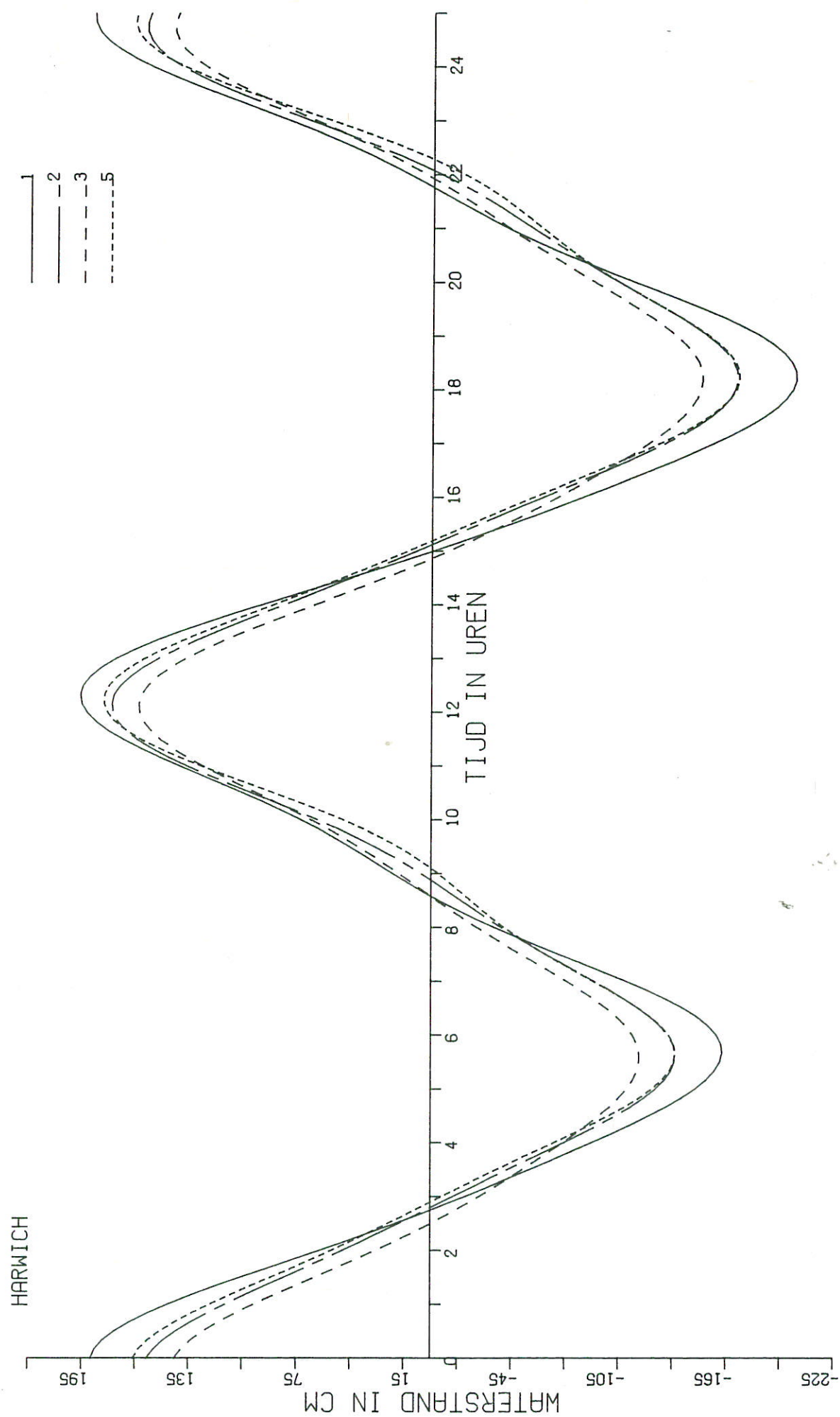
Figuur 9 : Getijkromme Hoek van Holland, bepaald met behulp van m_1, m_2, m_4, m_6 -komponent



Figuur 10 : Getijkromme Zeebrugge, bepaald met behulp van m_1 , m_2 , m_4 , m_6 -component

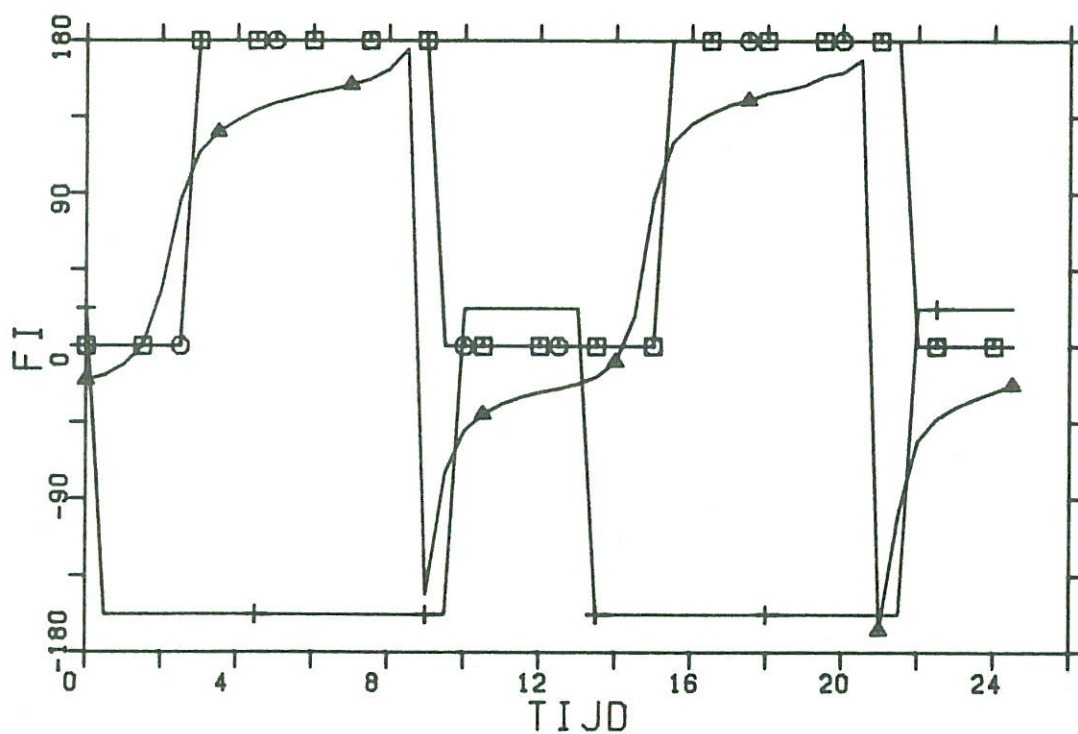
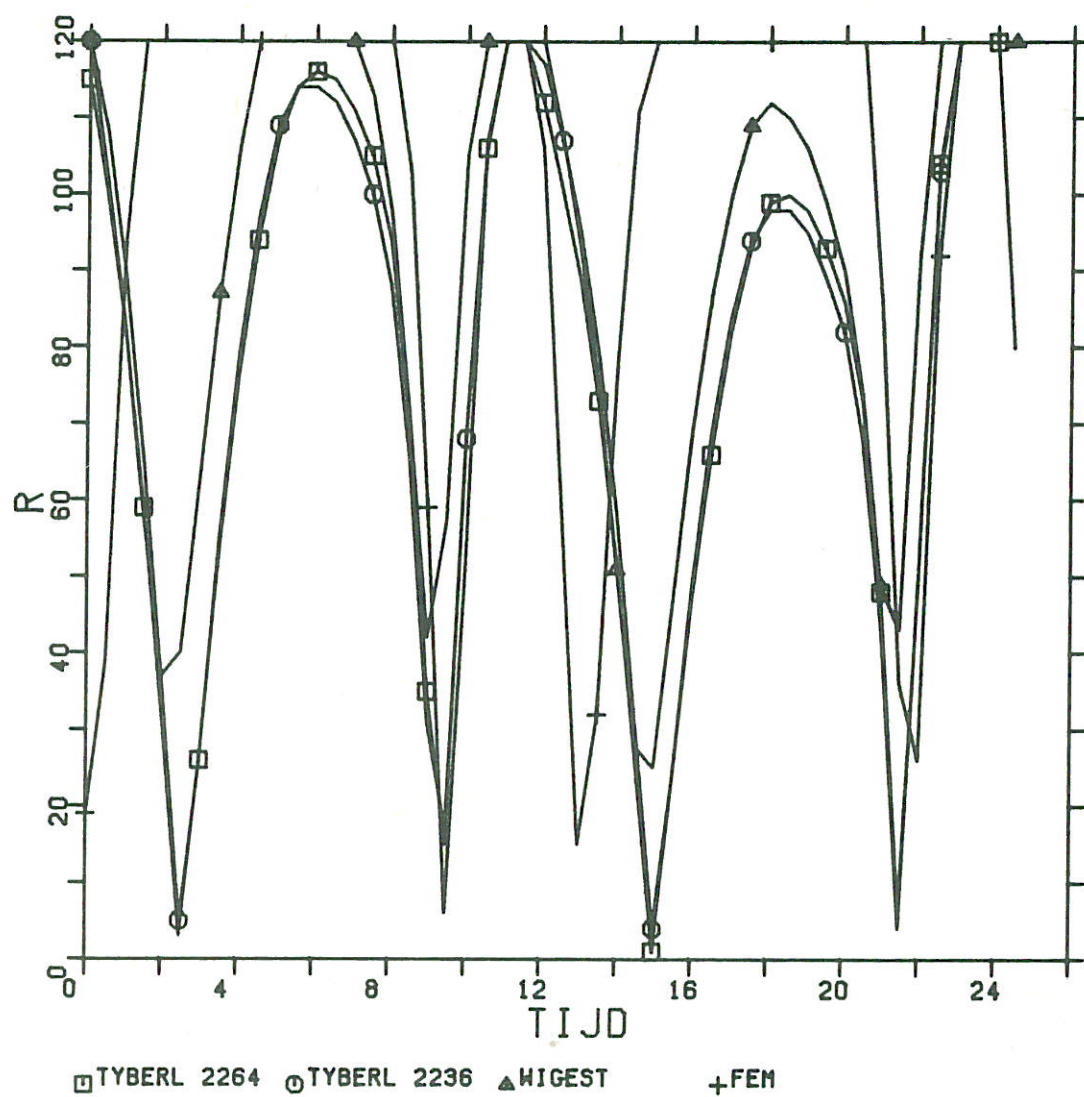


Figuur 11 : Getijkromme RamsGate, bepaald met behulp van m_1, m_2, m_4, m_6 -component



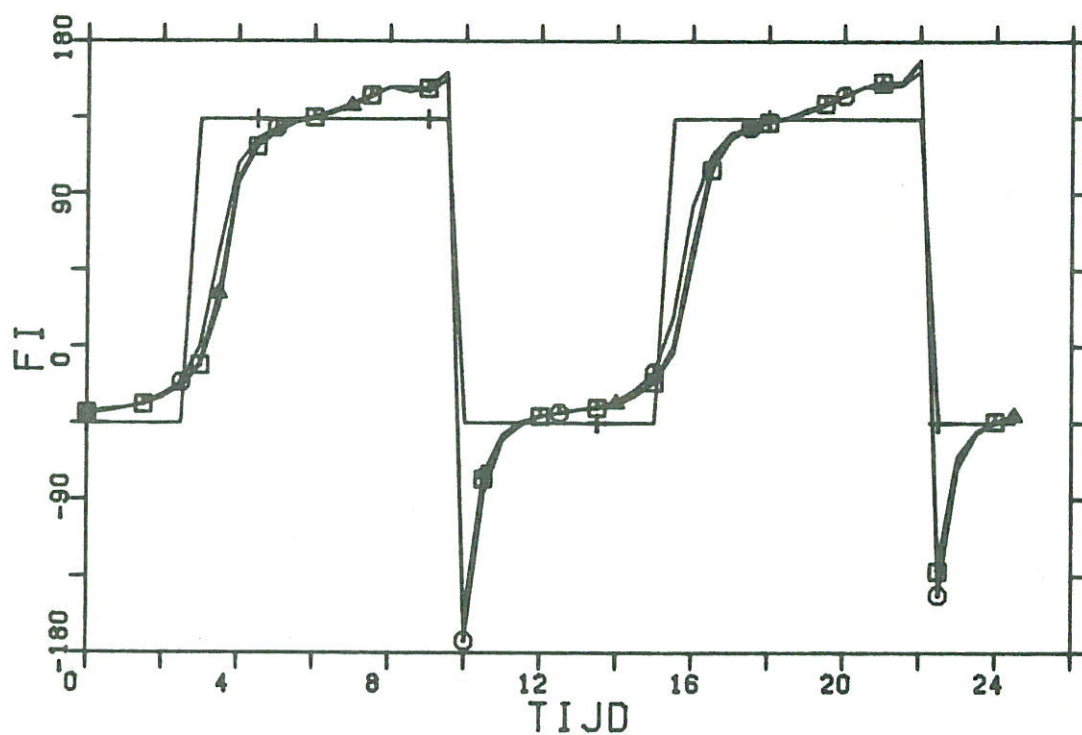
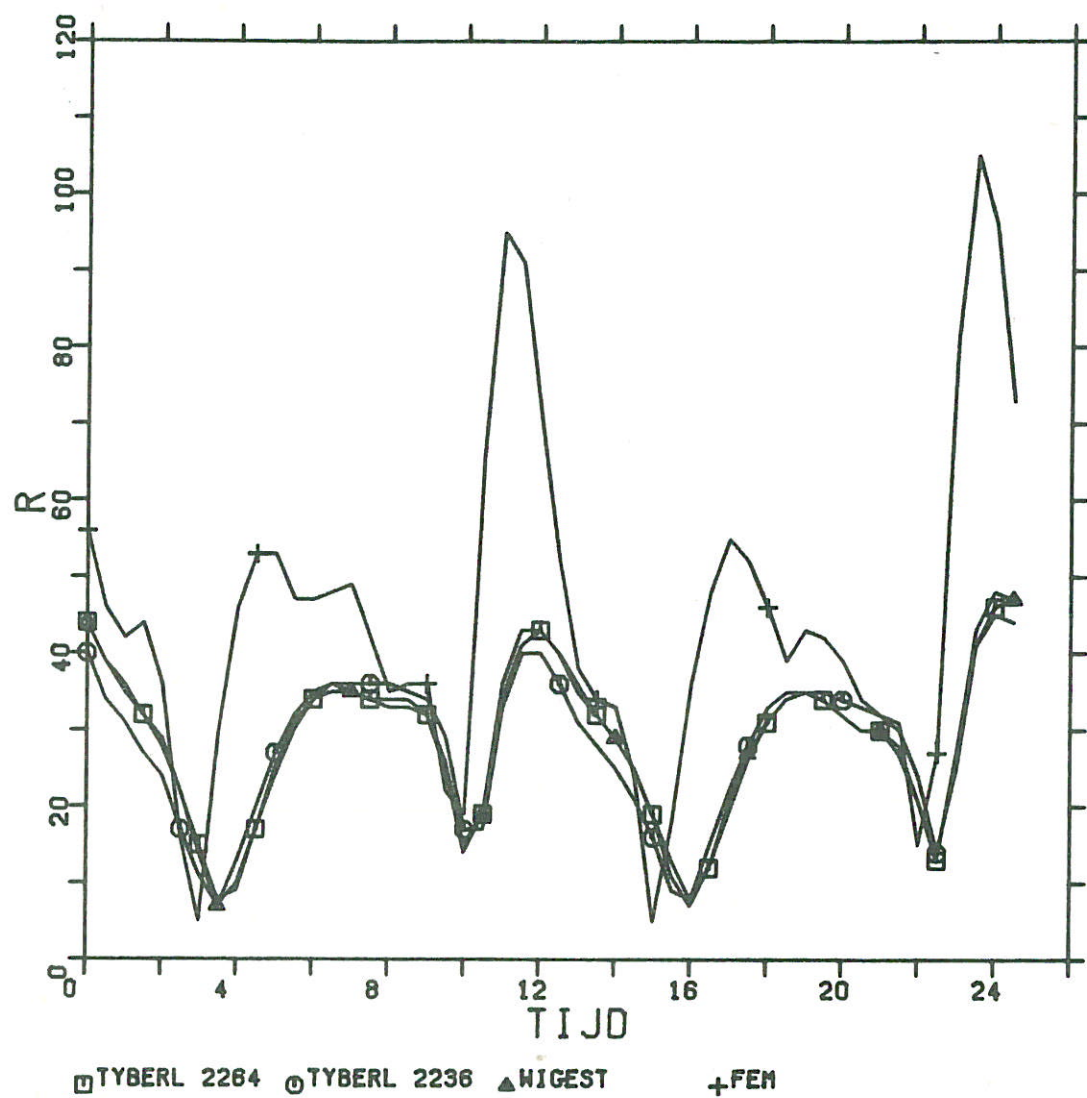
Figuur 12 : Getijkromme Harwich, bepaald met behulp van m_1, m_2, m_4, m_6 -component

SNELHEID IN PUNT 2.20



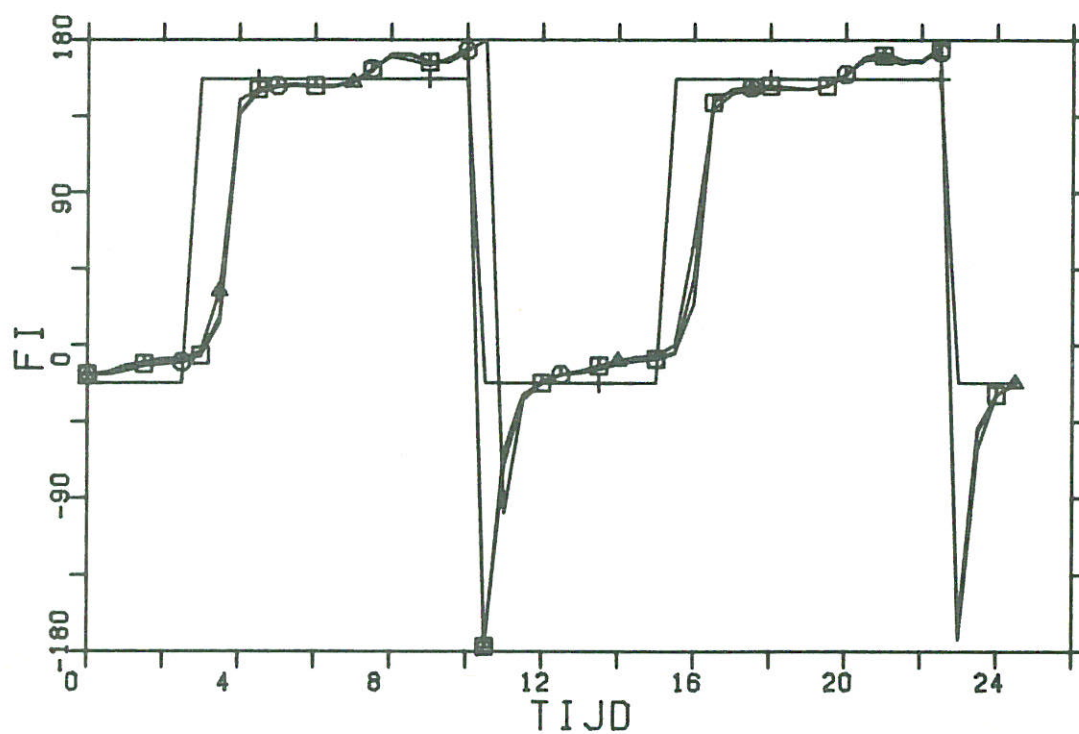
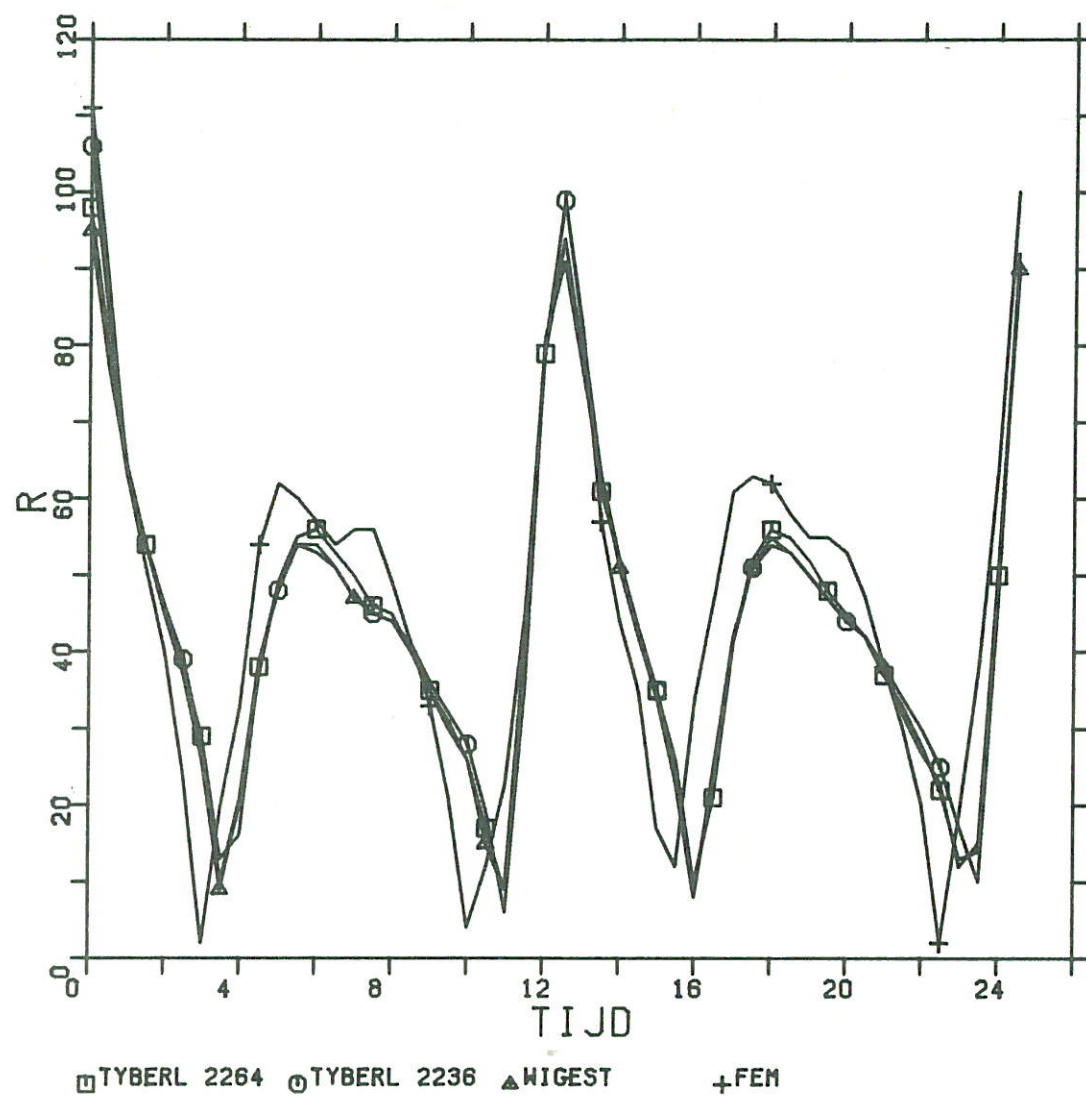
Figuur 13a : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 8,12



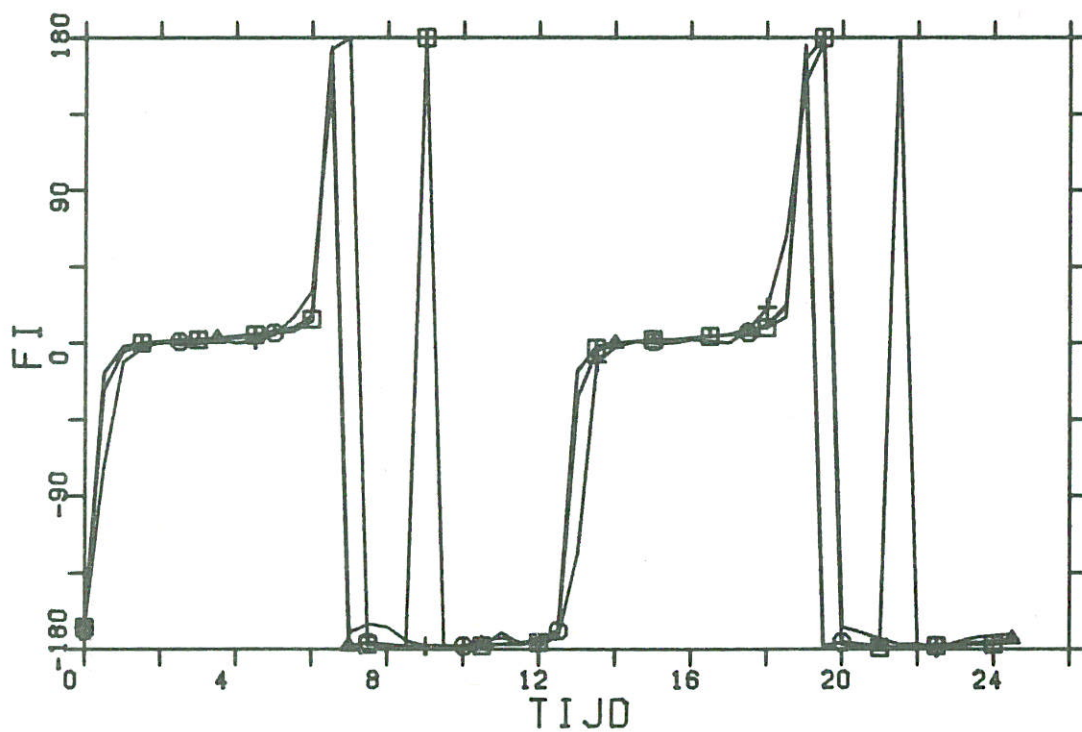
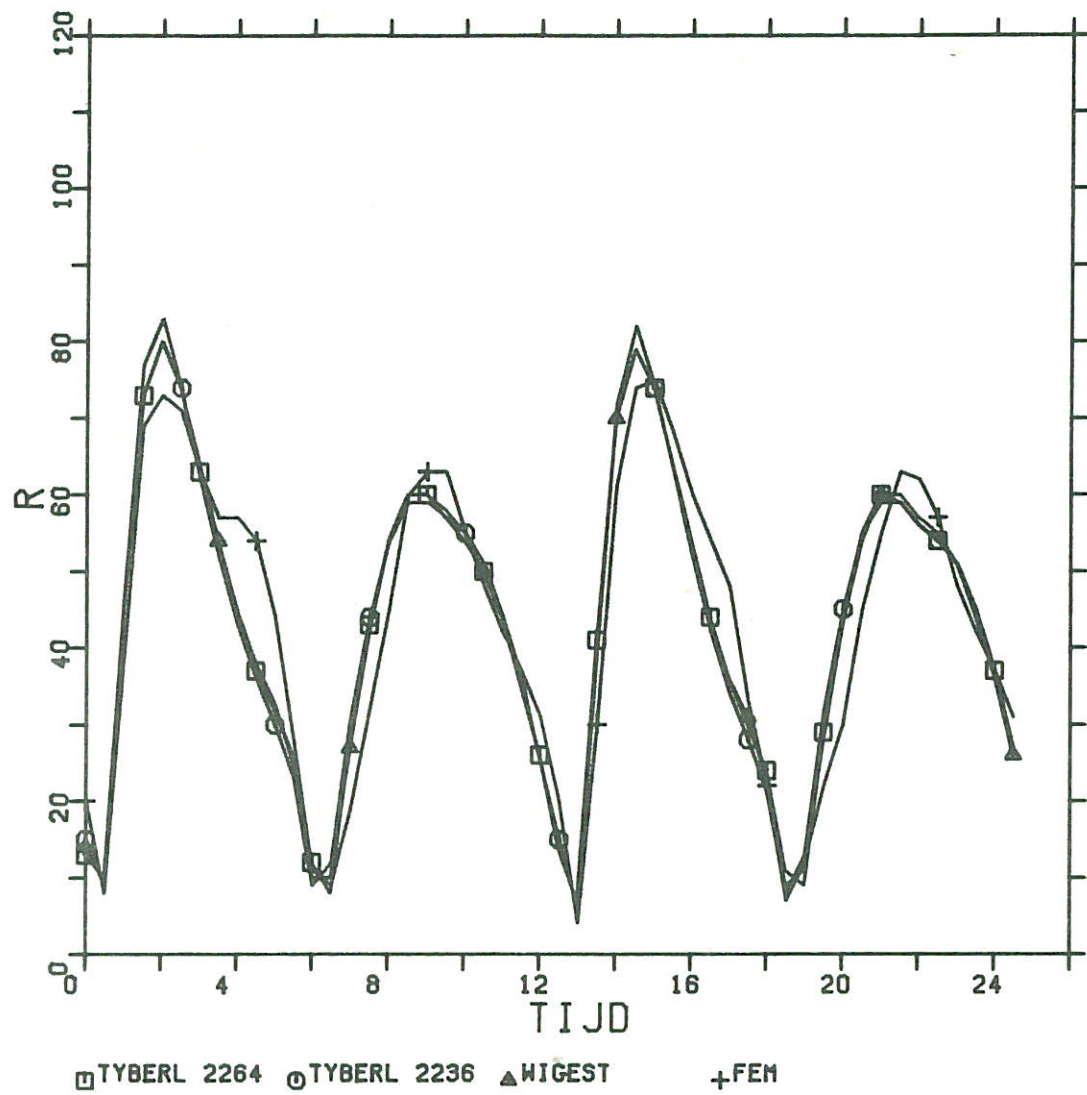
Figuur 13b : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 18, 9



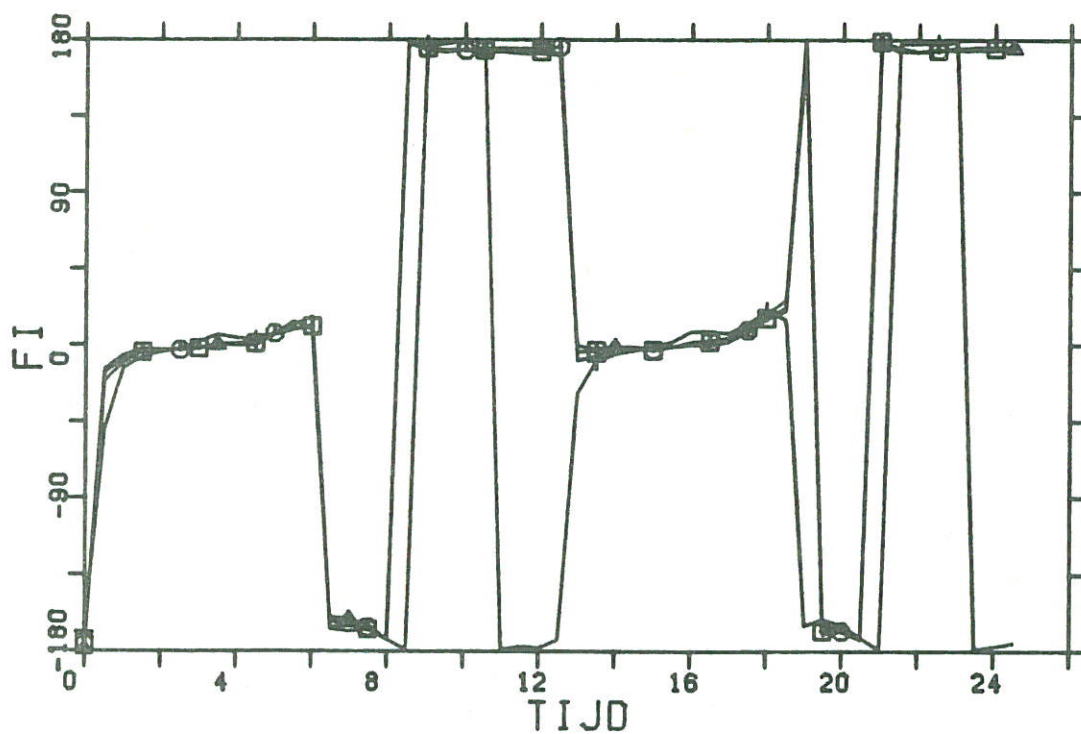
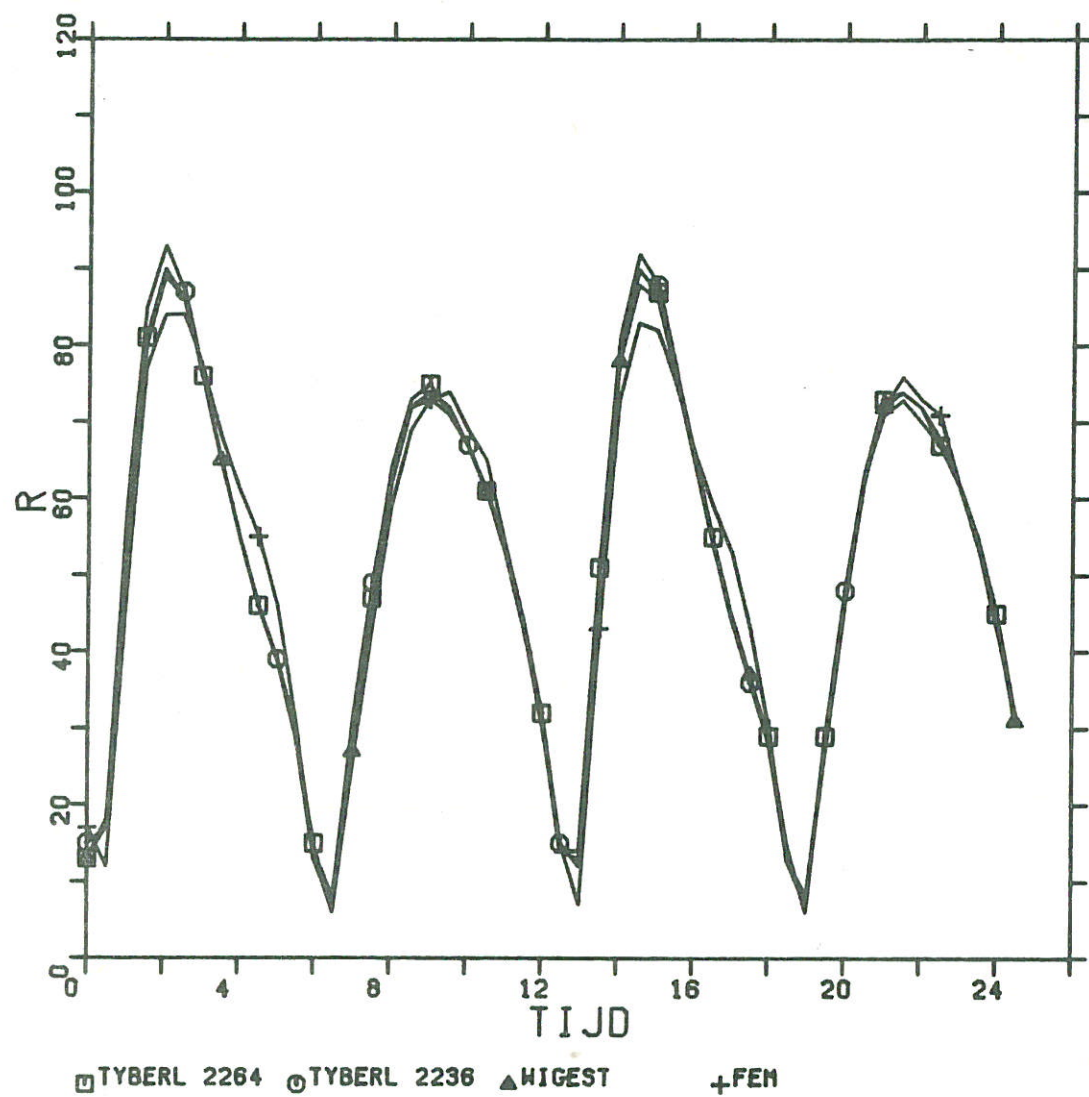
Figuur 13c : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 33.10



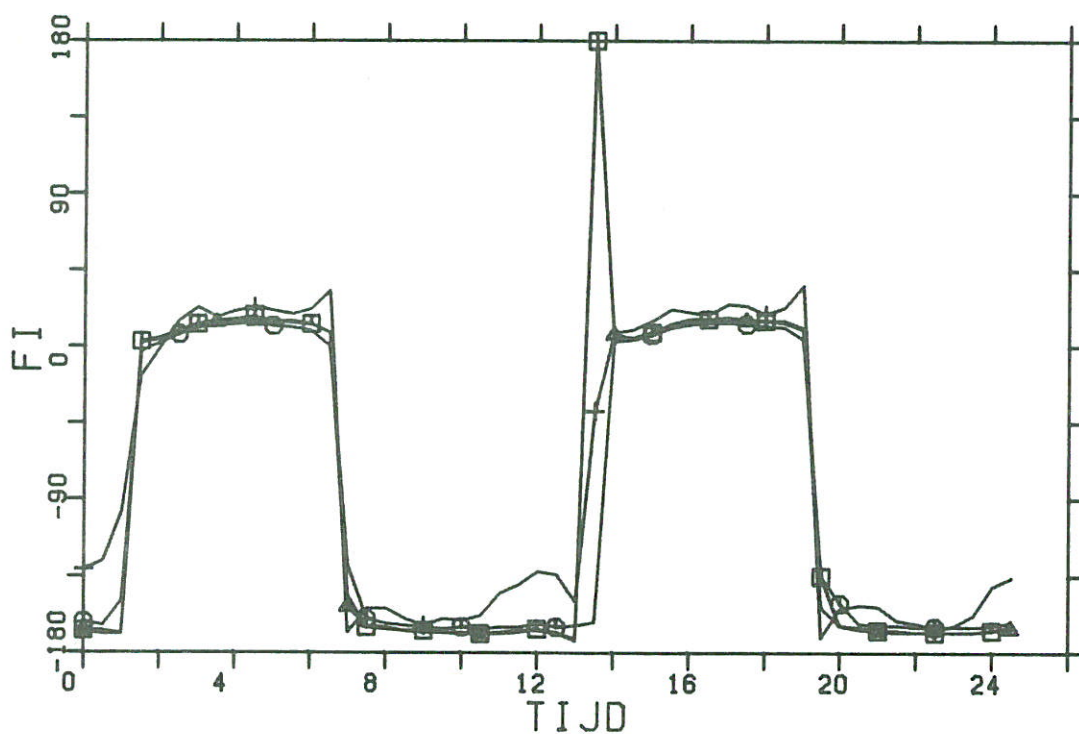
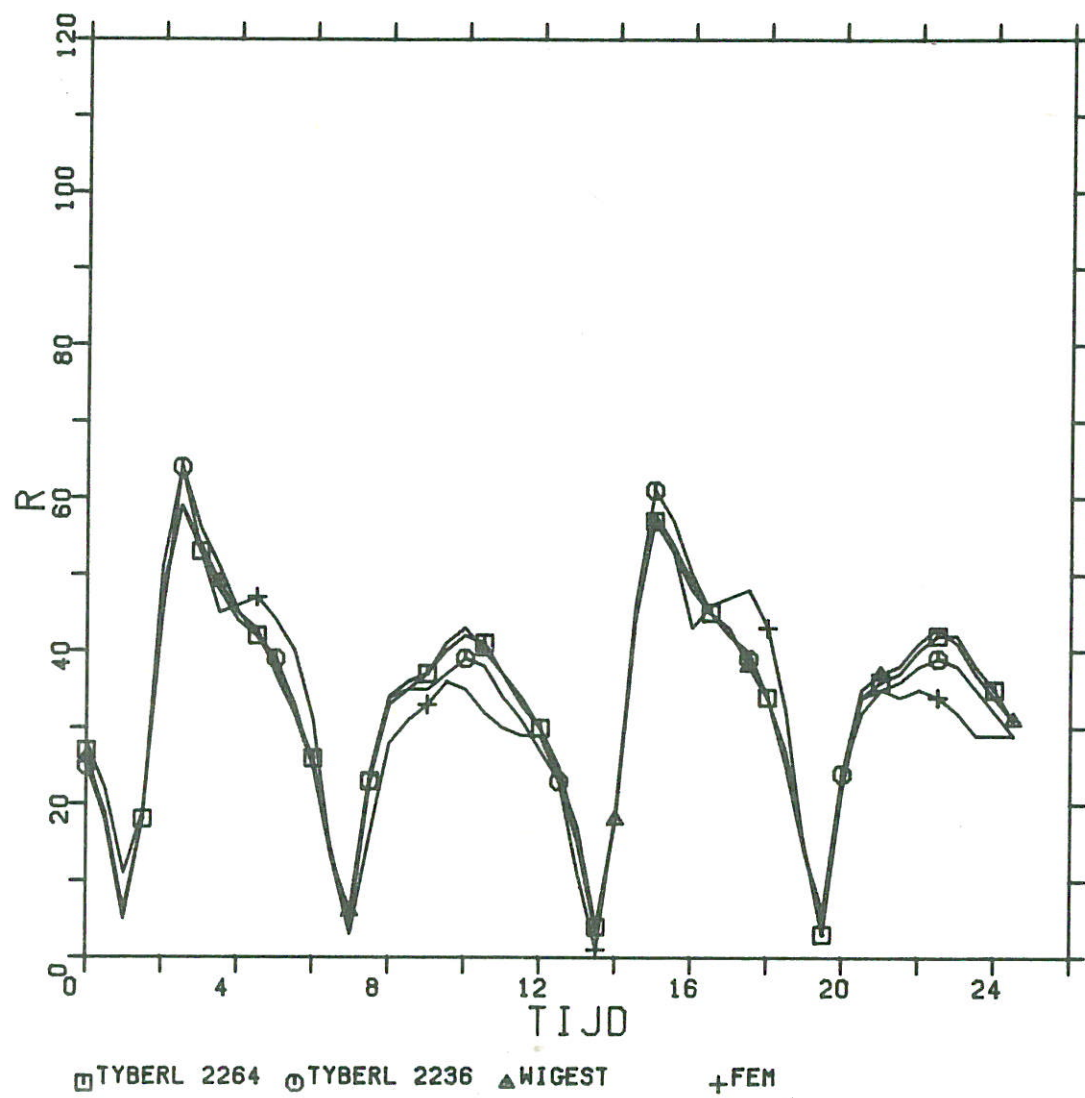
Figuur 13d : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 32.12



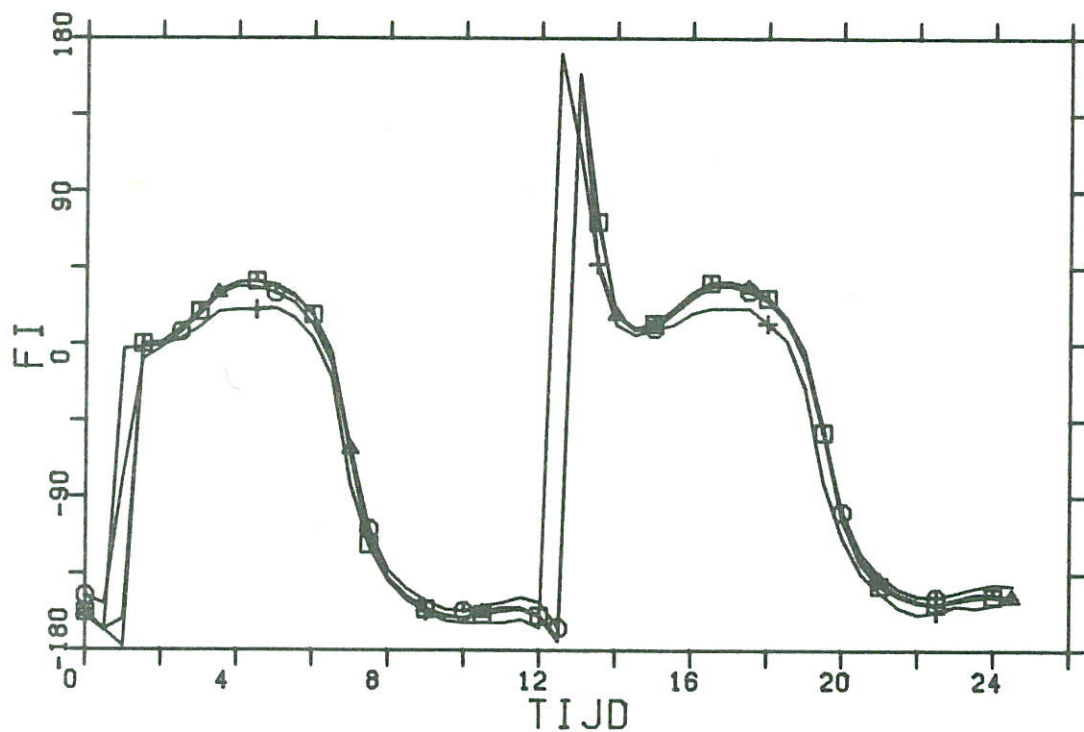
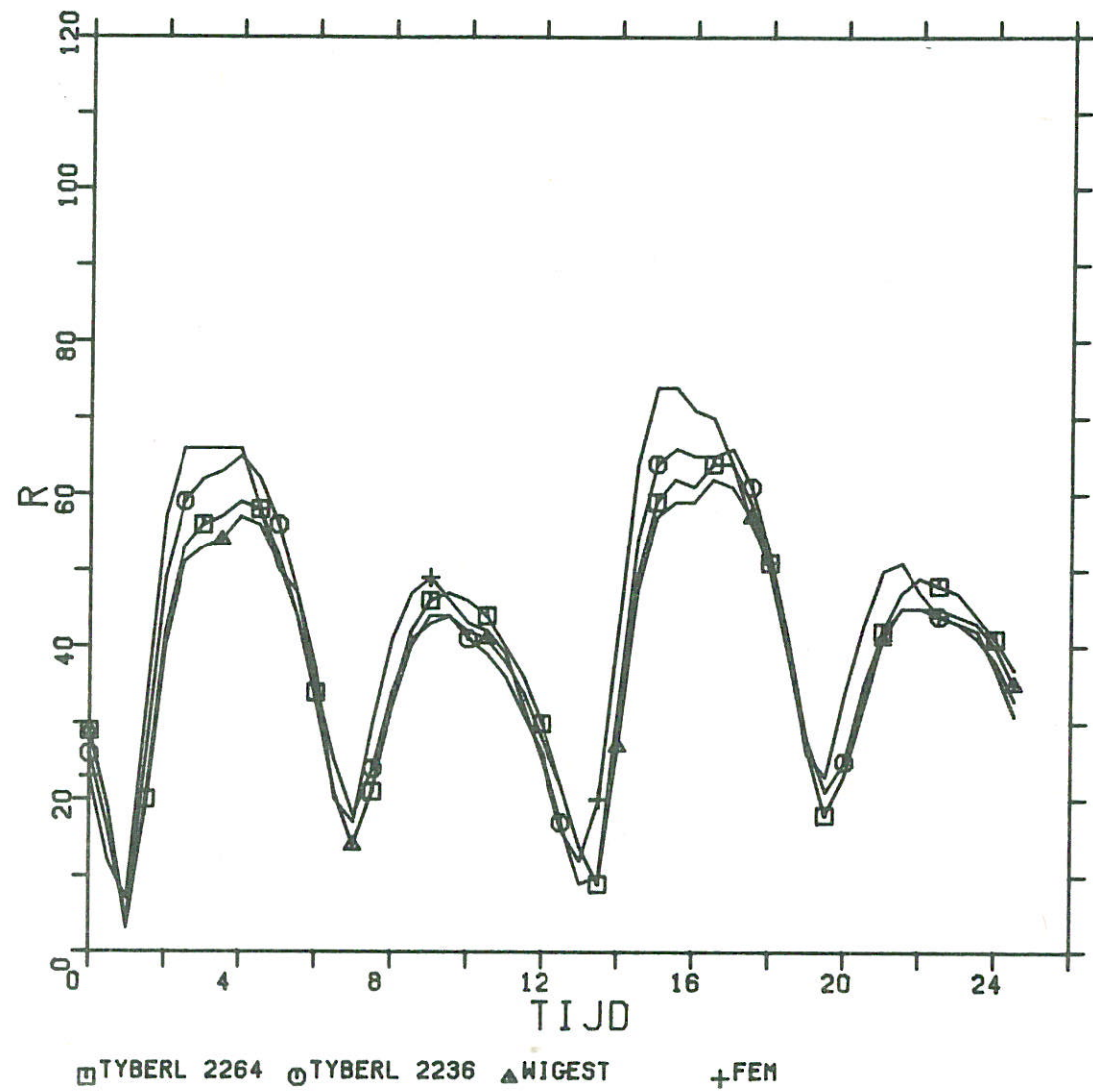
Figuur 13e : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 42,12



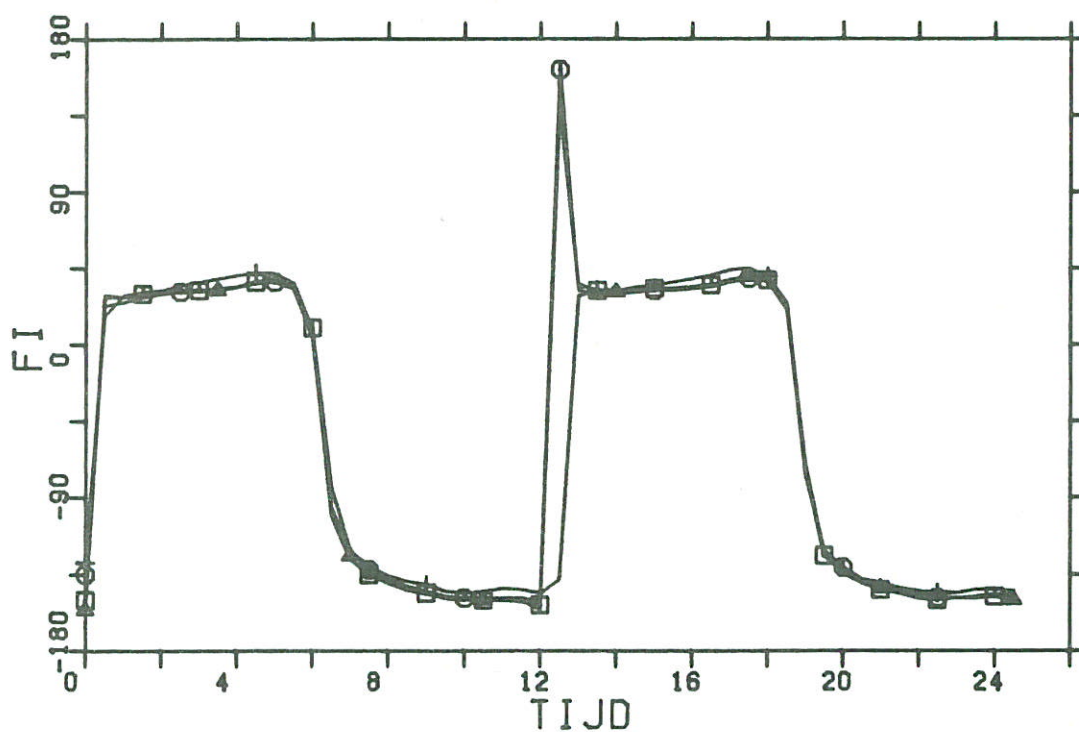
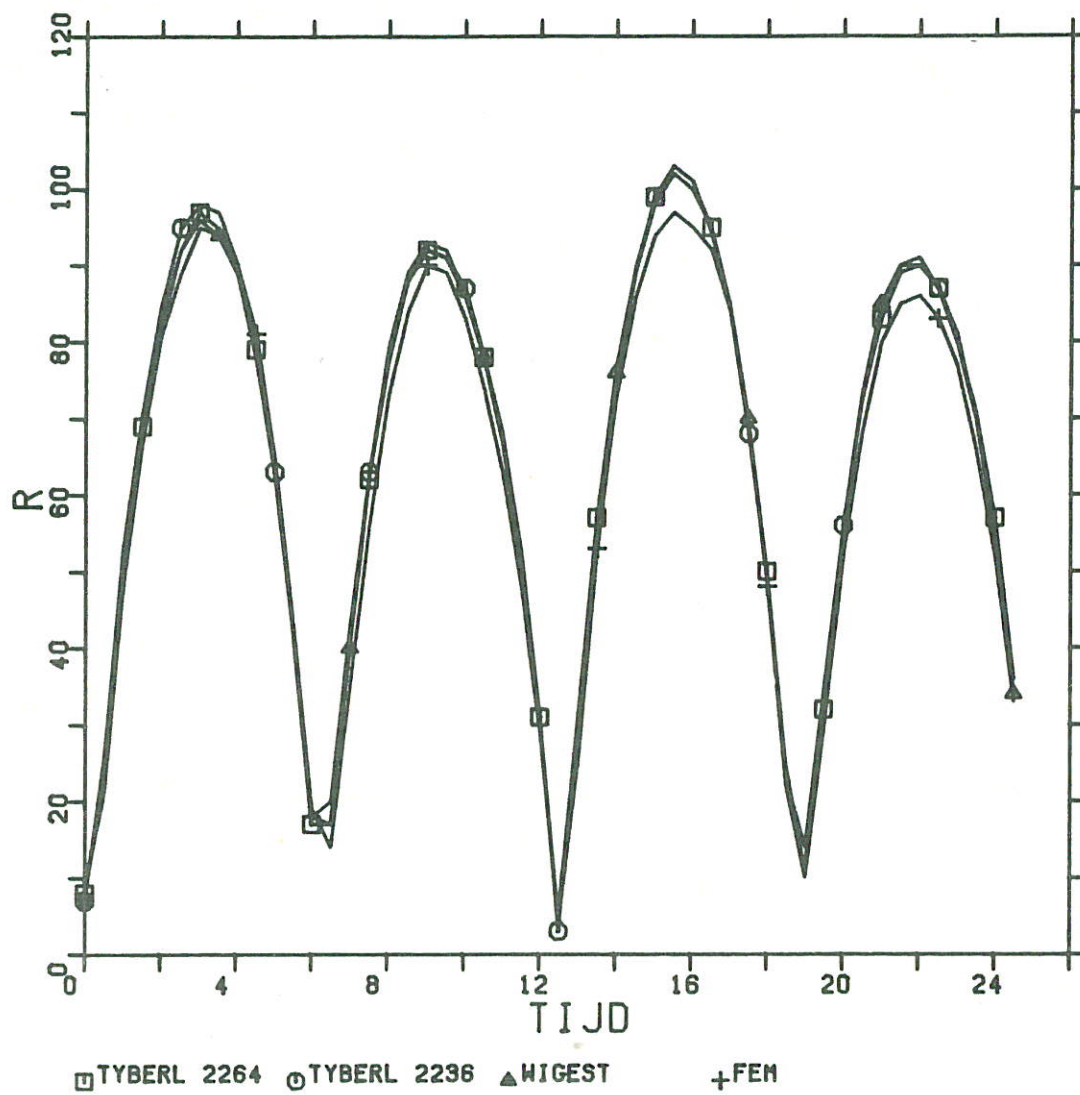
Figuur 13f : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 40,20



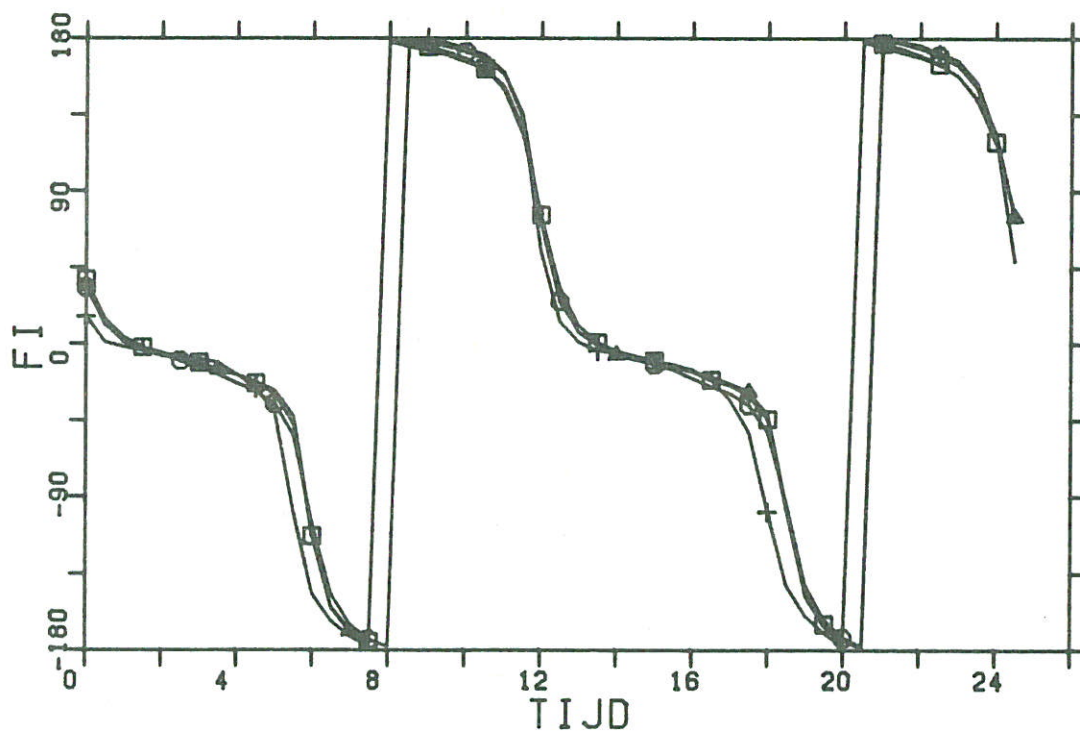
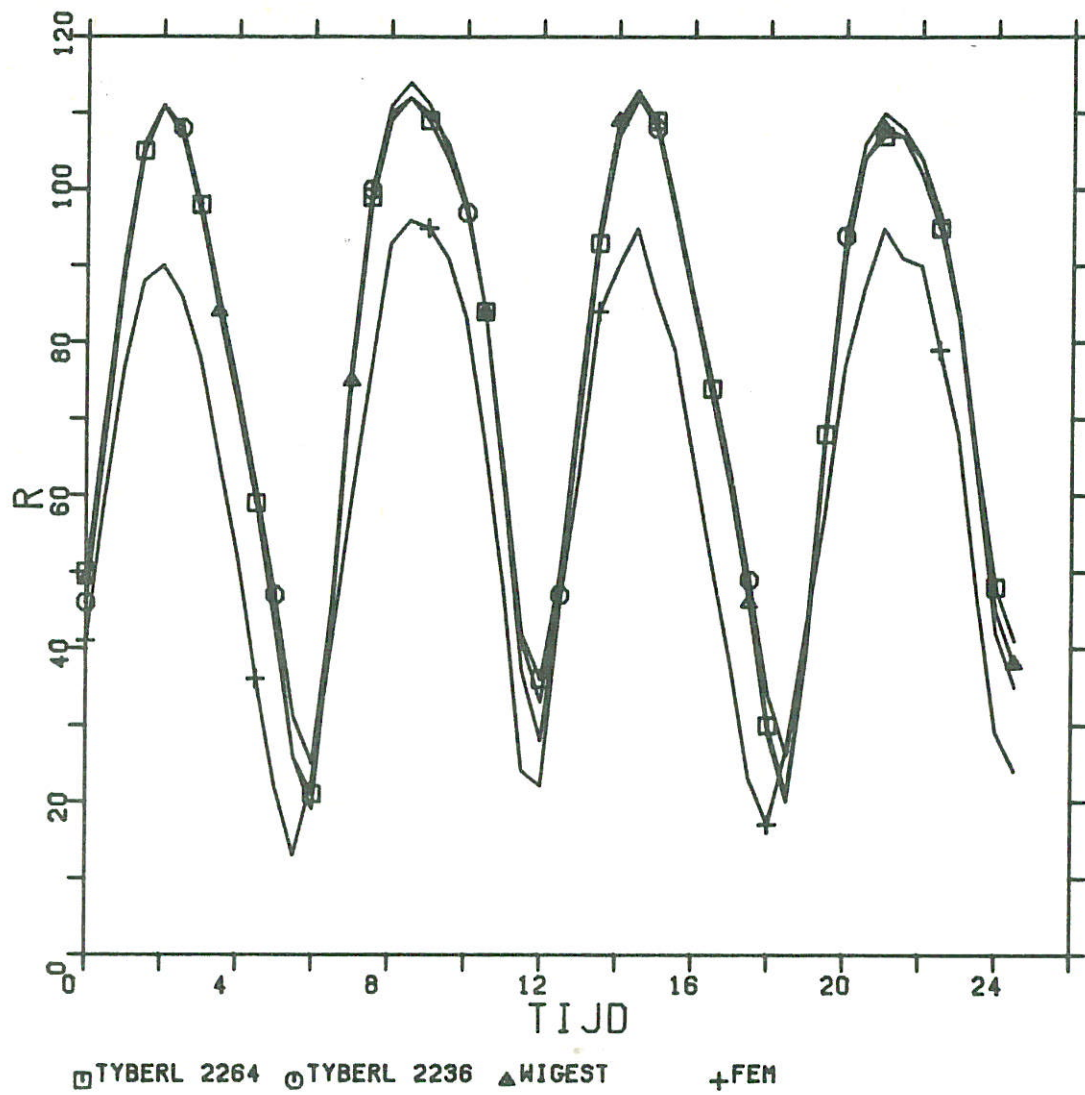
Figuur 13g : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 27,26



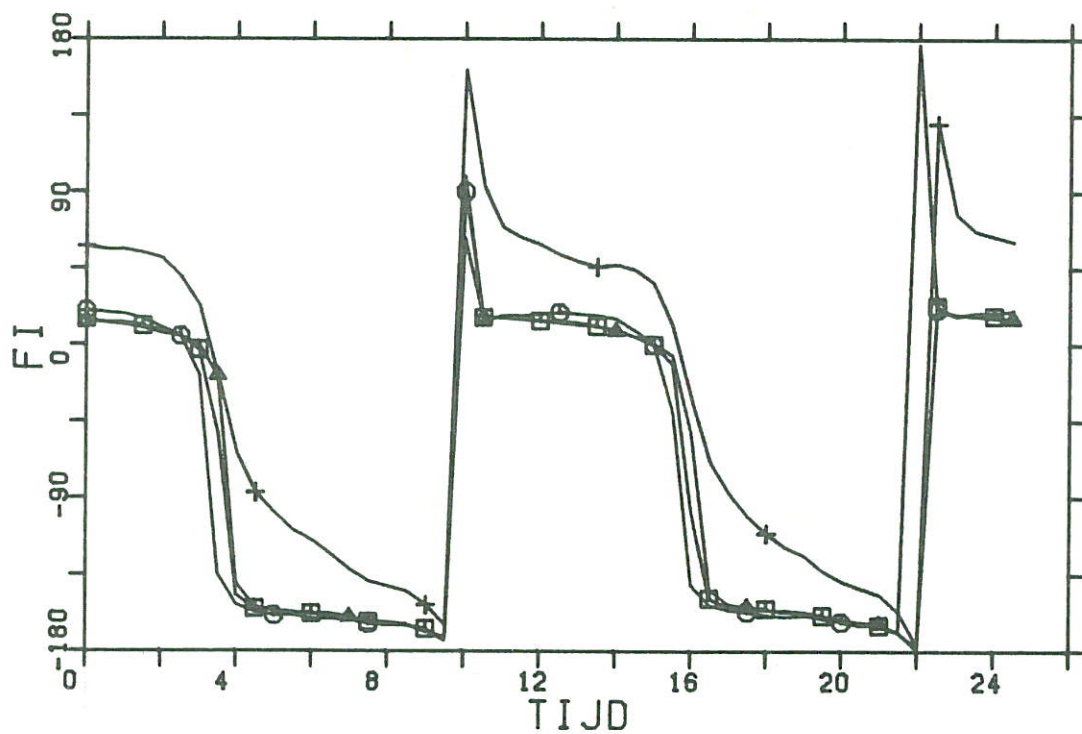
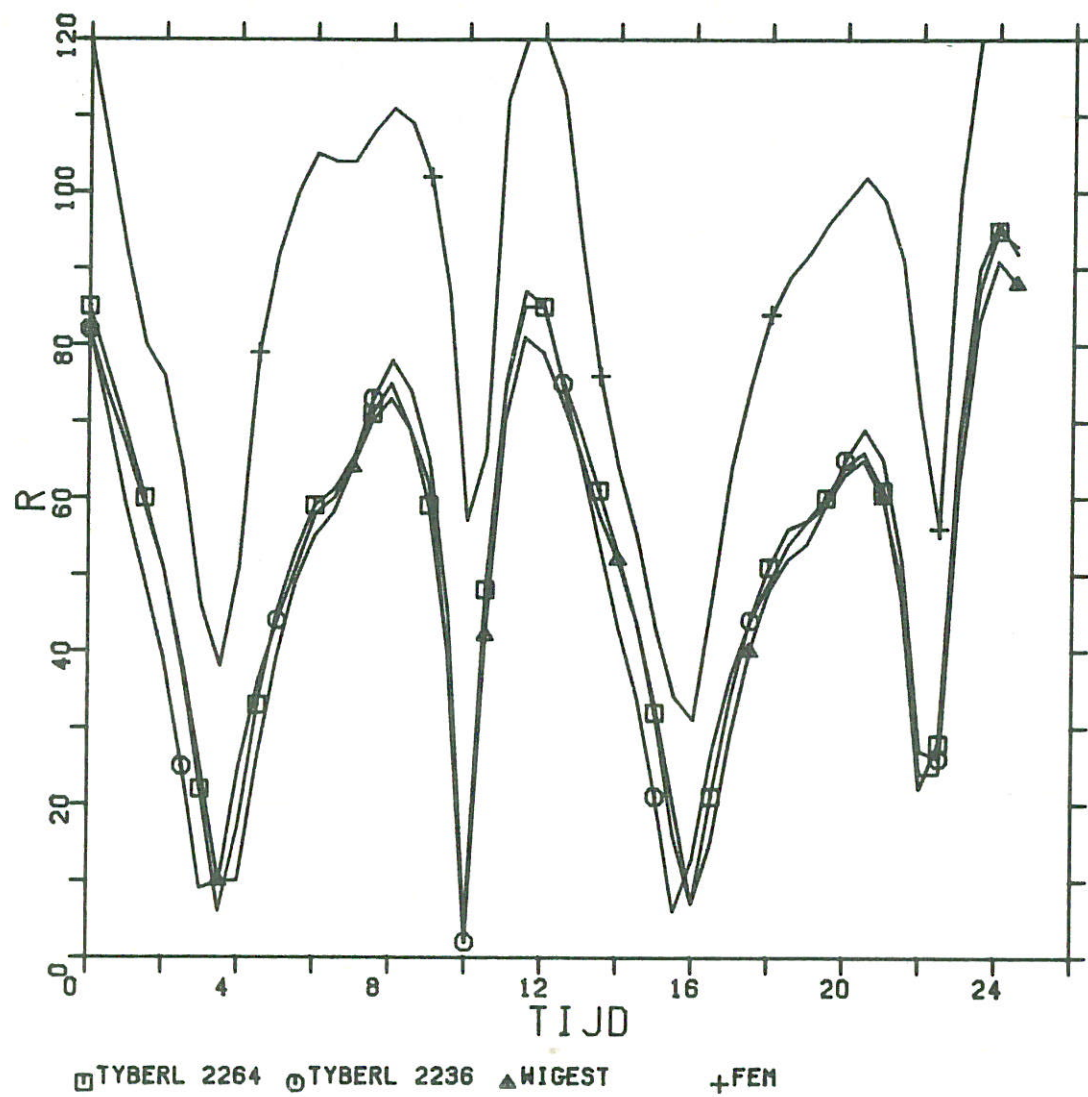
Figuur 13h : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 12,26

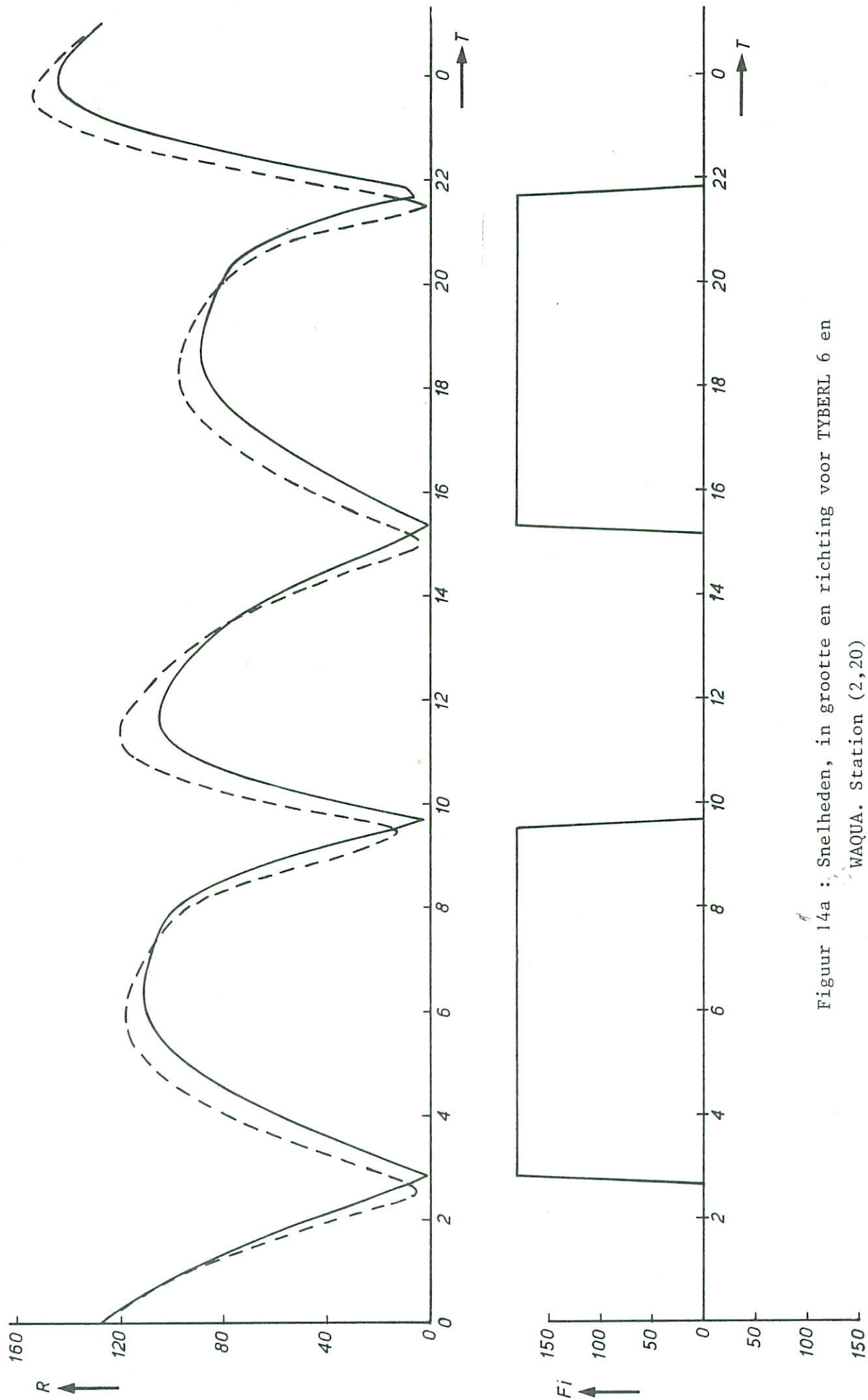


Figuur 13i : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST

SNELHEID IN PUNT 5,22

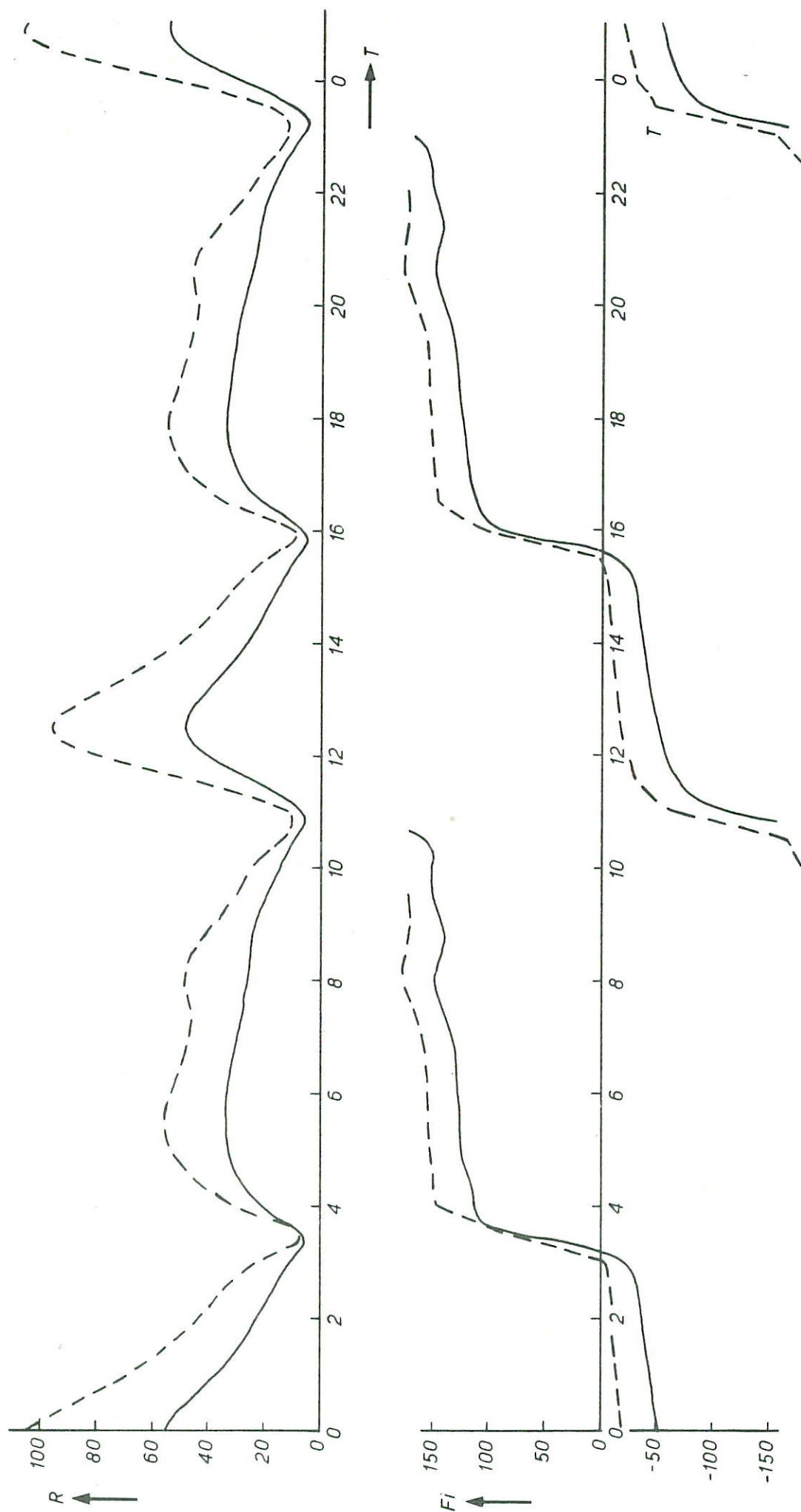


Figuur 13j : Snelheden, in grootte en richting voor FEM, TYBERL 4 en 5 en WIGEST



Figuur 14a : Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en WAQUA. Station (2,20)

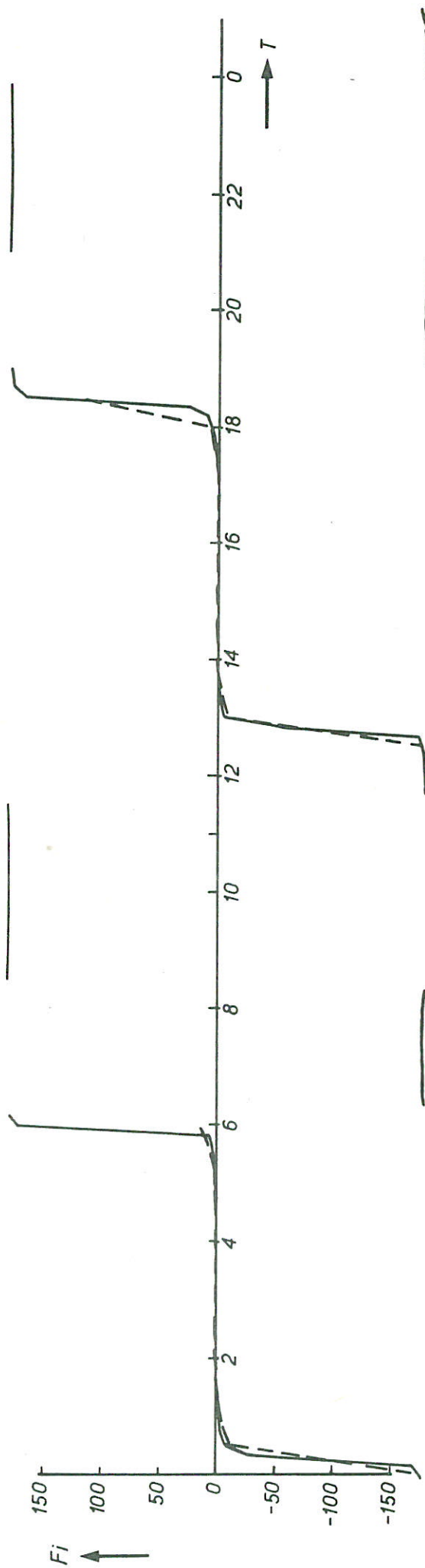
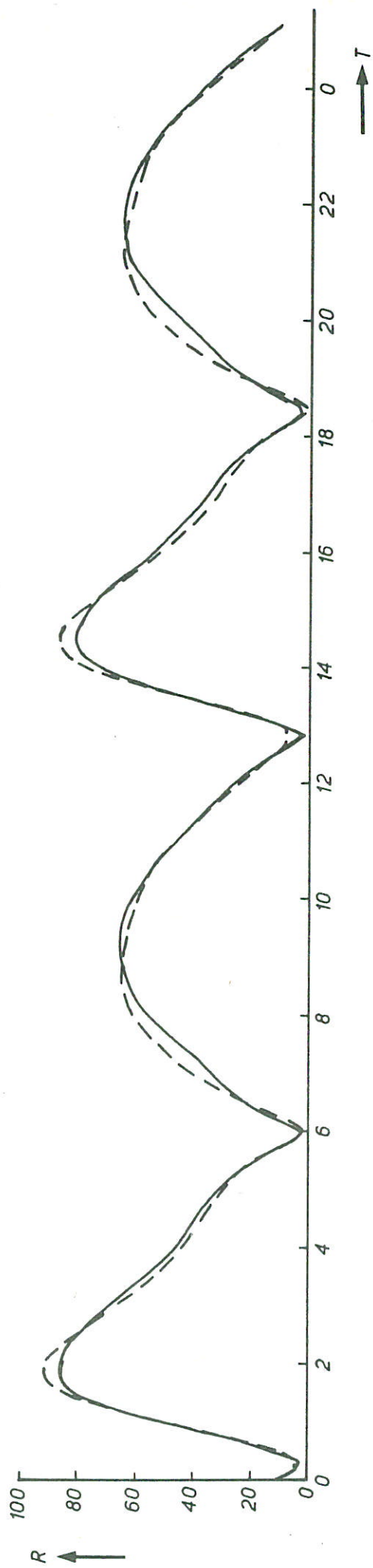
----- : TYBERL ——— : WAQUA



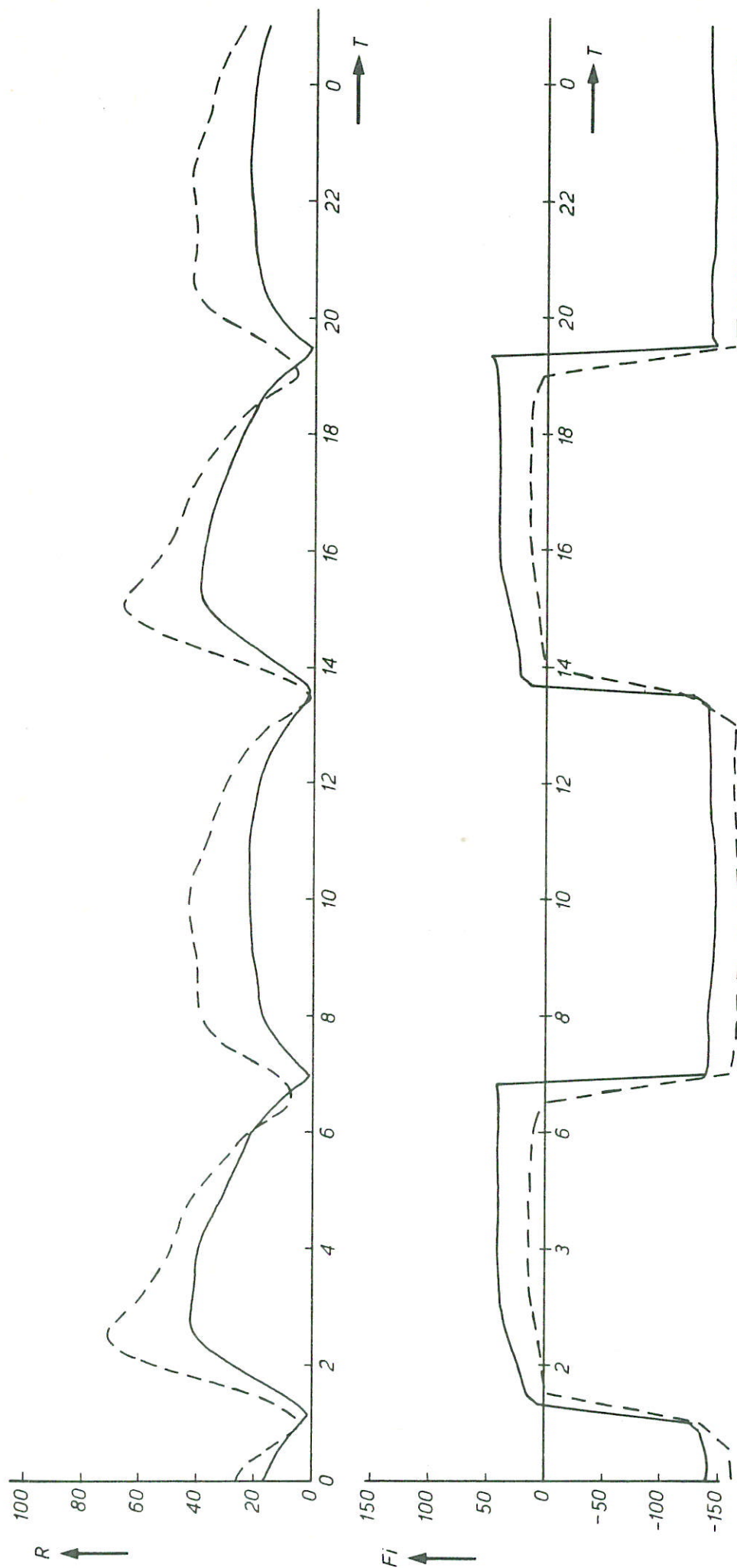
Figuur 14b : Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en

WAQUA. Station (18,9)

----- : TYBERL ——— : WAQUA



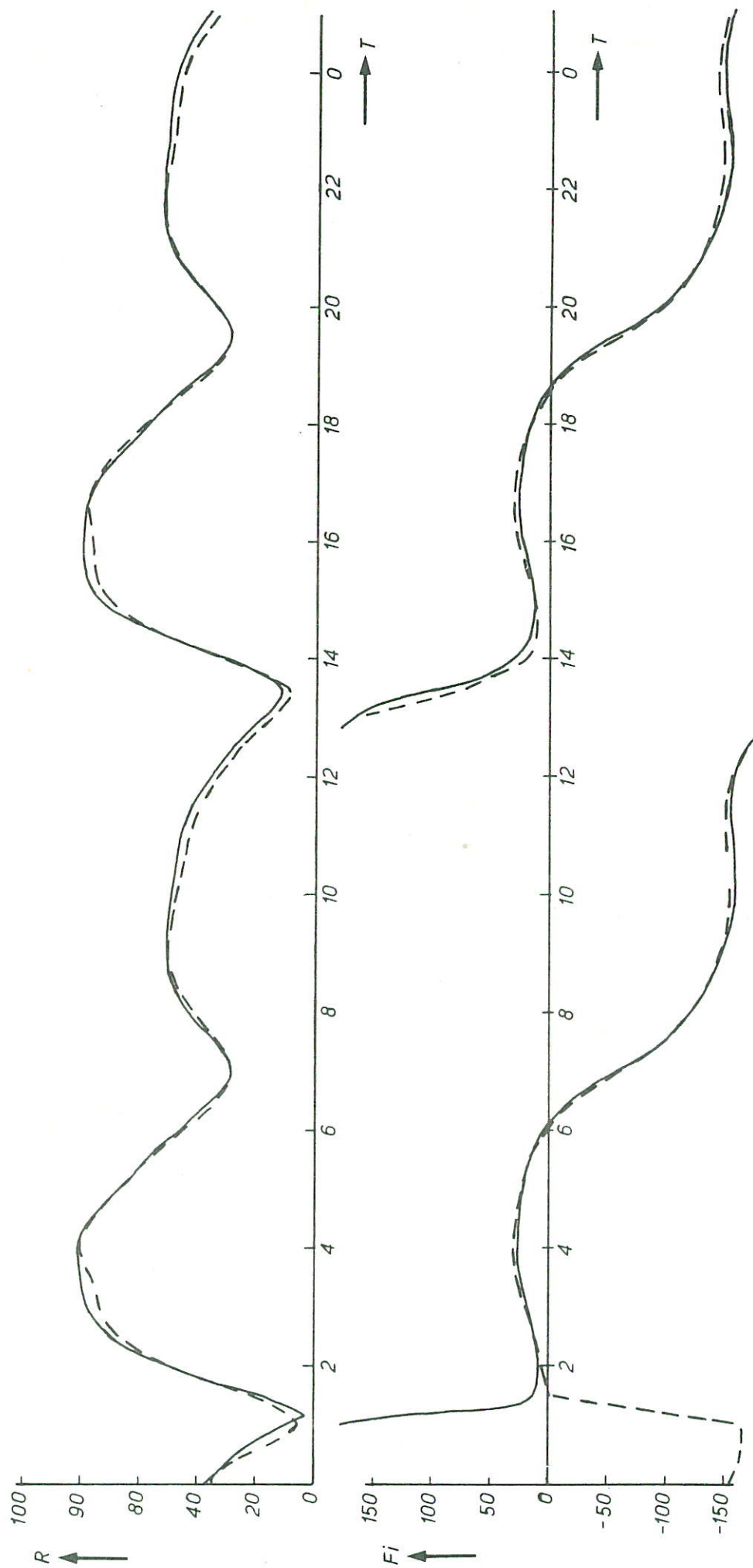
Figuur 14c : Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en WAQUA. Station (33,10)
 ----- : TYBERL ——— : WAQUA



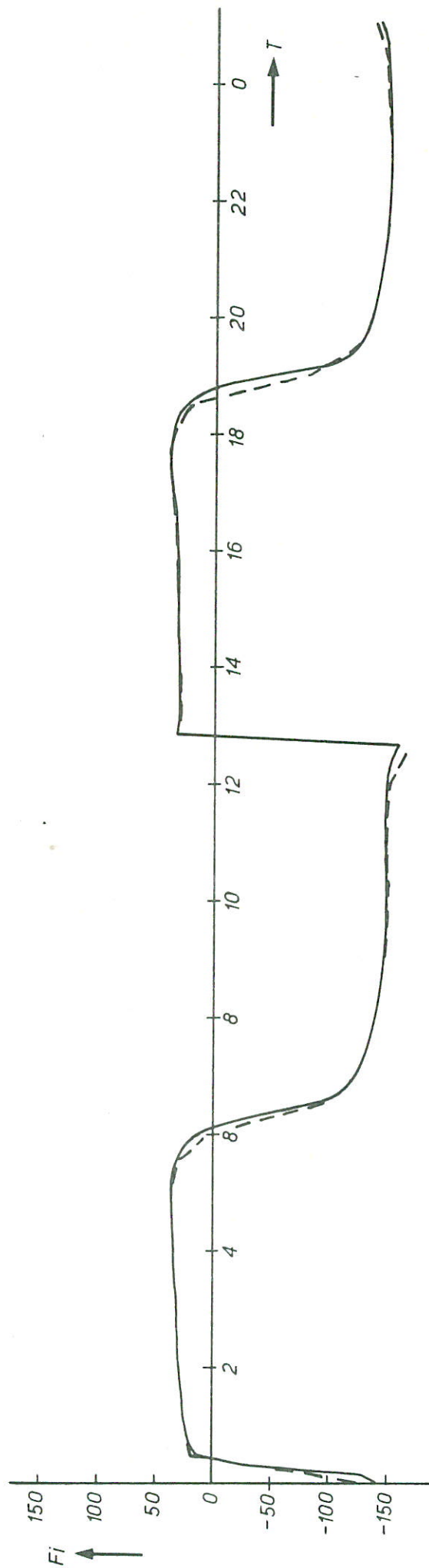
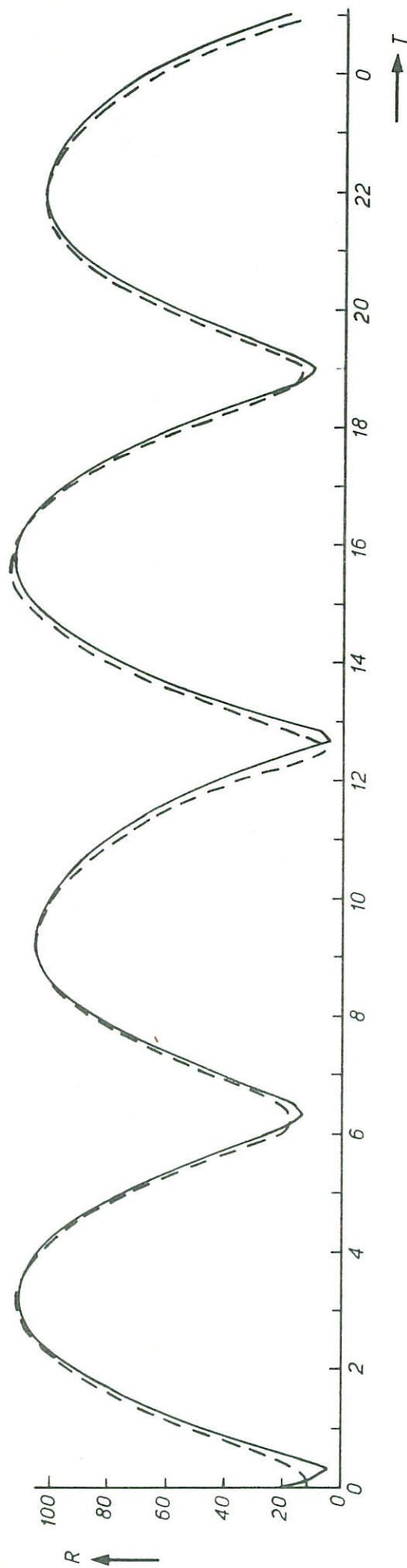
Figuur 14d : Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en

WAQUA. Station (42,12)

----- : TYBERL ——— : WAQUA



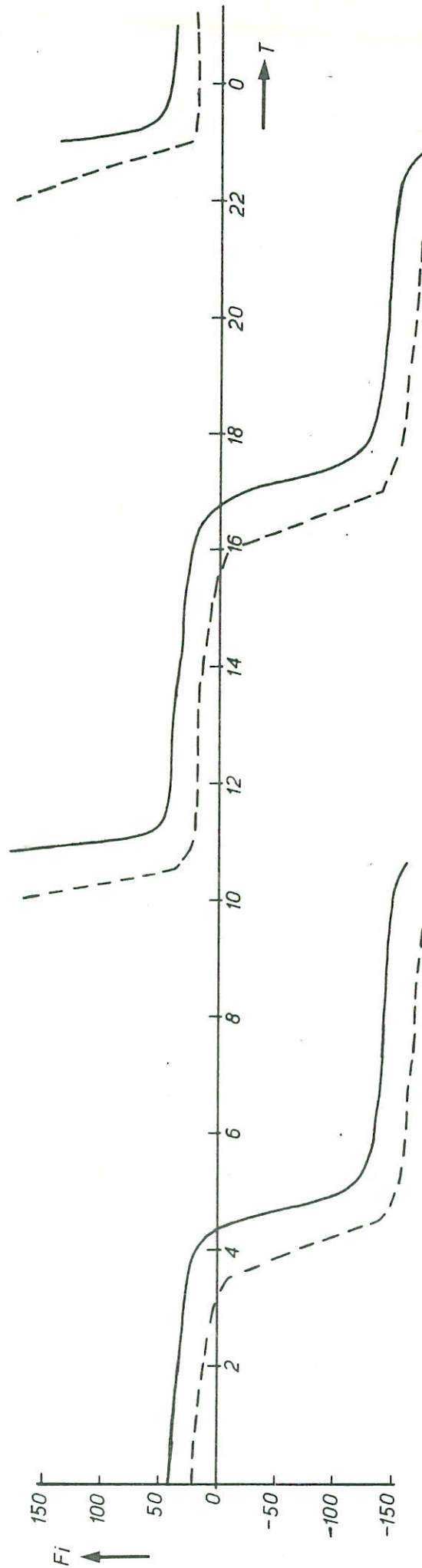
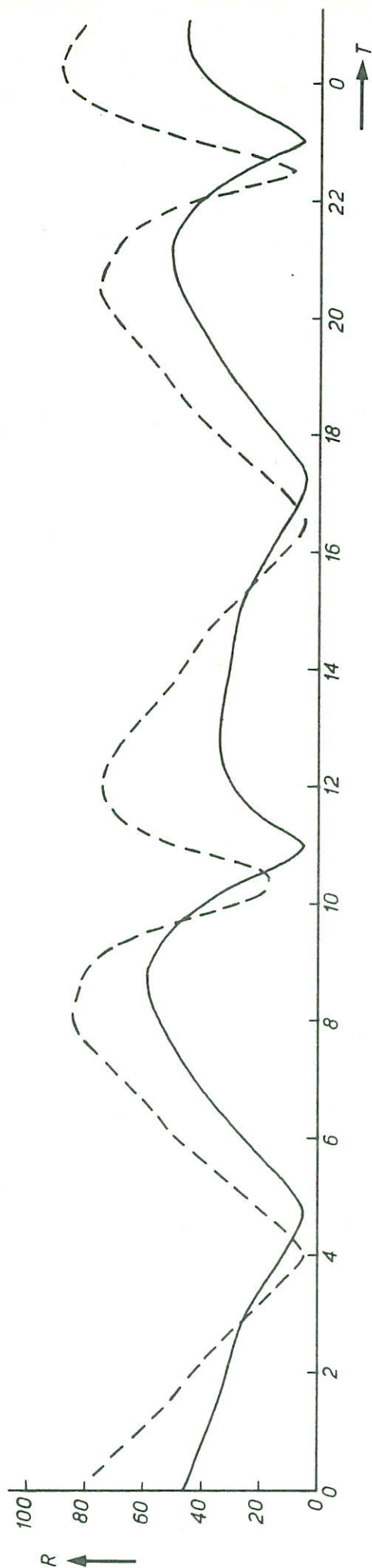
Figuur 14e : Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en WAQUA. Station (40,20)



Figuur 14f : Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en

WAQUA. Station (27,26)

----- : TYBERL ——— : WAQUA



Figuur 14g : Snelheden, in grootte en richting voor TYBERL 6 en WAQUA. Station (5,22)
 ---- : TYBERL — : WAQUA

p.o. box 177

2600 mh delft

the netherlands