

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee  
adviesdienst vliissingen

## **Analyse brandingsstroommeting nabij Joossesweg (Westkapelle)**

**Eindrapport**

Februari 1986 / P823

**PORT AND WATERWAY ENGINEERS**

  
**hydronamic<sup>bv</sup>**

**rijkswaterstaat**

directie waterhuishouding en waterbeweging  
district kust en zee  
adviesdienst vliissingen

## **Analyse brandingsstroommeting nabij Joossesweg (Westkapelle)**

**Eindrapport**

Februari 1986 / P823

PORT AND WATERWAY ENGINEERS

  
hydrodynamic<sup>bv</sup>

## INHOUDSOPGAVE

---

1. Inleiding
  
2. Het meet- en verwerkingsprogramma
  - 2.1. Meetplan
  - 2.2. De meetregistraties
  - 2.3. Analyse van de meetregistraties
  
3. Verwerking van Colbrook- en stappenbaak-registraties
  - 3.1. Colbrook-meetregistraties
    - 3.1.1. Theoretische achtergrond
    - 3.1.2. Verwerking van de meetregistraties
  - 3.2. Stappenbaak meetregistratie
    - 3.2.1. Theoretische achtergrond
    - 3.2.2. Verwerking van de meetregistraties
  
4. Bepaling relatie orbitaalsnelheid en golfhoogte
  - 4.1. Theoretische achtergrond
  - 4.2. Berekeningsresultaten
    - 4.2.1. Calibratiefactor  $f$
    - 4.2.2. De golfhoogten in de meetpunten

## 5. De refractieberekeningen

### 5.1. Theoretische achtergrond

5.1.1. Berekeningsmethode

5.1.2. Basisformules voor de golfenergiedissipatie

5.1.3. Dissipatiefactor t.g.v. bodemwrijving

5.1.4. Dissipatiefactor t.g.v. bodemporositeit

5.1.5. Dissipatiefactor t.g.v. breking

5.1.6. De calibratie van het refractiemodel

### 5.2. Resultaten

## 6. De langsstroomberekeningen

6.1. Theoretische achtergrond

6.2. De berekeningsresultaten

## 1. INLEIDING

In de periode maart tot april 1985 heeft de Adviesdienst Vlissingen enige brandingsstroombetingen uitgevoerd voor de kust van Walcheren ter hoogte van Joossesweg (nabij Westkapelle). Het doel van het meetonderzoek is het verkrijgen van meer inzicht in de veranderingen die optreden op een gesuppleerd strand ten gevolge van stroom en golven.

Met behulp van een rekenmodel dienen de veranderingen kwantitatief te worden voorspeld.

De belangrijkste elementen van dit rekenmodel zijn een golfdoor-dringingsmodel waarmee de veranderingen in golfhoogten en golf-richtingen naar de kust toe worden bepaald, een langsstroombetel waarmee de langsstroom t.g.v. radiation-stress en het getij berekend wordt en een zandtransport model.

Aan Hydronamic is opdracht verleend de meetgegevens verder te bewerken en de elementen van het rekenmodel aan de hand van de bewerkte meetgegevens af te regelen.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de wijze waarop de meetgegevens zijn verwerkt en worden de resultaten van de analyse gepresenteerd.

## 2.1.Meetplan

De metingen vonden plaats in het strandvak tussen de strandhoofden 29 en 30 ter hoogte van Joossesweg (zie figuur 1). Dit kustgedeelte wordt gekenmerkt door een geul, het Oostgat (diepte ca. 25 m), die zich dicht bij de kust bevindt. Vanaf de 20 m-N.A.P. dieptelijn tot de 5 m-N.A.P. dieptelijn heeft de bodem een steile helling van ca. 1:6. Vanaf de 5 m-N.A.P. dieptelijn tot aan de hoofdraai neemt de bodemhelling geleidelijk aan af tot ca. 1:30 op het strand.

Voor het afregelen van het rekenmodel moet ieder rekenelement afzonderlijk gecalibreerd worden. Hiertoe dienen in de brandingszone meetgegevens m.b.t. waterstanden, golfhoogten, stroomsnelheden en concentraties beschikbaar te zijn. Het getij en golfbeeld op "diep water" zijn de invoer voor het rekenmodel.

Het meetplan voor het inwinnen van die diepwatergegevens was als volgt (zie eveneens fig. 1):

1. Golfmetingen met behulp van een Wavec en Waverider meetboei ter plaatse van de 15 m-N.A.P. dieptelijn.  
Van de Wavec boei zijn alleen van 28 maart enige gegevens beschikbaar.
2. Stroomsnelheid en stroomrichting metingen in de geul met behulp van een O.S.M.  
Meetperiode van 26 maart tot 11 april.
3. Waterstandregistratie aan de peilschrijver P.R. 11.2 te Westkapelle.

Op de meetlokatie zelf zijn geen windgegevens ingewonnen. De beschikbare windgegevens zijn afkomstig van het station BG2.

Het meetplan voor de metingen in de brandingszone was als volgt (zie fig. 1):

1. Stroomsnelheid metingen in x- en y-richting op 20 cm vanaf de bodem met behulp van 4 Colnbrook-stroommeters.  
De metingen werden verricht door de 4 Colnbrooks achtereenvolgens in drie verschillende raaien te plaatsen. Gedurende één getij werden de gegevens continu en gedurende een zo lang mogelijke periode ingewonnen. Op deze wijze werden de volgende raaien gemeten:

- Raai 1, loodrecht op de hoofdraai met de Colnbrooks 1 t/m 4 op respectievelijk 134, 97, 44.5 en 78.2 m uit de hoofdraai.  
Meetdata: 26 en 27 maart.
  - Raai 2, gelegen op de 0 m dieptelijn evenwijdig aan de hoofdraai. De Colnbrooks 1 t/m 3 werden geplaatst op 44 m uit de hoofdraai en Colbrook 4 op 62 m.  
Meetdatum: 28 maart.
  - Raai 3, gelegen op de 1 m-N.A.P. dieptelijn en eveneens venwijdig aan de hoofdraai. De 4 Colnbrooks werden alle geplaatst op 78.2 m uit de hoofdraai.  
Meetdatum: 28 maart.
2. Waterstand- en golfhoogtemetingen met behulp van een stappenbaak. Gedurende de drie meetdagen van 26, 27 en 28 maart stond de stappenbaak steeds in dezelfde positie opgesteld, en wel op een afstand van 76.8 m uit de hoofdraai.
3. Concentratiemetingen met behulp van een AZTM concentratiemeter, op 78.2 m uit de hoofdraai.  
Meetdata: 26, 27 en 28 maart.

De meetgegevens van de Colnbrooks en de stappenbaak zijn simultaan op tape verzameld. Ook de AZTM gegevens zijn op tape verzameld. Voorafgaand aan de brandingsstroom metingen zijn de vier Colbrook-stroommeters geijkt in de stroomgoot van de HTS te Vlissingen. Op 26 maart en 4 april is het bodemprofiel tussen de strandhoofden 29 en 30 bepaald in vier raaien, loodrecht op de hoofdraai. Deze lodingen zijn verwerkt in de contouren plot van de dieptelijnen in figuur 1.

Verdere informatie over de uitvoering van het meetprogramma is vastgelegd in de notitie WWKZ-85-V341.

## 2.2. De meetregistraties

Elke halve seconde werd door de stappenbaak de hoogte  $z$  van het wateroppervlak t.o.v. een zeker referentie-niveau geregistreerd. De Colbrook stroommeters registreerden elke halve seconde de  $x$ - en  $y$ -componenten van de momentane stroomsnelheid. Hierbij gold voor iedere stroommeter dat de positieve  $y$ -as naar zee was gericht en de positieve  $x$ -as evenwijdig aan de hoofdraai noord-westwaarts was gericht. De stappenbaak en Colbrook signalen werden door een micro-computer nader bewerkt en vervolgens telkens over een interval van 1 minuut gesommeerd.

Op deze wijze zijn van de stappenbaak de sommaties  $\sum z$  en  $\sum z^2$  bepaald en van de Colbrook stroommeters de sommaties  $\sum x$ ,  $\sum y$ ,  $\sum x^2$ ,  $\sum y^2$  en  $\sum xy$ .

Tenslotte zijn de sommatie-waarden van de stappenbaak en de 4 Colnbrooks simultaan op een tape verzameld. Op deze wijze werden de volgende meetregistraties verkregen:

- Meetregistratie 1A; raai 1, 26 maart van 10.35 t/m 20.47 uur
- Meetregistratie 1B; raai 1, 27 maart van 10.24 t/m 13.04 uur
- Meetregistratie 1C; raai 1, 27 maart van 13.08 t/m 21.44 uur
- Meetregistratie 2; raai 2, 28 maart van 03.55 t/m 09.00 uur
- Meetregistratie 3A; raai 3, 28 maart van 14.51 t/m 17.50 uur
- Meetregistratie 3B; raai 3, 28 maart van 18.23 t/m 22.29 uur.

De resultaten van de waverider golfmetingen, van de getijmeting te Westkapelle en van de stroomsnelheid in het Oostgat zijn samengevat in tabel 1. Hierin zijn alleen de resultaten weergegeven van die dagen waarop de stappenbaak- en Colnbrook metingen zijn gedaan. Per half uur geeft tabel 1 achtereenvolgens de significante golfhoogte  $H_{50}$ , de golfhoogte  $T_{m0}$  (het gemiddelde tijdsinterval tussen opwaartse nuldoorgangen), de waterstand te Westkapelle, de gemiddelde golfrichting en de stroomsnelheid in het Oostgat. De golfrichtingen zijn vastgelegd t.o.v. het rekenassenstelsel dat voor de refractie- en langsstroomberekeningen is gebruikt (zie figuur 1). Dit rekenassenstelsel wijkt af van het assenstelsel ten opzichte waarvan de Colnbrook registraties zijn vastgelegd. De golfrichtingen zijn afgeleid van enkele visuele waarnemingen, welke in ondertaand tabel zijn weergegeven.

Datum	M.E.T.	Golfrichting in graden (t.o.v. noorden)
26.03	16.30	80
27.03	13.00	270
	15.00	260
	16.00	270
	17.30	270
28.03	13.30	240
	19.00	240

Van 26 maart is slechts één waarneming beschikbaar, nl. een golfrichting van 80 gr. t.o.v. N.

Dit betekent, dat de golven vanaf de kust van Walcheren in zuidoostelijke richting lopen. De metingen op deze dag werden gedaan onder zeer kalme weersomstandigheden, hetgeen het visueel bepalen van een golfrichting moeilijk maakt. Teneinde ook met de gegevens van deze meetdatum refractie en langsstroom berekeningen te kunnen uitvoeren, is daarom voor de gehele meetduur arbitrair een golfrichting van 90 gr. t.o.v. het reken-assenstelsel aangenomen.

Ook op de beide andere meetdagen zijn slechts enkele waarnemingen verricht. Deze waarnemingen vertonen een geringe spreiding, zodat ook hier de golfrichting voor beide meetdagen konstant zijn verondersteld.



In de figuren 2, 3 en 4 zijn de waterstanden, de stroomsnelheden en de stroomrichtingen van tabel 1 nog eens geploteerd. Het blijkt dat de stroomrichting in het Oostgat nagenoeg parallel aan de x-as van het rekenassenstelsel loopt. Een stroming in de richting van de positieve x-as, wordt in tabel 1 dan ook aangeduid met een positief teken.

Achter in het rapport zijn vier losse transparante bijlagen bijgevoegd, waarop nogmaals de waterstanden, de stroomsnelheden en de golfhoogten in het Oostgat tegen de tijd zijn uitgezet. De tijdschalen van de grafieken zijn hierbij in overeenstemming gebracht met de tijdschalen waarmee de resultaten van de Colnbrook- en stappenbaak meetgegevens in grafieken zijn weergegeven. Door deze te vergelijken met de grafieken op de bijlagen kunnen de meetresultaten beter geïnterpreteerd worden.

De figuren 5 t/m 7 tenslotte tonen grafieken van de respectievelijk op 26, 27 en 28 maart gemeten golfperiodes.

### 2.3. Analyse van de meetregistraties

Het verwerken van de Colnbrook-registraties had tot doel informatie te verkrijgen over de stroom- en orbitaalsnelheden in de twaalf meetpunten. Het verwerken van de stappenbaak registraties leverde informatie op over de waterstanden en de golfhoogten t.p.v. de meetlokatie in het snijpunt van de raaien 1 en 3.

In de paragrafen 3.1.2 en 3.2.2 wordt hierover verslag gedaan en in de paragrafen 3.1.1 en 3.2.1 worden de theoretische achtergronden van de toegepaste verwerkingsmethoden nader belicht.

Met behulp van de verkregen series orbitaalsnelheden en golfhoogten voor het snijpunt van de raaien 2 en 3, is gepoogd een relatie tussen deze beide grootheden af te leiden. Dit maakt het mogelijk om ook voor de overige meetpunten, waar de golfhoogten niet direkt gemeten zijn, deze via de afgeleide relatie te berekenen. De resultaten van de analyse worden, tesamen met een daaraan voorafgaande theoretische toelichting, gepresenteerd in hoofdstuk 4.

Vervolgens is getracht het refractie-model en het langsstroom model af te regelen, door de berekeningsresultaten van beide modellen te vergelijken met de reeds eerder bepaalde golfhoogten en langsstroomsnelheden.

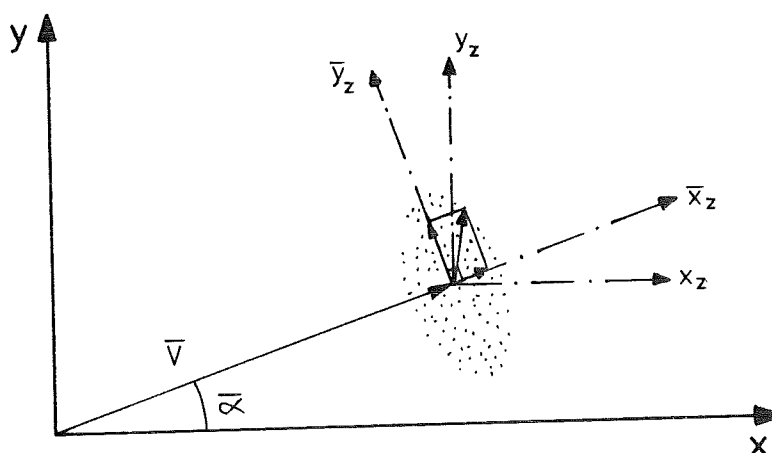
De theoretische achtergronden van het refractie- en het langsstroommodel en de resultaten van de calibratie berekeningen worden gepresenteerd in de hoofdstukken 5 en 6.

### 3. VERWERKING VAN COLNBROOK- EN STAPPENBAAK REGISTRATIES

#### 3.1. Colnbrook-meetregistraties

##### 3.1.1. Theoretische achtergrond

Indien men de x- en y-registraties van bijv. een 1-minuut waarneming in een diagram zou weergeven, dan ontstaat er een puntenwolk, waarvan de punten de eindpunten van de momentane snelheidsvectoren voorstellen (zie onderstaand figuur).



De vector naar het zwaartepunt van de puntenwolk is de over de waarnemingsperiode gemiddelde stroomsnelheid.

$$\text{Dus: } \bar{v} = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sum X}{n}\right)^2 + \left(\frac{\sum Y}{n}\right)^2} \quad (3.1.1)$$

met  $n$  = het aantal waarnemingen (= 120 per minuut)

De richting van de gemiddelde stroomsnelheid met de x-as is:

$$\bar{\alpha} = \arctg \frac{\bar{y}}{\bar{x}} = \frac{\sum Y}{\sum X} \quad (3.1.2)$$

De richting van de hoofdtraagheidsas  $\bar{Y}_z$  van de puntenwolk (dit is de minimum traagheids-as) kan beschouwd worden als de gemiddelde richting van de orbitaal beweging.

De variantie van de puntenwolk t.o.v. de hoofdtraagheidsas  $\bar{X}_z$  (= maximum traagheidsas) kan beschouwd worden als het kwadraat gemiddelde van de orbitaalsnelheid over de waarnemingsperiode. Dit is tevens het maximum traagheidsmoment van de puntenwolk.

In formule:

$$\sigma_2^2 = u_{rms}^2 = \frac{1}{n} \sum \dot{y}_z^2 \quad (3.1.3)$$

De root-mean-square orbitaalsnelheid en de gemiddelde orbitaalrichting kunnen dus verkregen worden door eerst de traagheidsmomenten van de puntenwolk t.o.v. het assenstelsel  $x_z, y_z$  door het zwaartepunt hiervan te berekenen en vervolgens de hoofdtraagheidsrichtingen en hoofdtraagheidsmomenten te bepalen. Dit kan geschieden door gebruik te maken van de cirkel van Mohr (welbekend in de spanningsleer).

In formules uitgedrukt komt men dan tot het volgende resultaat.

De variantie van de momentane snelheidscomponent X is:

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \frac{1}{n-1} = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right) \quad (3.1.4.)$$

De bovenstaande uitdrukking toont aan dat  $\sigma_x^2$  gelijk is aan het traagheidsmoment van de puntenwolk t.o.v. de  $y_z$ -as door het zwaartepunt.

Voor de variantie van de momentane snelheidscomponent y (= traagheidsmoment t.o.v.  $x_z$ -as) geldt:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right) \quad (3.1.5.)$$

De varianties  $\sigma_1^2$  en  $\sigma_2^2$  t.o.v. de hoofdassen  $\bar{x}_z, \bar{y}_z$  door het zwaartepunt van de puntenwolk kunnen nu berekend worden indien tevens de covariantie (= centrifugaal traagheidsmoment) bekend is. De covariantie  $\text{cov}_{xy}$  wordt berekend met:

$$\text{cov}_{xy}^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sum_{i=1}^n y_i}{n} \right) \quad (3.1.6.)$$

De hoek van de  $\sigma_2$ -hoofd-as met de x-as van het x-y assenstelsel is:

$$\beta = 0,5 \arctg \frac{2 \sigma_{xy}^2}{\sigma_y^2 - \sigma_x^2} \quad (3.1.7.)$$

Deze hoek kan beschouwd worden als de gemiddelde hoek van de golfkammen t.o.v. de x-as.

De varianties  $\sigma_1^2$  en  $\sigma_2^2$  worden vervolgens met de volgende formules berekend:

$$\sigma_1^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} - \frac{\sigma_y^2 - \sigma_x^2}{2 \cos 2\beta} \quad (3.1.8.)$$

$$\sigma_2^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} + \frac{\sigma_y^2 - \sigma_x^2}{2 \cos 2\beta} = U_{\text{rms}}^2 \quad (3.1.9)$$

De varianties  $\sigma_1^2$  en  $\sigma_2^2$  gaan gepaard met een covariantie  $\text{cov}_{xy}=0$ . Dit betekent dat de  $\bar{x}_z$  en de  $\bar{y}_z$  waarden t.o.v. het  $\bar{x}_z - \bar{y}_z$  assenstelsel ongecorrleerd zijn (dit betekent echter niet dat ze ook onafhankelijk zijn).

### 3.1.2. Verwerking van de meetregistraties

Door de Adviesdienst Vlissingen is een eerste bewerking van de Colnbrook- en stappenbaak meetregistraties uitgevoerd. Door toepassing van de verwerkingsmethode welke in de voorgaande paragraaf is aangegeven, zijn de volgende grootheden berekend:

- de gemiddelde hoek  $\beta$  van de golfkammen t.o.v. de Colnbrook x-as (formule 3.1.7.)
- de hoek  $\bar{\alpha}$  van de gemiddelde stroomsnelheid (formule 3.1.2.) eveneens t.o.v. de Colnbrook x-as
- de gemiddelde stroomsnelheid  $V$  (= brandingsstroom + getijstroom) (formule 3.1.1.)
- de standaardafwijkingen  $\sigma_1$  en  $\sigma_2$  (formules 3.1.8 en 3.1.9), waarbij  $\sigma_2$  als de root-mean square orbitaalsnelheid wordt beschouwd.

Er zijn in totaal een tweetal berekeningen gemaakt, nl. één waarbij het bewerkingsinterval steeds 1 minuut bedraagt en één met een bewerkingsinterval van 10 minuten. Van iedere berekende grootheid zijn plots gemaakt. De serie met de 1 minuut gemiddelden vertoont een zeer grillig karakter. In de tweede serie met de 10 minuten gemiddelden, zijn de grilligheden reeds aanzienlijk uitgefilterd zodat deze serie zich dan ook beter leent voor interpretatie. Aan de hand van de laatst genoemde plots is een eerste afschatting gemaakt, welke delen van de meetregistraties voor verdere bewerking konden worden gebruikt.

Alhoewel de plots voor raai 1, gemeten op 26 maart (meetregistratie 1A), op sommige tijdstippen nog grillig verloopt, is toch nagenoeg de gehele meetregistratie, nl. vanaf 11.00-22.00 uur voor verdere

bewerking gebruikt.

De plots van de op 27 maart gemeten raai 1 (meetregistratie 1B) geven een zeer onregelmatige registratie te zien. Hierdoor en ook omdat de registratieduur erg kort is geweest, is afgezien deze meetregistratie verder te bewerken. Van meetregistratie 1C is het deel vanaf tijdstip 15.00 t/m 21.00 uur verder bewerkt. De plots voor de raaien 2 en 3 laten grafieken zien met betrekkelijk weinig piekwaarden, zodat nagenoeg de volledige meetregistraties voor verdere bewerking konden worden gebruikt, nl.:

- meetregistratie 2 ; raai 2, 28 maart van 04.30 t/m 08.30 uur
- meetregistratie 3A; raai 3, 28 maart van 15.00 t/m 17.00 uur
- meetregistratie 3B; raai 3, 28 maart van 18.30 t/m 22.00 uur.

Van de vijf bovengenoemde meetregistraties zijn de grootheden  $\beta$ ,  $\alpha$ ,  $V$ ,  $\mathcal{V}_1$  en  $\mathcal{V}_2$  nogmaals berekend, echter nu voor een bewerkingsinterval van 20 minuten. Dit bewerkingsinterval komt overeen met het registratie-interval van de waverider golfmetingen. Gestreefd is het midden van het bewerkingsinterval, waaraan de 20 minuten gemiddelden van de Colnbrook meetregistraties worden toegekend, zoveel mogelijk te laten samenvallen met de tijdstippen waaraan de significante golfhoogten  $H_{50}$  en de golfperioden  $T_{m0}$  zijn toegekend (n.l. om het halve uur).

De tabellen 2 t/m 6 geven de resultaten van de berekening weer. Elk nieuw bewerkingsinterval wordt aangeduid met een kopregel met daarin aangegeven de meetdatum, het begin- en eindtijdstip van het interval en het aantal waarnemingen in het interval (steeds 2400). Vervolgens worden voor elk der 4 Colnbrooks kolomsgewijs de berekende waarden  $\beta$  (= richting golfkammen),  $\alpha$  (= richting gemiddelde stroomsnelheid),  $V$  (= gemiddelde stroomsnelheid),  $\mathcal{V}_1$  en  $\mathcal{V}_2$  (= orbitaalsnelheid) aangegeven. De gemiddelde stroomrichtingen, de gemiddelde stroomsnelheden en de orbitaalsnelheden zijn tevens geplot in de figuren 8 t/m 19.

De geplotte stroomrichtingen tonen aan dat er in de meetpunten geenszins sprake is van een langsstroom (parallel aan de hoofdraai). De stroomrichting in elk der meetpunten varieert aanzienlijk gedurende de meetperiode en ook onderling geven de meetpunten op eenzelfde tijdstip een groot verschil in stroomrichting te zien. De strandhoofden zijn wellicht een belangrijk element in de verstoring van het stromingspatroon, met name rondom de kop van de hoofden (meetpunten 1 en 3 van raaien 2 en 3). Echter ook in de punten verder van de strandhoofden verwijderd (meetpunten 2 en 4) laten de metingen sterk variërende stroomrichtingen zien. Stroomsnelheidsvectoren met richtingen die liggen in een sector van 50-130 gr. t.o.v. de hoofdraai zijn geen uitzonderingen (zie figuren 10 en 11). De verstoring van de strandhoofden strekt zich wellicht ook tot dit deel van het meetgebied uit. Verder valt op, dat met name in de raaien 2 en 3, de y-component van de stroomsnelheidsvectoren overwegend naar de kust toe is gericht (het deel van de grafieken in de figuren 10 en 11 met negatieve richtingen). Dit wijst op een mogelijk massa transport naar de kust toe.

De metingen op 26 maart zijn verricht onder nagenoeg windstille omstandigheden zonder golven, zodat het stromingspatroon in het meetgebied in feite door het getij werd bepaald.

Uit figuur 12 blijkt dan ook, dat de stroomsnelheid in de twee meest zeewaarts gelegen meetpunten van raai 1 het verloop van de stroomsnelheid in het Oostgat (zie bijlage 1) vrij redelijk volgt. Echter op het tijdstip dat de stroming in het Oostgat van richting gaat veranderen (16.00 uur), blijken de stroomsnelheden in de meetpunten juist toe te nemen. De maximum snelheden worden bereikt precies op het tijdstip van hoog water (17.00 uur), terwijl dit voor de stroming in het Oostgat pas twee uur later het geval is (19.00 uur). Rekent men met behulp van de Chezy-formule de minimum en maximum stroomsnelheid in het Oostgat (respectievelijk ca. 0,25 m/s op 13.00 uur en ca. 0,85 m/s op 19.00 uur, zie bijlage 1) om naar de stroomsnelheid op 0.20 m hoogte vanaf de bodem in meetpunt 1 van raai 1 (uitgaande van de formules 6.1.2 en 6.2.1, beschreven in hoofdstuk 6) dan worden snelheden van respectievelijk ca. 0,06 m/s en 0,29 m/s verkregen. In orde grootte komen deze waarden in redelijke mate overeen met de door Colnbrook-stroommeter nr. 1 gemeten minimum en maximum snelheden.

Verder blijkt uit de metingen eveneens de invloed van de waterdiepte. Met uitzondering van meetpunt 4 nemen de stroomsnelheden gaande van meetpunt 1 tot meetpunt 3 duidelijk af.

In de grafieken van de Colnbrook-stroommeting resultaten van 27 maart (figuur 13), ontbreken de stroomsnelheidsmaxima zoals die bij de 26 maart meting ten tijde van hoog water en daarna wel zijn geregistreerd. Op 27 maart zijn de golfhoogten aanzienlijk hoger (zie bijlage 2).

Doordat de gemiddelde golfrichting op deze meetdag een hoek van ca. 129 gr. met de hoofddraai maakt, wordt een brandingsstroom in negatieve x-as richting opgewekt. Tot ca. 16.30 uur stroomt ook de getijstroom in negatieve x-as richting, zodat beide stromingscomponenten elkaar versterken. Na 16.30 uur keert de getijstroomrichting om en werken beide componenten elkaar tegen. Dit is wellicht de reden dat met name in de meetpunten 1 en 2 de gemeten stroomsnelheden aanzienlijk lager zijn dan die van de meting van 26 maart.

In tegenstelling tot de grafieken van 27 maart nemen de stroomsnelheden in de meetpunten 1 t/m 4 van raai 2 (1e meting 28 maart) na het tijdstip 06.00 uur (hoog water, zie bijlage 3) aanzienlijk toe (zie figuur 14). Dit terwijl gedurende de gehele meetperiode van die dag de brandingsstroom- en de getijstroomcomponent in feite tegengesteld aan elkaar zijn. De stroomsnelheden nemen toe, terwijl de waterstand zakt (vergelijk figuur 14 met bijlage 3). Mogelijk is in dit geval de brandingsstroom-component overheersend. Als men ervan uitgaat dat raai 2, gelegen op de 0 m - NAP dieptelijn, zich nog buiten de echte brandingszone bevindt, dan zal de door de radiation stress opgewekte brandingsstroom namelijk toenemen bij afnemende waterstanden.

De grafieken van de stroomsnelheden in figuur 15 (2e meting 28 maart) tenslotte tonen een nagenoeg identiek snelheidsverloop. Ook hier zijn de stroomsnelheden overwegend laag bij hoog water (vergelijk figuur 15 met bijlage 4) en nemen ze toe bij afnemende waterstanden.

Uit de plots van de orbitaalsnelheden (figuren 16 t/m 19) kan worden gekonstateerd dat de orbitaalsnelheid gemeten met Colnbrook 4 in alle gevallen hoger is dan de orbitaalsnelheden welke zijn gemeten met de drie overige Colnbrooks. Met name voor de raaien 2 en 3, die evenwijdig aan de hoofddraai lopen is dit des te opvallender. In deze raaien is de orbitaalsnelheid in punt 4 ongeveer twee maal hoger dan die in de meetpunten 1, 2 en 3. Dit betekent dat de golfhoogte in punt 4 ook ongeveer twee maal hoger dan die in de overige punten van de beide raaien moet zijn geweest. De bodemconfiguratie geeft hier echter geen enkele aanleiding toe, aangezien de dieptelijnen in dit gebied tamelijk regelmatig zijn en nagenoeg evenwijdig aan de hoofddraai lopen (zie fig. 1).

Op dit aspekt zal in hoofdstuk 4 nader worden ingegaan. Het meetpunt 4 wordt in de hierna volgende verdere beschouwing van de figuren 16 t/m 19 dan ook buiten beschouwing gelaten.

De orbitaalsnelheden in de meetpunten van raai 1, gemeten op 26 maart, zijn, zoals te verwachten is, aanzienlijk lager dan de orbitaalsnelheden die in dezelfde meetpunten op 27 maart zijn gemeten (vergelijk figuren 16 en 17 en vergelijk de golfhoogten in het Oostgat van de bijlagen 1 en 2).

Vooraf uit figuur 17 blijkt de grote invloed die de waterdiepte heeft op de orbitaalsnelheid. In het meest zeewaarts gelegen meetpunt 1 wordt de laagste orbitaalsnelheid gemeten en in het meetpunt 3 dat zich het meest nabij het strand bevindt treft men de hoogste orbitaalsnelheid aan. Het feit, dat bij afnemende diepte ook de lokale golfhoogte afneemt (zie bijvoorbeeld de figuren 28 t/m 31) heeft kennelijk niet tot gevolg dat daardoor ook de orbitaalsnelheden afnemen. Ook in de tijd gezien blijken de orbitaalsnelheden het verloop van de waterstand op dezelfde wijze te volgen. Met hoog water bereiken de orbitaalsnelheden een minimum waarde. Dit wordt vooral goed geïllustreerd in de figuren 17 (meting 27 maart) en 19 (meting 28 maart). In deze laatste figuur blijkt tevens, dat het verloop van de orbitaalsnelheden in de 4 meetpunten onderling weinig van elkaar verschillen. Dit kan verklaard worden uit het feit dat de diepte over deze meetraai slechts in geringe mate varieert.

## 3.2. Stappenbaak meetregistraties

### 3.2.1. Theoretische achtergrond

Bij het berekenen van de golfhoogten en waterstanden uit de stappenbaak meetregistraties is uitgegaan van de onderstaande relaties. De significante golfhoogte  $H_s$  kan bepaald worden met:

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \quad (3.2.1.)$$

waarin:  
 $M_0 = 0^e$  ordemoment van het golfenergie spectrum

Er geldt eveneens:

$$m_0 = \sigma_z^2 \quad (3.2.2.)$$

waarin:  
 $\sigma_z^2$  = variantie van de geregistreeerde momentane waterstanden in een bepaald bewerkingsinterval

De variantie  $\sigma_z^2$  kan als volgt uit de stappenbaak meetregistraties berekend worden:

$$\sigma_z^2 = \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n z^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n z \right)^2 \right) \quad (3.2.3.)$$

waarin:  
 $\sum z, \sum z^2$  = sommaties van resp. de momentane waterstanden en de kwadraten hiervan  
 $n$  = aantal waarnemingen in het bewerkingsinterval

Tenslotte is de root-mean-square golfhoogte  $H_{rms}$  berekend door uit te gaan van de relatie:

$$H_{rms} = \frac{H_s}{\sqrt{2}} \quad (3.2.4.)$$



De gemiddelde waterstand voor elk bewerkingsinterval is:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n Z}{n} \quad (3.2.5.)$$

### 3.2.2. Verwerking van de meetregistraties

De stappenbaak stond opgesteld in het meetpunt, waar de raaien 1 en 3 elkaar kruisen (voor beide raaien is dit het meetpunt 4). Ten behoeve van het vaststellen van de relatie tussen de orbitaalsnelheid en de golfhoogte in dit meetpunt, is de root-mean-square golfhoogte berekend uit de meetregistraties 1A en 1C (raai 1) en 3A en 3B (raai 3).

Uit een eerste berekening, die zeer onrealistische resultaten opleverde, bleek dat de stappenbaak-signalen zijn geregistreerd met een nul- en schaalfout.

Er kon worden vastgesteld dat de registraties als volgt moesten worden gecorrigeerd:

$$Z = - 0,47446 Z + 70,4674 \quad (3.2.6.)$$

waarin:

$Z^*$  = geregistreeerde waterstand

$Z$  = werkelijke waterstand

Voor de  $\sum Z$  en  $\sum Z^2$  waarden in de meetregistratie files worden de correcties dan als volgt:

$$\sum Z = - 0,47446 \sum Z^* + 120 * 70,4674 \quad (3.2.7.)$$

$$\sum Z^2 = (-0,47446)^2 \sum (Z^*)^2 - 2 * 0,47446 * 70,4674 \sum Z^* + 120 * 70,4674^2 \quad (3.2.8.)$$

Verder laten analoge registraties van de metingen op 27 en 28 maart op een aantal tijdstippen zeer hoge uitschieters zien, die niet in overeenstemming zijn met de rest van de registraties.

Deze extremen waren ook waarneembaar in de op tape vastgelegde sommatiewaarden  $\sum Z$  en  $\sum Z^2$ .

Het bleek dat deze extremen de golfhoogten en waterstanden die uit de betreffende meetregistraties waren berekend, zelfs bij een bewerkingsinterval van 20 minuten aanzienlijk beïnvloedden.

Voor zover deze niet aan het begin of aan het eind van een meetregistratie voorkwamen, zijn de betreffende extreme  $\sum Z$  en  $\sum Z^2$ -waarden in de datafile gewijzigd, door ze in overeenstemming te brengen met de korrekte sommatiewaarden van de meest nabijgelegen tijdsintervallen. Op deze wijze kon voor de verdere bewerking toch gebruik worden gemaakt van continue tijdsregistraties.

In meetregistratie 3A bevinden zich echter aan het begin zeer vele extreme waarden, zodat dit deel niet in beschouwing is genomen. Van meetregistratie 1A is slechts het deel van 14.30 t/m 20.00 uur gebruikt, omdat er alleen gedurende deze periode van voldoende waterdiepte sprake was.

De definitieve berekening van golfhoogten en waterstanden werd vervolgens uitgevoerd voor een bewerkingsinterval van 20 minuten.

Tabel 7 geeft hiervan de resultaten weer. Kolomsgewijs kunnen achtereenvolgens de meetdatum, het begin- en eindtijdstip van het bewerkingsinterval, de significante golfhoogte  $H_s$ , de root-mean-square golfhoogte  $H_{rms}$  en de gemiddelde waterstand  $\bar{Z}$  worden afgelezen.

De  $H_{rms}$  waarden zijn eveneens geplot in de figuren 20 t/m 26. Ter vergelijking zijn hierin tevens de root-mean-square golfhoogten uitgezet, die door de waverider op de 15 m -NAP dieptelijn zijn gemeten (de bodemligging t.p.v. de stappenbaak bedroeg 0.91 m -NAP). In de figuren 20 t/m 23 zijn de golfhoogten uitgezet tegen de tijd en in de figuren 24 t/m 26 tegen de waterstand. Uit de figuren die betrekking hebben op de metingen van raai 1 blijkt, dat, met name bij waterstanden lager dan 1 m +NAP, de door de stappenbaak in ondiep water gemeten golfhoogten hoger zijn dan de 'diep' water golfhoogten. Voor de meting op 26 maart is er zelfs sprake van naar schatting tweemaal hogere en voor 27 maart van ca. anderhalf maal hogere golfhoogten. De figuren 22 en 26, die betrekking hebben op de meting van raai 3 op 28 maart, laten zien dat de stappenbaak golfhoogten nagenoeg alle hoger zijn dan de waverider golfhoogten. Het is niet eenvoudig hiervoor een verklaring te vinden. Omdat het hier om betrekkelijk lage diepwater golfhoogten en kleine golfperioden gaat en omdat de bodem contourlijnen een tamelijk regelmatig patroon vormen, lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat shoaling en refractie hiervan de oorzaak zijn.

## 4. BEPALING RELATIE ORBITAALSNELHEID EN GOLFHOOGTE

### 4.1. Theoretische achtergrond

Bij het bepalen van de relatie tussen de root-mean-square golfhoogte  $H_{rms}$  (bepaald uit de stappenbaak registratie, zie voorgaande paragraaf) en de root-mean-square orbitaalsnelheid  $u_{rms}$  (bepaald uit de meetregistratie van Colnbrook 4, zie par. 3.1.2.) is uitgegaan van de lineaire golftheorie.

Voor een enkelvoudige sinusvormige golf geldt:

$$\hat{u}(z) = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh(2\pi/\lambda(z+h))}{\sinh(2\pi/\lambda)} \quad (4.1.1)$$

waarin:

$\hat{u}(z)$  = amplitude orbitaalsnelheid op diepte Z vanaf het gemiddeld waterniveau

H = golfhoogte

T = golfperiode

$\lambda$  = lokale golflengte

h = totale waterdiepte = d +  $\eta$

d = afstand bodem tot NAP

$\eta$  = waterstandsverhoging (getij) t.o.v. NAP

Formule 4.1.1 is voor dit onderzoek toegepast, zij het dat in dit geval niet de relatie tussen de amplitudes van orbitaalsnelheid en golfhoogte wordt beschreven maar de relatie tussen de root-mean-square waarden van beider grootheden. Aan formule 4.1.1 is bovendien een lineaire calibratie-faktor f toegevoegd, waarin getracht is alle invloeden t.g.v. simplificaties te verdiskonteren. De relatie wordt dan als volgt:

$$u_{rms} = f \frac{\pi H_{rms}}{T} \frac{\cosh(2\pi/\lambda(z+h))}{\sinh(2\pi/\lambda)} \quad (4.1.2)$$

Met als invoer de reeks lokale  $H_{rms}$ -waarden uit tabel 7 en de bijbehorende reeks golfperiodes T en waterstandsverhogingen  $\eta$  uit tabel 1, werden met formule 4.1.2 voor enkele f-waarden evenzovele reeksen orbitaalsnelheden berekend.

Met behulp van een correlatieprogramma werden vervolgens de correlaties bepaald tussen de berekende reeksen en de gemeten reeksen uit de tabellen 2, 3, 5 en 6.

Het programma berekende tevens de regressielijnen. Door onderlinge vergelijking van correlaties en regressielijnen werd tenslotte een beste schatting voor  $f$  verkregen.

Voor ieder meetpunt kon vervolgens een reeks root-mean-square golfhoogten berekend worden met de onderstaande formule:

$$H_{rms} = \frac{u_{rms} T \sinh(2\pi/\lambda)}{f \cosh(2\pi/\lambda(z+h))} \quad (4.1.3)$$

## 4.2. Berekeningsresultaten

### 4.2.1. Calibratiefactor $f$

Zoals in par. 3.1.2 reeds is gekonstateerd, zijn de orbitaalsnelheden in het punt 4 van iedere meetraai ca. tweemaal zo hoog als die in de drie overige meetpunten.

Het lijkt echter zeer onwaarschijnlijk dat dit in werkelijkheid ook het geval is geweest, aangezien de bodemconfiguratie geen enkele aanleiding geeft tot zulke grote verschillen over met name de beide raaien 2 en 3, die nagenoeg parallel aan de contourlijnen lopen. Het punt 4 is bovendien in elke raai met dezelfde Colbrook gemeten en het ligt dan ook voor de hand te veronderstellen dat in de registraties van deze stroommeter eveneens een systematische fout is opgetreden. Het is opmerkelijk, dat juist in het punt waar de relatie tussen de orbitaalsnelheid en de golfhoogte moet worden bepaald er zowel bij de stappenbaak als bij de Colbrook 4 stroommeter sprake is van een systematische meetfout.

Een en ander hield in dat de met Colbrook 4 gemeten orbitaalsnelheden gekorrigeerd dienden te worden, alvorens formule 4.1.2 middels de waarde  $f$  gecalibreerd kon worden.

Er is aangenomen, dat de systematische fout uit een schaal- en nulpuntsfout heeft bestaan, zodat de orbitaalsnelheden, als volgt gekorrigeerd konden worden:

$$u_{rms}^{(4)} = a u_{rms}^{*(4)} + b \quad (4.2.1)$$

waarin:

$u_{rms}^{(4)}$  = werkelijk opgetreden orbitaalsnelheid  
 $u_{rms}^{*(4)}$  = uit meetregistratie bepaalde orbitaalsnelheid  
 $a, b$  = korrektiefactoren.

De korrektiefactoren  $a$  en  $b$  zijn bepaald, door gebruik te maken van de orbitaalsnelheden in de punten 2 en 3 van raai 3 die zich aan weerszijden van meetpunt 4 bevinden.

Uit de tabellen 5 en 6 is voor ieder van de punten 2, 3 en 4 een reeks samengesteld, die een periode omvat van 15.00 t/m 21.00 uur (de tijdstippen 21.30 en 22.00 uur zijn buiten beschouwing gelaten vanwege de enigszins afwijkende orbitaalsnelheden in punt 3). Van elke reeks zijn de standaardafwijking en het gemiddelde bepaald, met onderstaand resultaat:

$$\begin{array}{ll} \sigma_u^{(2)} = 6.6 \text{ cm/s} & \bar{u}^{(2)} = 35,35 \text{ cm} \\ \sigma_u^{(3)} = 7.11 \text{ cm/s} & \bar{u}^{(3)} = 36,41 \text{ cm} \\ \sigma_{u^*}^{(4)} = 14.09 \text{ cm/s} & \bar{u}^{*(4)} = 81,09 \text{ cm} \end{array}$$

De uitkomsten van de punten 2 en 3 blijken weinig van elkaar te verschillen. Verondersteld is dan ook, dat de standaardafwijking en het gemiddelde van de werkelijke orbitaalsnelheden in punt 4, weinig van bovengenoemde uitkomsten zullen afwijken, zodat gesteld is:

$$\begin{aligned} \sigma_u^{(4)} &= \frac{\sigma_u^{(2)} + \sigma_u^{(3)}}{2} = 6,86 \text{ cm/s} \\ \bar{u}^{(4)} &= \frac{\bar{u}^{(2)} + \bar{u}^{(3)}}{2} = 35,88 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Volgens de statistiek geldt nu voor een lineaire functie  $u^{(4)} = a u^{*(4)} + b$ :

$$\bar{u}^{(4)} = a \bar{u}^{*(4)} + b \quad (4.2.2)$$

$$\sigma_u^{(4)} = a \sigma_{u^*}^{(4)} \quad (4.2.3)$$

De oplossing van vgl. 4.2.2 en 4.2.3 gaf als resultaat:

$$u_{rms}^{(4)} = 0,49 u_{rms}^{*(4)} - 4,25 \quad (4.2.4)$$

De calibratie berekening, waarbij gebruik is gemaakt van correctie formule 4.2.4 gaf als resultaat:

$$\begin{array}{ll} f & = 0,505 \\ \text{correlatie coeff.} & = 0,904 \end{array}$$

De root-mean-square golfhoogten, die vervolgens met de bovenstaande f-waarde en formule 4.1.3 zijn berekend, waren echter onrealistisch hoog.

In nagenoeg alle gevallen waren deze hoger dan de "diep" water golven; in vele gevallen 20-30 cm hoger en in een aantal gevallen zelfs 50-70 cm hoger (raai 1, gemeten 27 maart).

Deze resultaten toonden aan dat de calibratieberekening met gekorrigeerde orbitaalsnelheden een te lage f-waarde opleverde en dat een andere werkwijze moest worden toegepast. Deze werkwijze

hield het volgende in:

- a. formule 4.1.2 werd gecalibreerd door gebruik te maken van de oorspronkelijke, ongekorrigeerde, Colnbrook 4 orbitaal snelheden
- b. met de in a bepaalde f-waarde zijn de root-mean-square golfhoogten in alle meetpunten berekend, waarbij voor punt 4 gebruik is gemaakt van de met formule 4.2.6 gekorrigeerde orbitaalsnelheden.

De calibratie berekeningen leverde het onderstaande resultaat op:

$$\begin{aligned} f &= 1,028 \\ \text{corr.coeff.} &= 0,905 \end{aligned}$$

regressielijn:

$$u_{\text{rms}}(\text{gemeten}) = u_{\text{rms}}(\text{berekend}) + 0,0251$$

In figuur 27 vindt men tenslotte de ongekorrigeerde orbitaalsnelheden in meetpunt 4 uitgezet tegen de orbitaalsnelheden zoals berekend met de gecalibreerde formule 4.1.2.

De gemiddelde afwijking van de punten tot de lijn  $y=x$  bedraagt  $-2,23$  cm/s; de standaardafwijking bedraagt  $4,39$  cm/s.

#### 4.2.2. De golfhoogten in de meetpunten

De tabellen 8 t/m 12 geven de resultaten weer van de berekening van de root-mean-square golfhoogten uit de root-mean-square orbitaalsnelheden van de tabellen 2 t/m 6. Zoals reeds eerder vermeld, zijn hiertoe de Colnbrook 4 orbitaalsnelheden met formule 4.2.4 gekorrigeerd.

De tijdsintervallen waarvoor de grootheden zijn berekend komen overeen met die uit de tabellen 2 t/m 6 met de Colnbrook berekeningsresultaten.

Ieder nieuw tijdsinterval wordt aangeduid met een kopregel met daarin de meetdatum, het begin- en eindtijdstip van het tijdsinterval, de golfperiode en de waterstandsverhoging (naast de orbitaalsnelheid zijn de beide laatste grootheden de invoer parameters voor formule 4.1.3).

Vervolgens worden per meetpunt in vijf kolommen de root-mean-square golfhoogte  $H_{\text{rms}}$ , de gemiddelde hoek  $\beta$  van de golfkammen, de orbitaalsnelheid  $u_{\text{rms}}$ , de lokale golflengte en de waterdiepte t.o.v. NAP gepresenteerd.

In de figuren 28 t/m 31 zijn de golfhoogten nog eens uitgeplot.

De tegen de tijd uitgezette golfhoogten in de figuren 28 t/m 31 laten, evenals dat bij de orbitaalsnelheden het geval is, een sterke samenhang zien tussen de golfhoogte en de waterstand (zie ook bijlagen 1 t/m 4).

De golfhoogten nemen toe bij hoger wordende waterstand, bereiken een

maximum op het tijdstip van hoog water en nemen daarna weer af.

De bijlagen 1 t/m 4 laten zien, dat de diepwater golfhoogte in het Oostgat gedurende de metingen slechts in geringe mate varieert. Uit figuur 28 (meting 26 maart) blijkt, dat de afname van de golfhoogte over de haaks op de kust staande raai 1 aanzienlijk is. Er is dus, zelfs bij betrekkelijk lage diepwater golfhoogten (de hoogste gemeten golfhoogte op 26 maart was ca. 0,25 m., zie bijlage 1), sprake van een behoorlijke mate van golfenergie dissipatie over raai 1. De afname van de golfhoogte naar de kust toe wordt ook duidelijk aangetoond door de grafieken in figuur 29 (meting raai 1 op 27 maart), waarbij de diepwater golfhoogte aanzienlijk hoger was dan op de meetdag daarvoor. Zoals is te verwachten, verschillen de golfhoogte grafieken van de meetpunten van elk van de beide parallel aan de dieptelijnen lopende raaien 2 en 3 onderling weinig van elkaar.

## 5. DE REFRACTIE BEREKENINGEN

### 5.1. Theoretische achtergrond

#### 5.1.1. Berekeningsmethode

Veelal wordt de golfdoordringing in een kustvak berekend, door met een refractie programma een aantal golfstralen vanuit diep water naar de kust toe door te rekenen. In dit onderzoek echter zijn we geïnteresseerd in de lokale golfhoogten in een aantal diskrete meetpunten, en voor dit doel geeft de toepassing van een omgekeerde rekenprocedure een veel directer resultaat. De berekening van het golfstraaltraject wordt hierin niet gestart vanuit diep water, maar vanuit het lokale meetpunt waarin de golfhoogte bepaald moet worden. Dat de golfhoogte in het startpunt aan het begin van de berekening nog onbekend is, is niet van belang, omdat het refracteren van de golfstraal uitsluitend bepaald wordt door de waterdiepte veranderingen en de golfperiode. Deze laatste grootte is uiteraard bekend, evenals de diepwater golfhoogte en de dominante golf-richting. Vanuit het startpunt wordt dus bij een bepaalde aanvangshoek en naar diep water toe rekenend, het traject van de golfstraal berekend.

Vervolgens berekent het programma, nu in tegengestelde richting rekenend, de golfhoogte verandering over het reeds bekende golfstraaltraject. Hierbij is uiteraard de diep water golfhoogte de beginwaarde.

Naast de refractie- en shoaling effecten wordt hierbij eveneens rekening gehouden met energie dissipatie t.g.v. brekende golven, bodemwrijving en bodemdoorlatendheid. Het resultaat van de berekening is tenslotte de gevraagde golfhoogte en golf set-up in het oorspronkelijke startpunt van de golfstraal.

In dit onderzoek is per meetpunt echter niet een golfstraal, maar een bundel van 49 golfstralen doorgerekend. De bundel bestreekt in alle gevallen een sector van 120 graden, beginnend bij een aanvangshoek van 210 graden en eindigend bij een hoek van 330 graden, met als interval een hoek van 2,5 graden (de hoeken zijn vastgelegd t.o.v. het rekenassenstelsel van fig. 1).

Het resultaat van deze rekenprocedure is een reeks van 49 verschillende golfhoogte- en golf set-up waarden, waarbij elke golfhoogte gekoppeld is aan een golfstraal, waarvan de richting op de diepwaterrand en in het startpunt bekend is (de golfstraalrichtingen in tussengelegen punten zijn in dit verband van minder belang).

Het rekenen met stralenbundels was noodzakelijk, omdat er voor wat de diepwater golfgegevens betreft met enige richtingspreiding rekening werd gehouden, die d.m.v. de onderstaande golfhoogte distributie functie tot uitdrukking werd gebracht:



$$\Delta H(\theta) = A \cos^4(\theta) \quad (5.1.1.)$$

waarin:

- $\theta$  = golfrichting t.o.v. de dominante diepwater golfrichting  $\phi_0$
- $\Delta H(\theta)$  = deel dat de golfstraal met richting  $\theta$  bijdraagt aan de totale golfhoogte  $H_0$ , waargenomen op diep water
- $A$  = konstante

Formule 5.1.1 distribueert dus de waargenomen root-mean-square golfhoogte  $H_0$  over een aantal richtingen aan weerszijden van de dominante golfrichting  $\phi_0$ .

Bij toepassing van een dergelijke distributie functie, worden de onzekerheden in de visueel waargenomen dominante diepwater golfrichting enigszins opgevangen.

Integratie van formule 5.1.1 over de diepwater richtingen van de bundel van 49 golfstralen moet dus de golfhoogte  $H_0$  opleveren:

$$\sum_{i=1}^{49} \Delta H(\theta_{(i)}) = A \sum_{i=1}^{49} \cos^4(\theta_{(i)}) = H_0 \quad (5.1.2.)$$

Hieruit volgt:

$$A = \frac{H_0}{\sum_{i=1}^{49} \cos^4(\theta_{(i)})} \quad (5.1.3.)$$

De golfdistributie ter plaatse van het startpunt wordt vervolgens gevonden door de met het refractieprogramma berekende reeks van 49 golfhoogten  $H_l$  te vermenigvuldigen met de bijbehorende functiewaarden van de diepwater distributie functie.

Voor een golfstraal  $i$  geeft dit:

$$\Delta H_l(i) = \frac{H_l(i)}{A} \cos^4(\theta_{(i)}) \quad (5.1.4.)$$

waarin:

- $\Delta H_l(i)$  = deel dat golfstraal  $i$  aan de totale lokale root-mean-square golfhoogte  $H_l$  bijdraagt
- $H_l(i)$  = golfhoogte in startpunt voor golfstraal  $i$  en bepaald met refr. berekening
- $\theta(i)$  = diep water richting van golfstraal  $i$  t.o.v.  $\phi_0$

De uiteindelijke lokale root-mean-square golfhoogte  $H_{rms}$  wordt verkregen door sommatie van de  $\Delta H_l(i)$  -waarden, dus:

$$H_l = \sum_{i=1}^{49} \Delta H_l(i) = \sum_{i=1}^{49} \frac{H_l(i)}{A} \cos^4(\theta_{(i)}) \quad (5.1.5.)$$

### 5.1.2. Basisformules voor de golfenergiedissipatie

In het refractieprogramma wordt rekening gehouden met energie dissipatie t.g.v.:

- bodemwrijving
- bodem porositeit
- golfbreking

De vergelijking voor het behoud van golfenergie is:

$$\frac{\partial(E.c_g.b)}{\partial s} = -D \quad (5.1.6.)$$

waarin:

- E = golfenergie per eenheid van lengte =  $\frac{1}{8}\rho gh^2$
- $c_g$  = groepsnelheid
- b = afstand tussen 2 golfstralen
- s = afstand langs golfstraal
- D = energie dissipatie

D kan als volgt in de golfhoogte worden uitgedrukt:

$$D = B\rho gbH^2 \quad (5.1.7.)$$

waarin:

- B = dissipatie factor =  $B_{fric} + B_{per} + B_{br}$  (5.1.8.)

De basisformules waarmee de  $B_{fric}$ ,  $B_{per}$  en  $B_{br}$ -waarden worden berekend, worden in de drie hierna volgende secties vermeld.

### 5.1.3. Dissipatiefactor t.g.v. bodemwrijving

De energie dissipatie t.g.v. bodemwrijving kan worden uitgedrukt als:

$$D_{fric} = \frac{d(F_d \cdot U_b)}{dx} = \tau_b \cdot U_b \quad (5.1.9.)$$

waarin:

- $F_d$  = sleepkracht langs de bodem
- $U_b$  = orbitaalsnelheid aan de bodem
- $\tau_b$  = bodemschuifspanning

De gemiddelde energie dissipatie over een golfperiode wordt berekend met formule:

$$D_{fric} = F_{fric} \cdot \rho \cdot f_w \left( \frac{\pi}{T \cdot \sinh kh} \right)^3 \cdot H^3 = B_{fric} \cdot \rho \cdot g \cdot H^2 \quad (5.1.10.)$$

Dus:

$$B_{fric} = F_{fric} \cdot \frac{f_w}{g} \left( \frac{\pi}{T \cdot \sinh kh} \right)^3 \cdot H \quad (5.1.11.)$$

waarin:

- $F_{fric}$  = evenredigheidskonstante
- $f_w$  = golfwrijvings factor
- $T$  = golfperiode
- $h$  = waterdiepte

### 3.1.4. Dissipatiefactor t.g.v. bodemporositeit

De dissipatie t.g.v. bodemporositeit wordt berekend m.b.v. een formule voorgesteld door Packwood en Peregrine:

$$B_{per} = F_{per} \frac{k'}{c \cdot T} \cdot tgh \left( \gamma^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{d_p}{h} \right) \quad (5.1.12.)$$

waarin:

- $k'$  = doorlaatbaarheid bodem
- $c$  = voortplantingssnelheid
- $T$  = golfperiode
- $\gamma$  = breking coefficient
- $d_p$  = dikte doorlaatbare laag
- $h$  = waterdiepte
- $F_{per}$  = evenredigheidskonstante

### 5.1.5. Dissipatiefactor t.g.v. breking

De dissipatiefactor  $B_{br}$  in een random brekend golfveld wordt bepaald met de formule:

$$B_{br} = F_{br} \cdot Q_b \frac{\sqrt{g \cdot h} \cdot \gamma_{bx}^3}{c \cdot T \cdot \gamma^2} \sqrt{\frac{\gamma_{bx} + 2}{\gamma_{bx} + 1}} \quad (5.1.13.)$$

waarin:

$Q_b$  = percentage gebroken golven  
 $\chi_{bx}$  = lokale breker index  
 $\gamma$  =  $H_{rms}/h$   
 $F_{br}$  = evenredigheidskonstante

De berekening van het percentage gebroken golven  $Q_b$  gebeurt met de volgende transcendente formule (volgens Battjes):

$$\frac{1 - Q_b}{\lambda_n Q_b} = \left( \frac{H_{rms}}{H_{br}} \right)^2 = \left( \frac{\gamma}{\chi_{bx}} \right)^2 \quad (5.1.14.)$$

$Q_b$  kan met behulp van de Newton-Raphson methode worden berekend.

De lokale breker index wordt berekend met de formule van Goda:

$$\chi_{bx} = F_\gamma \frac{\lambda_o}{h} \left( 1 - \exp \left( -1,5 \frac{\pi \cdot h}{\lambda_o} (1 + 15 m^{4/3}) \right) \right) \quad (5.1.15.)$$

waarin:

$\lambda_o$  = golflengte op diep water  
 $m$  = bodemhelling  
 $F_\gamma$  = konstante = 0,17

In de figuur op bladzijde 25 is met de formule van Goda het verloop van  $\chi_{bx}$  bepaald voor enkele waarden van de bodemhelling  $m$ . Ter vergelijking zijn in de figuur eveneens drie grafieken van  $\chi_{bx}$  weergegeven (voor  $m = 1:10$ ), welke zijn bepaald met formules waarin  $\chi_{bx}$  is uitgedrukt als functie van de bodemhelling  $m$  en de diepwater golf-konditie  $H_o/\lambda_o$ .

De drie formules zijn:

$$\chi_{bx} = 1,16 m^{0,22} \left( \frac{H_o}{\lambda_o} \right)^{-0,11} \quad (\text{Battjes}) \quad (5.1.16.)$$

$$\chi_{bx} = 0,77 m^{0,104} \left( \frac{H_o}{\lambda_o} \right)^{-0,132} \quad (\text{Iversen}) \quad (5.1.17.)$$

$$0,02 < H_o/\lambda_o < 0,072$$

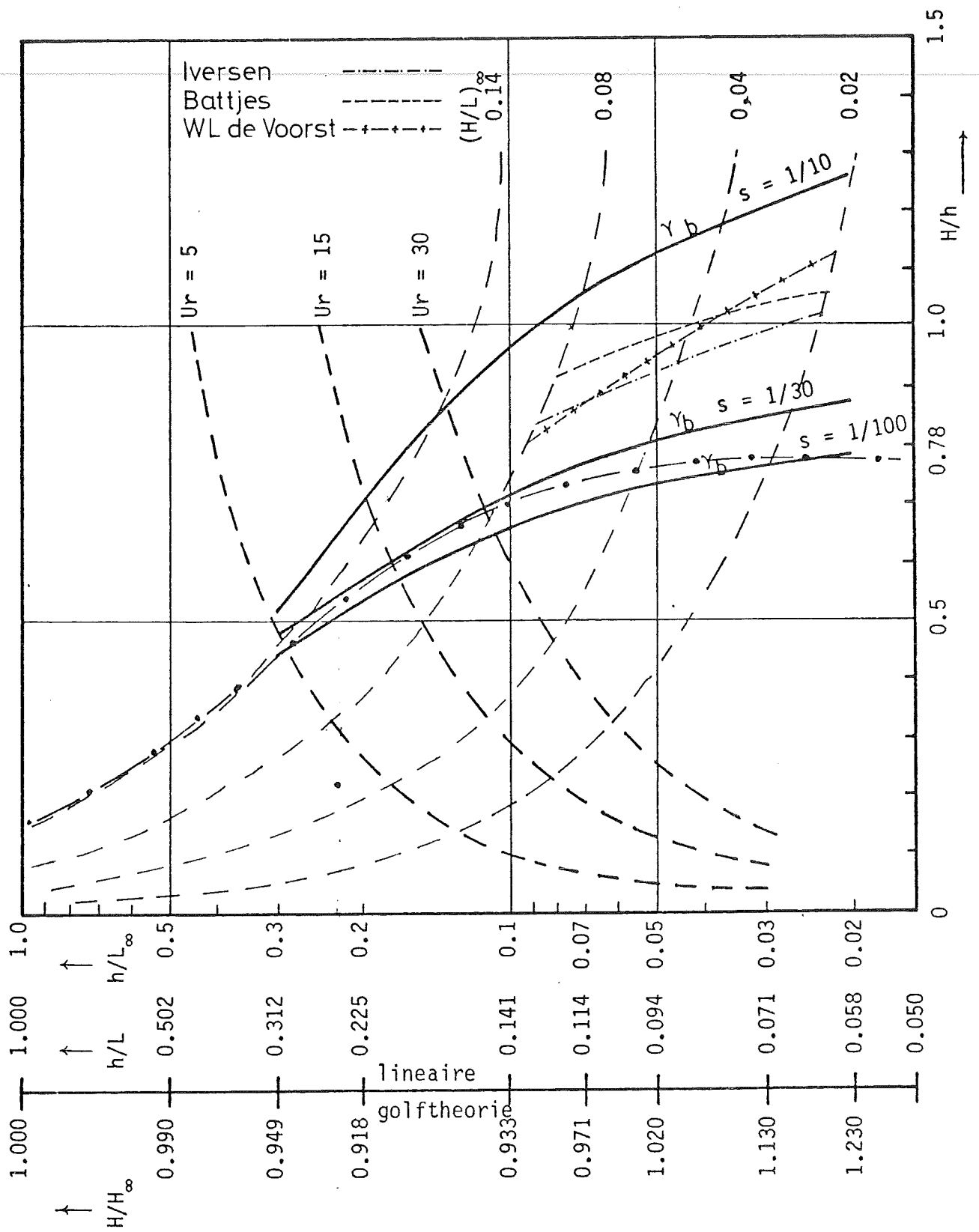
$$1/40 < m < 1/10$$

$$\chi_{bx} = 0,568 m^{0,107} \left( \frac{H_o}{\lambda_o} \right)^{-0,237} \quad (\text{WL De Voorst}) \quad (5.1.19.)$$

$$0,02 < H_o/\lambda_o < 0,06$$

$$1/40 < m < 1/10$$

Uit de figuur blijkt dat de formule van Goda in het geval van een bodemhelling van 1:10 ruwweg ca. 15-20% hogere waarden voor  $\chi_{bx}$  voorspelt dan de drie overige formules.



de brekerindex als functie van de lineaire golfparameters

### 5.1.6. De calibratie van het refractiemodel

In eerste instantie kunnen een vijftal grootheden en coëfficiënten aangewezen worden, waarmee het refractiemodel gecalibreerd kan worden. Deze zijn:

1. De nikuradse bodem ruwheid  $k_r$ , die van invloed is op de dissipatie factor t.g.v. bodemwrijving  $B_{fric}$ , via de golfwrijvingsfactor  $f_w$
2. De doorlatendheidsfactor  $k'$ , voorkomend in formule 5.1.12 voor de dissipatiefactor  $B_{per}$  t.g.v. de bodemporositeit
3. De coëfficiënten  $F_{fric}$ ,  $F_{per}$  en  $F_{br}$  in de formules voor de dissipatiefactoren t.g.v. respectievelijk de bodemwrijving, de bodemporositeit en brekende golven.

Aangezien verwacht kon worden, dat het grootste deel van de golfenergie dissipatie veroorzaakt wordt door bodemwrijving en brekende golven, heeft het calibreren van het refractie model zich in eerste instantie toegespitst op het vaststellen van de waarden voor de bodemruwheid  $k_r$ , en de coëfficiënten  $F_{fric}$  en  $F_{br}$ .

De gebruikelijke waarden van de nikuradse bodemruwheid  $k_r$  en de dissipatie coëfficiënten  $F_{fric}$  en  $F_{br}$  liggen veelal binnen de volgende grenzen:

$$\begin{aligned}k_r &= 0,01 - 0,20 \text{ m} \\F_{fric} &= 0,21 \\F_{br} &= 0,18 - 0,75\end{aligned}$$

Voor de doorlatendheidsfactor  $k'$ , de coëfficiënt  $F_{per}$  en de dikte van de poreuze bodemlaag  $D$  zijn de volgende waarden aangehouden:

$$\begin{aligned}k' &= 0,00001 \text{ m/s} \\F_{per} &= 0,92 \\D &= 10 \text{ m}\end{aligned}$$

In de volgende paragraaf worden de resultaten van de refractie- en calibratieberekeningen nader toegelicht.

## 5.2. Resultaten

Teneinde enig inzicht in het refractiepatroon te verkrijgen, werden twee refractieberekeningen gemaakt, waarbij een aantal golfstralen vanaf de diepwaterrand naar de kust toe werden doorgerekend. Figuur 1 geeft de uitgeplote contourlijnen weer van de dieptematrix die als invoer is gebruikt. De maaswijdte van het grid bedroeg 12 m. De beide berekeningen zijn uitgevoerd voor een golfkonditie die als representatief beschouwd kan worden voor de hogere significante golven uit de reeks diepwater gegevens van tabel 1, n.l.:

$$H = 0.7 \text{ m}$$

$$T = 3.9 \text{ s}$$

diepwater golfrichting = 129 gr.

Een berekening werd uitgevoerd bij een hoge waterstand van 1.80 m+N.A.P. en één bij een gemiddelde waterstand van 0.40 m+N.A.P., dit om enig idee te krijgen van de invloed die de waterstandsvariatie op het golfstralen patroon heeft. De figuren 32 en 33 geven de resultaten van de berekeningen weer.

De golfstralen patronen laten een tamelijk gelijkmatig refracteren van de golfstralen zien, met enige convergentie van de stralen nabij de meetpunten 1 van de raaien 2 en 3. Dit zou erop kunnen wijzen dat de golfhoogten in deze beide punten hoger zijn dan die in de overige punten van beide raaien.

Dit effect wordt enigszins bevestigd door figuur 30 (raai 2), maar vooral door figuur 31 (raai 3), waar de uit de Colnbrook metingen bepaalde golfhoogten in punt 1 en 2 inderdaad hoger zijn dan die in de punten 3 en 4.

Verder blijkt, dat het refracteren van de golfstralen in feite pas begint tussen de 5 m - en de 2,5 m-N.A.P. dieptelijnen, dus na het passeren van het eerste meetpunt van raai 1.

Dit was aanleiding om voor de verdere berekeningen de diepwaterrand dichterbij de kust te kiezen, nl. in de buurt van de 15 m-N.A.P. dieptelijne, waar ook de waverider golfmetingen zijn uitgevoerd. Het gebied dat de nieuwe dieptematrix bestrijkt, is tevens met stippelijnen in figuur 1 aangegeven.

Een eerste serie refractieberekeningen diende om de gevoeligheid van de refractie uitkomsten te testen op variaties in de  $k_r$ -,  $F_{fric}$  en  $F_{br}$  coëfficiënten. De berekeningen werden in hoofdzaak uitgevoerd voor raai 1, omdat op deze wijze de mate van de golfhoogte veranderingen naar de kust toe kon worden geverifieerd. De gemeten golfhoogten uit de tabellen 8 en 9 dienden hiertoe als vergelijkingsmateriaal.

Gebleken is, dat het refractie model voor geen enkele combinatie van  $k_r$  -,  $F_{fric}$  en  $F_{br}$  waarden binnen de in paragraaf 5.1.6. aangegeven grenzen in staat is de golfhoogte veranderingen over de raai, zoals aangegeven in de figuren 28 en 29, te berekenen. Bij nagenoeg alle

diepwater golfkondities uit tabel 1 (van de meetdagen 26 en 27 maart), waren de gemeten golfhoogten hoger dan de berekende. Ter plaatse van meetpunt 3, het meest kustwaartsgelegen punt, was de golfhoogte vergeleken met de diepwater golfhoogte met ten hoogste 10 cm afgenomen, terwijl de waargenomen verschillen voor vele kondities in de orde grootte van 20 tot 30 cm liggen (vergelijk figuren 21 en 29). Ook voor waarden buiten de aangegeven grenzen bleken de toegepaste dissipatie formules betrekkelijk weinig effect te sorteren. Pas bij  $F_{fric}$ -waarden van 30 of hoger, kon met behulp van de bodemruwheid de golfdissipatie in min of meer gewenste mate beïnvloed worden. Dit hield in, dat de bodemwrijving de bepalende faktor zou zijn van het dissipatieproces in het beschouwde gebied.

In een volgende serie berekeningen is getracht een zo goed mogelijk afschatting voor  $F_{fric}$  en  $k_r$  te maken, met het onderstaande resultaat:

$$\begin{aligned} F_{fric} &= 50 \\ k_r &= 0,01 \text{ m} \end{aligned}$$

Voor de  $F_{br}$ -waarde is in deze berekeningen steeds de hoge waarde 2,5 aangehouden.

Tenslotte is een definitieve berekening gemaakt voor alle meetpunten en met gebruikmaking van bovenstaande calibratie-waarden. Tussen de berekende en 'gemeten' reeksen golfhoogten uit de tabellen 8 t/m 12 zijn de correlaties en regressielijnen bepaald. De lineaire regressielijnen werden in de volgende vorm berekend:

$$H_{rms} \text{ (meting)} = aH_{rms} \text{ (berekening)} + b \quad (5.2.1)$$

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de correlatie berekeningen samengevat.

meetdatum	raai	punt	correlatiecoëff.	regressielijn coëfficiënten
26 maart	1	1-4	0,611	a = 1,088 b = -0,0004 m
27 maart	1	1-4	0,713	a = 0,678 b = 0,0502 m
28 maart	2	1-4	0,830	a = 0,58 b = 0,201 m
28 maart	3	1-4	0,803	a = 0,551 b = 0,177 m
26 t/m 28 maart	1-3	alle meet- ptn.	0,684	a = 0,708 b = 0,093 m



In de figuren 35 t/m 46 tenslotte zijn de 'gemeten' golfhoogten tegen de berekende golfhoogten uitgezet. Voor raai 1 is dit per meetpunt en voor alle vier meetpunten tesamen gedaan. Voor de raaien 2 en 3 zijn de vier meetpunten alleen gezamenlijk in een plot verwerkt.

Zoals reeds eerder in deze paragraaf is gekonstateerd, wordt de dissipatie van de golfenergie in het op bovenstaande wijze gecali-breerde model nagenoeg geheel door de bodemwrijving bepaald, ook in het diepere gedeelte van het beschouwde kustvak. Gezien het feit, dat er gedurende de meetdagen over het algemeen alleen sprake was van kleine golfperiodes en lage golfhoogten, is energie dissipatie door bodemwrijving op dieper water echter minder waarschijnlijk en ligt het meer voor de hand deze toe te schrijven aan het effect van brekende golven. De eerste serie berekeningen wees echter al uit, dat de dissipatie bij  $F_{br}$ -waarden binnen de in par. 5.1.6. aangegeven grenzen en zelfs daarbuiten, in onvoldoende mate door het refractiemodel werd weergegeven.

De golfenergie dissipatie wordt echter hoger, naarmate een groter percentage van de golven breekt (zie formule 5.1.13). De  $Q_b$ -waarde wordt op zijn beurt hoger, indien de lokale breker index  $\gamma_{bx}$  kleiner wordt (zie formule 5.1.14). Dit effect kan gerealiseerd worden door de factor  $F_\chi$  in formule 5.1.15 te verlagen.

In een nieuwe serie berekeningen is nagegaan in hoeverre  $F_\chi$  verlaagd moet worden, teneinde een redelijke mate van energie dissipatie te bewerkstelligen. Hierbij zijn aan de overige calibratiefactoren de volgende waarden toegekend:

$$\begin{aligned} k_r &= 0,01 - 0,1 \text{ m} \\ F_{br} &= 0,35 \\ F_{fric} &= 0,21 \end{aligned}$$

De berekeningen gaven als resultaat, dat met een  $F_\chi$ -waarde van 0,08 een redelijke overeenkomst tussen berekende en gemeten golfhoogten viel te konstateren bij lage waterstanden, maar dat bij hoge waterstanden nog steeds te hoge golven werden berekend.

Bij een verdere verlaging van  $F_\chi$  tot 0,04 werden de resultaten bij hogere waterstanden aanzienlijk beter. Bij lage waterstanden daarentegen werden in dit geval echter veel te lage golfhoogten berekend.

Een en ander hield in, dat in het diepere gedeelte van het beschouwde kustvak (dit is het deel waarbij de bodemhelling zeer steil is) kennelijk met een  $F'_\chi$ -factor gerekend moet worden, die lager is dan de  $F_\chi$ -factor voor het overige deel van het gebied. In het refractiemodel wordt verlaging van  $F_\chi$  gerealiseerd, door voor bodemhellingen tussen 0,1 en 0,3 (dus tussen ca. 1:10 en 1:3) de  $F_\chi$  als volgt te reduceren:

$$F'_\gamma = a F_\gamma \quad (5.2.2.)$$

waarin:

$F'_\gamma$  = breker index faktor bij zeer steile bodemhellingen  
tussen 1:10 en 1:3

$F_\gamma$  = breker index faktor bij bodemhellingen lager dan 1:10

a = evenredigheidsfaktor

In een laatste serie berekeningen is tenslotte getracht de factoren  $F_\gamma$  en  $F'_\gamma$  af te schatten.

Voor raai 1 bleek de overeenkomst tussen de berekende en de op 26 en 27 maart 'gemeten' golfhoogten het grootst bij de volgende waarden:

$$F_\gamma = 0,03$$

$$F'_\gamma = 0,02$$

Voor de raaien 2 en 3 was dit het geval met:

$$F_\gamma = 0,08$$

$$F'_\gamma = 0,04$$

De bodemruwheid had hierbij een waarde van 0,1 m.

Met het op bovenstaande wijze gecalibreerde refractiemodel zijn nogmaals in alle 12 meetpunten de golfhoogten berekend. De calibratie factoren, die in de voorgaande berekeningen zijn afgeschat, worden hieronder nogmaals weergegeven:

$$k_r = 0,1 \text{ m}$$

$$k' = 0,00001 \text{ m/s}$$

$$D = 10 \text{ m}$$

$$F_{br} = 0,35$$

$$F_{fric} = 0,21$$

$$F_{per} = 0,92$$

$$F_\gamma = 0,03 \text{ (raai 1)}$$

$$F'_\gamma = 0,02 \text{ " "}$$

$$F_\gamma = 0,08 \text{ (raaien 2 en 3)}$$

$$F'_\gamma = 0,04$$

De uitkomsten werden wederom getoetst aan de gemeten golfhoogten uit de tabellen 8 t/m 12 en de daarbij berekende correlatiecoëfficiënten en regressielijnen (volgens formule 5.2.1) zijn in onderstaande tabel samengevat:

meetdatum	raai	punt	correlatie coefficient	faktoren regressielijn
26 maart	1	1-4	0,459	a = 1,25 b = -0,032 m
27 maart	1	1-4	0,6	a = 0,96 b = 0,039 m
28 maart	2	1-4	0,8	a = 0,71 b = 0,10 m
28 maart	3	1-4	0,69	a = 0,75 b = 0,092 m
26-28 maart	alle meetpunten		0,8	a = 0,99 b = 0,018 m

In de figuren 47 t/m 57 zijn de 'gemeten' golfhoogten nogmaals tegen de berekende golfhoogten uitgezet. Voor raai 1 is dit weer meetpuntsgewijs gedaan (figuren 47 t/m 54). In de figuren 55 en 56 zijn van resp. raai 2 en 3 de resultaten van vier meetpunten in een plot verwerkt.

Figuur 57 tenslotte laat het resultaat van alle meetpunten tesamen zien. Uit de grafiek kan geconstateerd worden, dat de punten in redelijke mate om de ideale lijn  $y = x$  gegroepeerd liggen.

## 6. DE LANGSSTROOMBEREKENINGEN

### 6.1. Theoretische achtergrond

Voor het berekenen van de langsstroom snelheden in de 12 meetpunten, is uitgegaan van een ééndimensionaal model, waarbij de dieptelijnen evenwijdig aan elkaar worden verondersteld. Het model berekent de langsstroom langs een raai loodrecht op de dieptelijnen. De bodemhelling langs de betreffende raai mag daarbij overigens variëren. De langsstroom wordt berekend uit het evenwicht van de volgende krachten:

1. - de getijkraft, bepaald met de sterk vereenvoudigde formule

$$\tau_g = \rho g h I_g$$

2. - de radiation schuifkraft  $\tau_{rad} = \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}$

3. - de bodemschuifkraft onder invloed van stroom en golven  $\tau_{cw}$

De getijkraft is te berekenen door gebruik te maken van de relatie:

$$\tau = \rho g \frac{v_g^2}{C^2} \quad (6.1.1.)$$

waarin:

$v_g$  = stroomsnelheid t.g.v. het getij

$C$  = Chezy wrijvingsfaktor =  $18 \log \frac{12h}{k_t}$

Door gelijkstelling van de getijkraft met de weerstandskraft volgt:

$$\tau = \tau_g \quad \rho g \frac{v_g^2}{C^2} = \rho g h I_g$$

en dus:

$$I_g = \frac{v_g^2}{C^2 h} \quad (6.1.2.)$$

Met behulp van de stroomsnelheidsmetingen in het Oostgat (zie figuren 2 t/m 4) kan het langsstroommodel m.b.v. formule 6.1.2. het verhang  $I_g$  en vervolgens de getijkraft  $\tau_g$  berekenen.

Het bepalen van de radiation schuifkracht geschiedt d.m.v. refractieberekeningen. De refractie routine van het langsstroombmodel is identiek aan die van het refractiemodel. Ook hier wordt een bundel golfstralen vanaf de diepwaterrand tot aan het betreffende meetpunt doorgerekend. Voor iedere golfstraal wordt vervolgens in het meetpunt de getijkracht  $\tau_g$ , de radiation schuifkracht  $\tau_{rad}$  en bodemschuifkracht  $\tau_{cw}$  bepaald.

Voor de bodemschuifkracht  $\tau_{cw}$  is de volgende benaderingsformule gebruikt:

$$\tau_{cw} = \frac{\rho g}{C^2} \left( 0,75 + 0,45 \left( \frac{\hat{u}_b}{v_i} \right)^{1,13} \right) \quad (6.1.3.)$$

waarin:

$v_i$  = langsstroomsnelheid van i<sup>e</sup> golfstraal

$C$  = Chezy wrijvingsfactor

$\hat{u}_b$  = amplitude van de orbitaalsnelheid aan de bodem

$$f = \frac{C \sqrt{f_w}}{\sqrt{2g}}$$

$$f_w = \text{golfwrijvingsfactor} = e^{-5,977 + 5,213 \left( \frac{a_b}{k_l} \right)^{-0,104}}$$

$a_b$  = amplitude van de orbitaal beweging aan de bodem

$k_l$  = nikuradse bodemruwheid

Uit het evenwicht tussen de beide aandrijvende krachten  $\tau_g$  en  $\tau_{rad}$  en de weerstandskracht  $\tau_{cw}$ , wordt vervolgens de langsstroomsnelheid bepaald. Dus:

$$\tau_{cw} = \tau_g + \tau_{rad} \quad (6.1.4.)$$

Nader uitgewerkt:

$$\frac{\rho g v^2}{C^2} \left( 0,75 + 0,45 \left( \frac{\hat{u}_b}{v_i} \right)^{1,13} \right) = \rho g h I_g + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \quad (6.1.5.)$$

Met behulp van de Newton-Raphsen methode wordt de langsstroomsnelheid  $v_i$  uit 6.1.5. opgelost.

Als de langsstroomsnelheden in het betreffende meetpunt voor alle golfstralen van de bundel berekend zijn, wordt op identieke wijze als in het refractiemodel, middels de golfdistributiefunctie (formule 5.1.1.) de uiteindelijke totale langsstroomsnelheid  $v$  bepaald. Met de golfcondities uit tabel 1 als invoer, ontstaan er op bovenstaande wijze een aantal reeksen met berekende langsstroomsnelheden.

Deze reeksen zijn nog niet direkt te vergelijken met de van de Colbrook-meetregistraties afgeleide langsstroomsnelheden uit de tabellen 2 t/m 6, aangezien de berekende langsstroomsnelheden de over de diepte vertikaal-gemiddelde snelheden representeren, terwijl de gemeten langsstroomsnelheden de snelheden op 0,20 m vanaf de bodem representeren. Teneinde vergelijking mogelijk te maken zijn de berekende langsstroomsnelheden met onderstaande formule omgerekend tot snelheden op 0,20 m afstand vanaf de bodem:

$$V_{0,20} = \frac{\sqrt{Vg}}{K C} \ln \left( \frac{0,2}{k_1/33} \right) \quad (6.1.6.)$$

waarin:

$V_{0,20}$  = langsstroomsnelheid op 0,20 m afstand vanaf de bodem

$V$  = gemiddelde langsstroomsnelheid

$K$  = von Karman konstante = 0,4

$k_1$  = nikuradse bodemruwheid

Met de bodemruwheid  $k_1$  is getracht het langsstroommodel af te regelen. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen de bodemruwheid  $k_r$  welke bij het refractiemodel is toegepast en de bodemruwheid  $k_1$ , die in de formule van de Chezy wrijvingsfactor  $C$  en in formule 6.1.6. wordt gebruikt.

De calibratie-factoren die bij het afregelen van het refractiemodel zijn vastgesteld, zijn ook ingevoerd in het langsstroommodel. Dus:

$$k_r = 0,1 \text{ m}$$

$$F_{\text{fric}} = 0,21$$

$$F_{\text{per}} = 0,92$$

$$F_{\text{br}} = 0,35$$

Met bovendien voor raai 1:

$$F_y = 0,03$$

$$F'_y = 0,02$$

En voor de raaien 2 en 3:

$$F_y = 0,08$$

$$F'_y = 0,04$$

In par. 6.2. wordt nader ingegaan op de resultaten van de langsstroomberekeningen.

## 6.2. De berekeningsresultaten

In par. 3.1.2. is reeds uiteengezet dat de gemeten langsstroom geenszins evenwijdig aan de dieptelijnen loopt en dat de stroomrichtingen in de meetpunten van eenzelfde raai op eenzelfde tijdstip ook onderling sterk variëren. (zie de figuren 8 t/m 11). Dit feit maakt de vergelijking met de door het langsstroomberekenende langsstroomsnelheden eigenlijk niet goed mogelijk, aangezien dit model per definitie een langsstroom berekent die parallel aan de dieptelijnen loopt.

Desondanks is voor de meetpunten 1 en 3 van de raaien 2 en 3 toch een aantal berekeningen gemaakt. De uitkomsten daarvan zijn rechtstreeks vergeleken met de gemeten langsstroomsnelheden uit de tabellen 4, 5 en 6, waarbij de stroomrichtingen in feite buiten beschouwing zijn gelaten.

Uit de berekeningen bleek dat de berekende langsstroomsnelheden in de punten 1 en 3 van raai 3 en punt 3 van raai 2 zelfs bij extreem lage  $k_l$ -waarden (lager dan 0,001 m) nog altijd lager waren dan de gemeten stroomsnelheden. Alleen voor punt 1 van raai 2 konden de gemeten snelheden met behulp van een hogere  $k_l$ -waarde ( $k_l = 0,2$  m) enigszins benaderd worden (echter met uitzondering van de snelheden op de tijdstippen van 8.00 en 8.30 uur).

De figuren 14 en 15, waarin de stroomsnelheden in resp. de raaien 1 en 2 tegen de tijd zijn uitgezet, laten zien, dat de stroomsnelheid sterk varieert over de meetperiode. In meetpunt 1 van raai 2 (fig. 14) bijvoorbeeld varieert de stroomsnelheid gedurende de eerste 3 uur van de meting (bij stijgende waterstand, zie fig. 4) tussen 0,01 en 0,05 m/s, om daarna (bij dalende waterstand) zeer snel op te lopen naar ca. 0,27 m/s. Gedurende dezelfde meetperiode varieerde de stroomsnelheid in punt 3 van dezelfde raai overigens tussen 0,15 en 0,30 m/s. Het langsstroomberekenende model is niet in staat deze variaties in stroomsnelheden binnen één meetperiode en in eenzelfde raai te genereren; de berekende maximale snelheid was niet hoger dan 0,15 m/s.

Op grond van bovengenoemde resultaten is besloten voorlopig geen verdere calibratieberekeningen uit te voeren. Voor de meetpunten 1 en 3 van raai 3 en meetpunt 3 van raai 2 zijn definitieve berekeningen gemaakt met een  $k_l$ -waarde van 0,001 m en voor punt 1 van raai 2 een berekening met een  $k_l$ -waarde van 0,2 m.

In de figuren 58 t/m 61 zijn de gemeten stroomsnelheden tegen de berekende langsstroomsnelheden uitgezet. De grafieken laten een zeer grote spreiding t.o.v. de ideale lijn  $y = x$  zien.

Er is tevens getracht de stromingsrichting in zekere mate in de plots te verwerken.

Voor wat betreft de berekende snelheden ligt dit eenvoudig; een stroming in de positieve richting van de x-as (naar het noordwesten) heeft een positief teken en andersom (naar het zuid-oosten)

een negatief teken. Aangaande de gemeten snelheden is gesteld dat een stroomsnelheid van een positief teken wordt voorzien indien de stroomrichting binnen een sektor van  $225^\circ$  tot  $45^\circ$  t.o.v. N ligt (hetgeen betekent dat de x-component van de stroomsnelheid in de positieve x-richting wijst) en van een negatief teken indien de stromingsrichting in de sektor van  $45^\circ$  tot  $225^\circ$  t.o.v. N ligt (x-component wijst in negatieve x-richting). Uit de figuren blijkt dan dat de overeenkomst tussen gemeten en berekende stroomrichtingen eveneens zeer gering is.

In de figuren 62 t/m 65 vindt men de berekeningsresultaten op een enigszins andere wijze gepresenteerd. De beide afzonderlijke componenten van de langsstroom, n.l. de brandingsstroom en de getijstroom, zijn hierin separaat tegen de tijd uitgezet. De brandingsstroom is berekend door in de evenwichtsvergelijking (6.1.5.) de aandrijvende kracht t.g.v. het getij ( $=T_q$ ) achterwege te laten. De getijstroomsnelheid is bepaald met de formule van Chezy:

$$v_g = C\sqrt{hI_g} \quad (6.2.1.)$$

waarin:

- $v_g$  = getijstroomsnelheid in het betreffende meetpunt
- $h$  = diepte in het betreffende meetpunt
- $I_g$  = verhang, berekend met formule 6.1.2 en met behulp van de stroomsnelheidsmetingen in het Oostgat.

Met formule 6.1.6 zijn vervolgens de stroomsnelheden van beide componenten berekend op 0,20 m hoogte vanaf de bodem. Eveneens in de figuren 62 t/m 65 vindt men de stroomsnelheden, zoals deze gemeten zijn met de Colnbrook stroommeters.

Tenslotte zijn van de gemeten stroomsnelheden tevens de componenten in de x-as richting berekend en uitgezet, zodat een directere vergelijking met de berekende langsstroom-componenten mogelijk wordt.

Uit de berekening van de afzonderlijke brandingsstroom- en getijstroom-componenten kwam naar voren dat de brandingsstroomsnelheid nagenoeg gelijk is aan de totale langsstroomsnelheid, berekend met formule 6.1.5 (dus inclusief de getijkracht). Dit houdt in, dat in de langsstroomsnelheid de invloed van de getijkracht nagenoeg niet aanwezig is. De grafiek van de berekende totale langsstroom (niet afgebeeld in de figuren 62 t/m 65) is dus identiek aan de grafiek van de separaat berekende brandingsstroom. De figuren 62 t/m 65 laten nogmaals het grote verschil zien tussen de berekenings- en metingsresultaten.

De berekeningen hebben verder uitgewezen, dat de langsstroomsnelheid in niet geringe mate beïnvloed wordt door de aanvangsrichting van de golfstraal. Naarmate de hoek van de golfstraal met de normaal van de dieptelijnen groter wordt, neemt eveneens de invloed van de



radiation spanning op de langsstroomsnelheid toe (maximaal bij een hoek van  $45^\circ$ ). Zeker in het geval van de metingen van de raaien 2 en 3 op 28 maart is dit feit van belang, aangezien de visueel bepaalde golfstraalrichtingen  $99^\circ$  bedroegen, hetgeen betekent, dat de golven dus nagenoeg loodrecht op de kust het meetgebied binnenkomen. Indien in het langsstroommodel een golfstraalrichting van bijvoorbeeld  $109^\circ$  ingevoerd zou worden, in plaats van  $99^\circ$ , dan zou dit wellicht reeds tot hogere langsstroomsnelheden kunnen leiden.

R0823U03.JOL/wr2



meetdatum	tijd	H <sub>s</sub> (cm)	T <sub>mo</sub> (sec)	waterstand t.ov. N.A.P. (m)	golfrichting (grd)	stroomsnelheid Oostgat (cm/s)
850326	1100	20	2.8	-1.64	90	-25
850326	1130	19	2.9	-1.56	90	-28
850326	1200	19	2.9	-1.44	90	-30
850326	1230	21	3.0	-1.30	90	-30
850326	1300	22	3.1	-1.12	90	-29
850326	1330	24	3.0	-.90	90	-29
850326	1400	25	3.0	-.60	90	-25
850326	1430	26	3.0	-.30	90	-25
850326	1500	29	3.0	.35	90	-22
850326	1530	34	3.0	1.10	90	-15
850326	1600	31	3.2	1.70	90	2
850326	1630	30	3.2	1.88	90	25
850326	1700	26	3.4	1.88	90	39
850326	1730	32	3.4	1.75	90	60
850326	1800	26	3.6	1.52	90	75
850326	1830	26	3.7	1.30	90	83
850326	1900	23	3.5	1.00	90	85
850326	1930	19	3.3	.60	90	83
850326	2000	20	2.9	.20	90	75
850327	1030	16	4.1	-1.40	129	-25
850327	1100	18	3.3	-1.45	129	-25
850327	1130	29	3.8	-1.42	129	-42
850327	1200	26	3.3	-1.30	129	-25
850327	1230	26	3.3	-1.15	129	-25
850327	1330	33	3.0	-.75	129	-25
850327	1400	33	2.9	-.50	129	-25
850327	1430	36	2.9	-.20	129	-30
850327	1500	38	3.0	.15	129	-25
850327	1530	48	3.1	.70	129	-20
850327	1600	55	3.2	1.40	129	-10
850327	1630	68	3.5	1.90	129	-4
850327	1700	72	3.6	2.10	129	8
850327	1730	71	3.7	2.10	129	27
850327	1800	71	3.9	2.00	129	60
850327	1830	71	4.0	1.80	129	70
850327	1900	80	4.3	1.60	129	79
850327	1930	73	4.3	1.25	129	80
850327	2000	74	4.3	.90	129	78
850327	2030	64	4.1	.50	129	68
850327	2100	58	3.8	.00	129	53
850328	0400	77	3.8	1.80	99	-8
850328	0430	83	3.8	1.60	99	6
850328	0500	87	4.0	1.90	99	25
850328	0530	81	4.1	1.92	99	47
850328	0600	84	4.2	1.80	99	60
850328	0630	85	4.4	1.53	99	78
850328	0700	81	4.3	1.40	99	75
850328	0730	77	4.2	1.15	99	75
850328	0800	76	4.2	.80	99	78
850328	0830	74	4.2	.40	99	68
850328	1500	52	3.5	-.50	99	-15
850328	1530	60	3.7	-.15	99	-12
850328	1600	67	3.6	.30	99	-10
850328	1630	75	3.8	.90	99	-10
850328	1700	73	3.8	1.30	99	6
850328	1830	69	3.9	1.40	99	60
850328	1900	76	4.0	1.20	99	78
850328	1930	73	3.7	1.00	99	80
850328	2000	66	3.7	.75	99	80
850328	2030	71	3.6	.50	99	72
850328	2100	69	3.5	.10	99	70
850328	2130	64	3.3	-.20	99	58
850328	2200	55	3.2	-.55	99	44

TABEL 1: GOLF- EN GETIJKONDIETES

$\beta$ (grd)	$\alpha$ (grd)	V (cm/s)	$\sigma_1$ (cm/s)	$\sigma_2$ (cm/s)
05:13 :26 1050	1110	2400		
	-12.41	-43.00	3.00	4.10
	27.93	49.85	18.19	25.74
	-3.50	-86.08	2.29	.36
	.45	11.11	10.19	.02
05:13 :26 1120	1139	2400		
	-5.98	-8.45	1.58	3.54
	-19.76	44.17	7.86	11.98
	-2.64	-85.21	2.77	.36
	.37	11.14	10.19	.02
05:13 :26 1150	1209	2400		
	-8.95	-18.89	1.26	2.82
	-43.39	37.33	6.50	17.22
	-6.22	-84.13	3.21	.36
	.28	11.13	10.19	.02
05:13 :26 1220	1239	2400		
	-6.84	-62.67	1.63	3.07
	13.42	26.74	4.95	49.86
	44.60	77.76	3.67	23.46
	.20	11.11	10.19	.01
05:13 :26 1250	1309	2400		
	-8.62	-19.05	3.39	3.01
	-13.67	-1.54	4.22	4.11
	-43.63	89.56	9.27	.10
	.03	11.12	10.19	.01
05:13 :26 1320	1340	2400		
	-12.63	51.19	2.71	3.42
	7.31	-10.20	4.43	42.00
	28.89	89.42	9.29	.10
	.22	11.10	10.19	.02
05:13 :26 1350	1410	2400		
	-8.62	63.30	2.96	2.75
	8.96	48.65	7.37	76.29
	-5.05	89.60	9.25	.19
	-2.94	27.33	10.14	20.23
05:13 :26 1420	1440	2400		
	-13.49	76.55	1.63	2.77
	-15.67	-22.63	3.82	3.12
	1.94	89.92	9.21	.05
	-5.37	4.06	10.88	5.04
05:13 :26 1450	1510	2400		
	-12.80	63.82	3.61	2.47
	-15.25	-27.20	3.27	3.06
	7.13	-88.64	4.84	9.11
	-6.06	3.34	10.02	4.65
05:13 :26 1520	1540	2400		
	-7.40	-38.75	3.46	2.54
	-18.68	-9.18	4.50	3.16
	7.78	-39.35	4.33	4.02
	-5.07	.12	12.25	5.51
05:13 :26 1550	1609	2400		
	-20.16	-13.75	10.43	2.80
	-21.09	-21.37	7.12	2.58
	13.01	-37.34	5.79	3.32
	-6.87	-1.25	16.95	3.68
05:13 :26 1620	1639	2400		
	42.74	.35	19.11	5.43
	-35.02	3.26	10.95	3.19
	16.78	-43.20	6.84	3.22
	-12.90	10.95	22.43	4.77
05:13 :26 1650	1709	2400		
	-37.52	5.58	23.42	5.20
	-34.71	5.44	12.98	3.46
	14.91	-41.30	7.87	3.34
	-11.18	12.84	23.72	5.07
05:13 :26 1720	1740	2400		
	-8.53	4.97	19.38	7.44
	-40.89	8.20	12.90	4.58
	9.47	-41.99	7.70	4.85
	-9.80	13.19	20.47	6.25
05:13 :26 1750	1810	2400		
	7.75	10.93	14.86	7.89
	-43.84	11.83	9.64	3.82
	16.84	-43.80	7.54	2.90
	-15.06	17.44	15.75	3.77
05:13 :26 1820	1840	2400		
	-16.01	18.28	19.41	10.54
	-28.88	20.35	8.00	4.51
	12.36	-54.45	6.34	3.57
	-11.44	28.26	15.88	4.18
05:13 :26 1850	1910	2400		
	5.16	18.49	13.36	8.32
	-34.80	21.18	8.81	2.97
	14.88	-60.59	6.23	3.05
	-12.07	35.14	20.39	2.99
05:13 :26 1920	1940	2400		
	21.80	15.43	10.87	7.88
	-35.50	53.85	3.41	2.66
	10.49	-67.60	6.46	3.07
	-11.04	35.93	18.50	2.84
05:13 :26 1950	2009	2400		
	-41.78	4.62	7.93	3.14
	-18.92	55.71	1.67	2.96
	12.21	67.20	2.97	40.10
	-5.96	39.59	16.16	2.95

TABEL 2: TIJDSGEMIDDELDEN VAN ORBITAAL- EN LANGSSTROOMSNELHEID; RAAI 1, 26 MAART

$\beta$ (grd)	$\alpha$ (grd)	V (cm/s)	$\sigma_1$ (cm/s)	$\sigma_2$ (cm/s)
85:3 :27 1450 1509	2400			
-24.39	80.29	2.33	2.92	9.43
-27.32	-83.83	.45	3.40	13.53
29.25	89.71	8.01	.19	.05
-10.20	50.34	18.62	6.04	46.20
85:3 :27 1520 1539	2400			
-28.14	52.54	3.75	3.22	9.29
-29.72	30.38	.65	3.30	12.25
13.16	40.73	11.99	10.15	27.93
-12.28	62.69	19.69	5.29	35.63
85:3 :27 1550 1609	2400			
-29.72	-79.14	2.58	3.30	10.48
-32.67	38.06	1.21	3.79	12.88
17.88	-83.83	4.31	5.40	22.04
-13.23	66.86	20.20	5.07	34.45
85:3 :27 1620 1640	2400			
-32.57	-21.44	6.22	3.48	11.18
-36.44	-25.13	2.89	3.96	13.57
21.48	-48.97	4.87	5.09	20.06
-15.99	73.13	18.30	5.97	32.89
85:3 :27 1650 1710	2400			
-39.30	-7.45	11.52	4.24	11.51
-39.82	2.65	5.00	4.51	13.97
24.52	-41.77	6.84	5.90	20.24
-16.88	78.12	15.27	7.19	33.27
85:3 :27 1720 1740	2400			
-43.08	-.33	9.48	5.64	11.64
-41.94	21.07	4.77	5.22	14.27
26.38	-41.59	7.64	6.29	20.50
-17.46	79.48	14.32	7.82	33.78
85:3 :27 1750 1810	2400			
-44.57	7.03	10.10	6.88	13.24
-39.24	19.53	6.27	5.95	15.27
23.70	-36.58	8.93	6.86	21.45
-16.21	72.00	13.72	8.62	34.48
85:3 :27 1820 1840	2400			
40.00	13.73	9.28	13.39	8.11
-40.38	29.90	4.64	6.51	14.67
19.49	-56.31	7.91	7.28	22.49
-13.56	74.26	13.83	9.11	34.16
85:3 :27 1850 1909	2400			
-39.94	18.36	10.04	7.84	14.06
-37.24	37.88	5.98	6.02	15.77
20.07	-56.43	6.77	7.37	24.91
-14.53	72.69	14.08	8.65	38.61
85:3 :27 1920 1939	2400			
-36.95	20.68	9.01	6.61	13.08
41.51	-2.87	8.60	19.58	43.68
17.59	-84.95	6.22	6.71	25.50
-14.32	61.03	12.82	7.60	41.39
85:3 :27 1950 2009	2400			
-35.64	6.10	11.71	5.81	13.84
-34.40	65.52	1.56	5.02	16.20
15.80	59.50	11.74	9.37	29.38
-12.54	55.94	16.06	6.88	41.74
85:3 :27 2021 2040	2400			
-31.92	19.85	7.87	5.91	15.75
-30.19	-66.91	4.15	5.97	18.97
36.13	25.68	24.31	41.34	34.43
-10.64	25.01	8.80	8.22	47.66
85:3 :27 2051 2111	2400			
-28.83	22.63	1.96	5.60	14.75
-28.31	-53.35	2.99	5.83	19.71
3.92	89.90	8.02	.05	.07
-5.21	-72.60	26.09	17.55	45.93

TABEL 3: TIJDSGEMIDDELDEN VAN ORBITAAL- EN LANGSSTROOMSNELHEID; RAAI 1, 27 MAART

$\beta$ (grd)	$\alpha$ (grd)	V (cm/s)	$\sigma_1$ (cm/s)	$\sigma_2$ (cm/s)
85:3 :28 420	439	2400		
-5.93	54.06	3.84	11.90	39.42
-18.77	88.31	3.89	10.38	40.31
20.77	88.56	16.26	14.48	40.97
-11.27	59.86	15.28	14.21	71.14
85:3 :28 450	510	2400		
-7.23	34.23	2.44	11.90	40.41
-20.96	-86.61	5.10	11.84	41.30
22.88	-79.16	14.53	14.18	40.12
-12.23	71.77	8.43	17.11	74.36
85:3 :28 520	540	2400		
-10.17	-56.51	1.95	12.21	40.66
-21.59	88.16	4.22	11.76	38.89
22.11	-64.41	16.59	14.48	41.30
-13.67	-21.50	5.17	20.72	79.06
85:3 :28 550	610	2400		
-8.62	-62.84	.31	11.68	36.84
-22.71	-67.99	5.64	11.88	41.57
22.79	-80.86	16.42	15.57	40.46
-14.93	85.81	8.19	25.86	78.54
85:3 :28 620	640	2400		
-6.30	65.12	2.53	11.66	38.56
-20.06	-48.63	7.96	12.32	40.43
19.21	-86.82	17.00	15.71	42.42
-12.14	42.09	3.87	19.77	80.37
85:3 :28 650	710	2400		
-7.60	82.90	2.88	11.93	38.87
-19.81	-51.35	8.92	12.01	39.02
23.18	79.76	22.50	15.80	40.88
-13.77	25.26	8.50	19.61	80.25
85:3 :28 720	739	2400		
-7.94	-16.34	6.36	11.26	38.65
-21.03	-44.59	12.85	12.77	41.05
21.70	62.65	28.14	16.80	40.79
-13.43	25.83	10.70	20.99	84.24
85:3 :28 750	809	2400		
-6.11	1.16	18.71	14.05	36.79
-18.57	-36.36	29.77	16.10	40.11
17.51	59.80	30.51	18.49	35.15
-12.12	-35.34	22.04	28.61	91.04
85:3 :28 820	839	2400		
-1.38	-2.91	27.12	18.20	33.55
-33.52	-35.58	37.95	50.80	67.91
28.83	-.24	14.79	194.47	126.75
-22.98	-58.13	59.95	59.79	95.06

TABEL 4: TIJDSGEMIDDELDEN VAN ORBITAAL- EN LANGSSTROOMSNELHEID; RAAI 2, 28 MAART

$\beta$ (grd)	$\alpha$ (grd)	V (cm/s)	$\sigma_1$ (cm/s)	$\sigma_2$ (cm/s)	
05:3 :28 1451 1510	2400				
	2.27	-24.45	22.51	17.68	43.70
	-12.42	-59.23	24.87	22.03	45.19
	-31.22	75.74	8.24	65.14	42.40
	-16.69	-60.55	33.72	42.28	86.07
05:3 :28 1521 1540	2400				
	-5.67	-75.25	5.21	18.64	44.56
	-8.20	-59.41	27.22	23.25	47.25
	39.46	-18.38	7.94	45.22	53.81
	-9.48	-76.13	35.32	28.50	109.97
05:3 :28 1551 1611	2400				
	-12.01	61.02	3.43	17.01	39.13
	-14.95	-14.18	3.13	9.64	39.70
	.79	24.07	14.23	15.44	39.26
	-8.98	-52.47	50.56	16.76	96.53
05:3 :28 1621 1641	2400				
	-15.14	67.48	5.23	16.51	38.16
	-16.11	-34.64	2.07	8.44	36.20
	3.99	48.02	7.65	14.43	36.65
	-10.55	-53.97	25.79	13.47	82.70
05:3 :28 1651 1711	2400				
	-14.20	61.04	2.19	12.44	33.11
	-18.47	13.57	2.06	8.38	30.96
	7.85	-66.50	12.83	11.57	32.60
	-11.57	-51.74	24.51	11.68	76.30

TABEL 5: TIJDSGEMIDDELDEN VAN ORBITAAL- EN LANGSSTROOMSNELHEID; RAAI 3, 28 MAART

$\beta$ (grd)	$\alpha$ (grd)	V (cm/s)	$\sigma_1$ (cm/s)	$\sigma_2$ (cm/s)
85:3 :28 1823 1843	2400			
-13.76	39.29	3.36	8.97	28.17
-21.42	38.97	1.66	8.03	30.29
9.92	-47.93	13.73	9.18	28.86
-11.42	-69.77	24.90	11.49	67.78
85:3 :28 1853 1913	2400			
-14.90	80.60	1.44	9.68	28.74
-21.00	52.06	1.51	8.41	28.76
7.90	-48.97	15.61	9.53	28.59
-12.07	-69.02	26.18	12.03	66.26
85:3 :28 1923 1943	2400			
-14.69	-62.29	1.98	8.91	29.05
-21.61	-30.51	3.10	8.06	29.56
8.81	-55.32	14.34	10.65	32.72
-12.61	-61.34	27.49	11.05	68.38
85:3 :28 1953 2013	2400			
-13.10	-25.00	2.70	9.81	27.69
-19.71	-38.91	4.12	7.75	30.23
7.27	-88.93	13.36	12.38	33.67
-12.64	-57.74	27.69	12.07	71.17
85:3 :28 2023 2042	2400			
-11.81	-71.70	2.85	11.68	30.07
-17.14	-31.66	5.60	8.99	31.51
6.35	61.48	10.30	13.93	34.45
-10.37	-62.14	34.99	13.65	80.03
85:3 :28 2053 2112	2400			
-9.70	86.00	4.83	12.43	33.87
-14.91	-42.74	8.45	11.05	39.18
4.84	45.05	8.66	15.59	37.45
-9.13	-62.80	57.57	17.70	95.67
85:3 :28 2123 2142	2400			
-4.70	-39.08	13.25	16.49	38.00
-13.52	-51.24	21.28	14.79	43.44
-2.17	3.76	17.64	108.51	60.87
-9.21	-68.13	59.62	22.44	99.58
85:3 :28 2153 2212	2400			
-2.72	-25.80	24.07	17.81	39.09
-10.51	-65.16	20.30	20.69	45.03
3.07	26.86	16.24	90.89	52.85
-20.40	-59.74	47.21	53.80	93.37

TABEL 6: TIJDSGEMIDDELDEN VAN ORBITAAL- EN LANGSSTROOMSNELHEID; RAAI 3, 28 MAART



meetdatum	tijd	n	H <sub>s</sub> (cm)	H <sub>rms</sub> (cm)	waterstand t.o.v. N.A.P. (cm)
85:3 :26	1420 1440	2400	44.96	31.80	-13.75
85:3 :26	1450 1510	2400	69.24	48.97	48.54
85:3 :26	1520 1540	2400	48.90	34.58	125.95
85:3 :26	1550 1609	2400	32.55	23.02	165.68
85:3 :26	1620 1639	2400	18.93	13.39	177.12
85:3 :26	1650 1709	2400	22.45	15.88	173.48
85:3 :26	1720 1740	2400	26.19	18.52	158.68
85:3 :26	1750 1810	2400	26.07	18.44	145.83
85:3 :26	1820 1840	2400	25.19	17.81	122.89
85:3 :26	1850 1910	2400	36.32	25.69	87.89
85:3 :26	1920 1940	2400	36.58	25.87	50.54
85:3 :26	1950 2009	2400	37.47	26.50	9.31
85:3 :27	1450 1509	2400	56.42	39.90	18.37
85:3 :27	1520 1539	2400	66.10	46.75	73.43
85:3 :27	1550 1609	2400	68.12	48.18	142.92
85:3 :27	1620 1640	2400	51.66	36.54	190.22
85:3 :27	1650 1710	2400	52.59	37.19	204.67
85:3 :27	1720 1740	2400	48.16	34.06	207.32
85:3 :27	1750 1810	2400	44.82	31.70	194.28
85:3 :27	1820 1840	2400	43.26	30.59	176.54
85:3 :27	1850 1909	2400	53.26	37.66	153.97
85:3 :27	1920 1939	2400	44.97	31.81	123.45
85:3 :27	1950 2009	2400	52.93	37.43	82.44
85:3 :27	2021 2040	2400	62.57	44.25	36.12
85:3 :27	2051 2111	2400	57.70	40.80	-2.29
85:3 :28	1521 1540	2400	86.84	61.42	-6.31
85:3 :28	1551 1611	2400	107.30	75.89	38.07
85:3 :28	1621 1641	2400	97.91	69.25	96.28
85:3 :28	1651 1711	2400	114.94	81.29	135.27
85:3 :28	1823 1843	2400	75.45	53.36	136.82
85:3 :28	1853 1913	2400	70.99	50.21	119.44
85:3 :28	1923 1943	2400	75.53	53.42	98.48
85:3 :28	1953 2013	2400	71.44	50.52	70.88
85:3 :28	2023 2042	2400	84.86	60.01	43.25
85:3 :28	2053 2112	2400	80.94	57.24	10.95
85:3 :28	2123 2142	2400	68.94	48.75	-20.75
85:3 :28	2153 2212	2400	48.00	33.95	-56.29

TABEL 7: GOLFHOOGTEN EN WATERSTANDEN GEMETEN DOOR STAPPENBAAK;  
MEETDATA 26, 27 EN 28 MAART

Hrms (m)	$\beta$ (grd)	u (m/s)	golfhoogte (m)	diepte t.o.v. NAP (m)
85:3 126	1050.00	1110.00	2.80000	-1.64000
.234069	-12.4100	.120100	11.1948	4.41000
.337306E-01	27.9300	.974000E-01	4.67993	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.910000
85:3 126	1120.00	1139.00	2.90000	-1.56000
.184796	-5.98000	.966000E-01	11.8973	4.41000
.976413E-01	-19.7600	.245800	5.42909	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.910000
85:3 126	1150.00	1209.00	2.90000	-1.44000
.178880	-8.95000	.886000E-01	12.0075	4.41000
.103761	-43.3900	.221700	6.16580	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.910000
85:3 126	1220.00	1239.00	3.00000	-1.30000
.178522	-6.84000	.879000E-01	12.7883	4.41000
.135578	13.4200	.250300	7.15223	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.910000
85:3 126	1250.00	1309.00	3.10000	-1.12000
.190452	-8.62000	.918000E-01	13.6265	4.41000
.104034	-13.6700	.165400	8.28713	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.910000
85:3 126	1320.00	1340.00	3.00000	-9.00000
.177883	-12.6300	.741000E-01	13.1120	4.41000
.120909	7.31000	.162500	8.83639	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.910000
85:3 126	1350.00	1410.00	3.00000	-6.00000
.209745	-8.62000	.771000E-01	13.3035	4.41000
.241154	8.96000	.269400	9.78616	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.541569E-01	-2.94000	.153800	5.11056	.910000
85:3 126	1420.00	1440.00	3.00000	-3.00000
.202286	-13.4900	.656000E-01	13.4590	4.41000
.102118	-15.6700	.972000E-01	10.5526	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.748763E-01	-5.37000	.142400	7.00397	.910000
85:3 126	1450.00	1510.00	3.00000	.350000
.269996	-12.8000	.666000E-01	13.6995	4.41000
.122807	-15.2500	.860000E-01	11.7972	1.94000
.346045E-01	7.13000	.134300	3.93299	-1.170000
.804486E-01	-6.06000	.942000E-01	9.55257	.910000
85:3 126	1520.00	1540.00	3.00000	1.10000
.436709	-7.40000	.782000E-01	13.8628	4.41000
.138047	-18.6800	.700000E-01	12.7224	1.94000
.900174E-01	7.78000	.130600	8.43071	-1.170000
.998240E-01	-5.07000	.794000E-01	11.3244	.910000
85:3 126	1550.00	1609.00	3.20000	1.70000
.290269	-20.1600	.517000E-01	15.7459	4.41000
.140935	-21.0900	.626000E-01	14.6410	1.94000
.101310	13.0100	.105700	11.1497	-1.170000
.799053E-01	-6.87000	.523000E-01	13.4295	.910000
85:3 126	1620.00	1639.00	3.20000	1.88000
.237379	42.7400	.395000E-01	15.7761	4.41000
.148885	-35.0200	.619000E-01	14.7894	1.94000
.102228	16.7800	.978000E-01	11.6328	-1.170000
.529126E-01	-12.9000	.323000E-01	13.6939	.910000
85:3 126	1650.00	1709.00	3.40000	1.88000
.311681	-37.5200	.639000E-01	17.6442	4.41000
.140700	-34.7100	.646000E-01	16.2579	1.94000
.938158E-01	14.9100	.927000E-01	12.5380	-1.170000
.458469E-01	-11.1800	.298000E-01	14.9100	.910000
85:3 126	1720.00	1740.00	3.40000	1.75000
.296708	-8.53000	.635000E-01	17.6093	4.41000
.129595	-40.8900	.621000E-01	16.1229	1.94000
.852046E-01	9.47000	.893000E-01	12.1532	-1.170000
.417227E-01	-9.80000	.284000E-01	14.6868	.910000
85:3 126	1750.00	1810.00	3.60000	1.52000
.225878	7.75000	.607000E-01	19.3863	4.41000
.109286	-43.8400	.605000E-01	17.2304	1.94000
.792016E-01	16.8400	.947000E-01	12.1817	-1.170000
.298075E-01	-15.0600	.230000E-01	15.3597	.910000
85:3 126	1820.00	1840.00	3.70000	1.30000
.257610	-16.0100	.784000E-01	20.1861	4.41000
.112301	-28.8800	.683000E-01	17.5493	1.94000
.870969E-01	12.3600	.117800	11.6343	-1.170000
.391654E-01	-11.4400	.332000E-01	15.3551	.910000
85:3 126	1850.00	1910.00	3.50000	1.00000
.228240	5.16000	.670000E-01	18.2293	4.41000
.980065E-01	-34.8000	.622000E-01	15.7724	1.94000
.763045E-01	14.9800	.123500	9.53175	-1.170000
.245254E-01	-12.0700	.226000E-01	13.5594	.910000
85:3 126	1920.00	1940.00	3.30000	.600000
.180616	21.8000	.525000E-01	16.3024	4.41000
.786884E-01	-35.5000	.545000E-01	13.8956	1.94000
.608274E-01	10.4900	.143900	6.59784	-1.170000
.179579E-01	-11.0400	.192000E-01	11.5146	.910000
85:3 126	1950.00	2009.00	2.90000	.200000
.172420	-41.7800	.409000E-01	12.8450	4.41000
.797255E-01	-18.9200	.578000E-01	11.0240	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-1.170000
.230538E-01	-5.96000	.292000E-01	8.71869	.910000

TABEL 8: GOLFHOOGTEN BEPAALD UIT COLNBROOK METINGEN; RAAI 1, 26 MAART

Hrms (m)	$\beta$ (grd)	u (m/s)	golf lengte (m)	diepte t.o.v. NAP (m)
85:3 :27	1450.00	1509.00	3.00000	.150000
.351297	-24.3900	.943000E-01	13.6374	4.41000
.176511	-27.3200	.135300	11.4680	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-.170000
.138663	-10.2000	.183900	8.90645	.910000
85:3 :27	1520.00	1539.00	3.10000	.700000
.393625	-28.1400	.929000E-01	14.6358	4.41000
.196021	-29.7200	.122500	12.8815	1.94000
.134227	13.1600	.279300	6.80639	-.170000
.134008	-12.2800	.132100	10.9303	.910000
85:3 :27	1550.00	1609.00	3.20000	1.40000
.525610	-29.7200	.104800	15.6864	4.41000
.259561	-32.6700	.128800	14.3569	1.94000
.180127	17.8800	.220400	10.2162	-.170000
.171214	-13.2300	.126300	12.9268	.910000
85:3 :27	1620.00	1640.00	3.50000	1.90000
.502709	-32.5700	.111800	18.5956	4.41000
.285305	-36.4400	.135700	17.0087	1.94000
.201962	21.4800	.200600	13.0470	-.170000
.178902	-15.9900	.118600	15.5479	.910000
85:3 :27	1650.00	1710.00	3.60000	2.10000
.507225	-39.3000	.115100	19.6187	4.41000
.300191	-39.8200	.139700	17.9694	1.94000
.218213	24.5200	.202400	14.0932	-.170000
.189253	-16.8800	.120500	16.5146	.910000
85:3 :27	1720.00	1740.00	3.70000	2.10000
.476489	-43.0800	.116400	20.5856	4.41000
.295742	-41.9400	.142700	18.7144	1.94000
.218105	26.3800	.205000	14.5706	-.170000
.188628	-17.4600	.123000	17.1375	.910000
85:3 :27	1750.00	1810.00	3.90000	2.00000
.466261	-44.5700	.132400	22.4663	4.41000
.289779	-39.2400	.152700	20.0440	1.94000
.214782	23.7000	.214500	15.1849	-.170000
.180835	-16.2100	.126500	18.1560	.910000
85:3 :27	1820.00	1840.00	4.00000	1.80000
.258573	40.0000	.811000E-01	23.2889	4.41000
.257840	-40.3800	.146700	20.4301	1.94000
.206293	19.4900	.224900	14.8975	-.170000
.165620	-13.5600	.124900	18.2726	.910000
85:3 :27	1850.00	1909.00	4.30000	1.60000
.380114	-39.9400	.140600	25.9021	4.41000
.248897	-37.2400	.157700	22.0767	1.94000
.206046	20.0700	.249100	15.2668	-.170000
.176717	-14.5300	.146700	19.3860	.910000
85:3 :27	1920.00	1939.00	4.30000	1.25000
.328988	-36.9500	.130800	25.5187	4.41000
.632328	41.5100	.436800	21.2610	1.94000
.178005	17.5900	.255000	13.4464	-.170000
.173575	-14.3200	.160300	18.2360	.910000
85:3 :27	1950.00	2009.00	4.30000	.900000
.323610	-35.6400	.138400	25.0917	4.41000
.214020	-34.4000	.162000	20.3487	1.94000
.163726	15.8000	.293800	11.2017	-.170000
.155729	-12.5400	.162000	16.9246	.910000
85:3 :27	2021.00	2040.00	4.10000	.500000
.357782	-31.9200	.157500	22.9165	4.41000
.228843	-30.1900	.189700	18.0979	1.94000
.124381	36.1300	.344300	7.27974	-.170000
.158473	-10.6400	.191100	14.3873	.910000
85:3 :27	2051.00	2111.00	3.80000	.000000E+00
.326709	-28.8300	.147500	19.9173	4.41000
.207963	-28.3100	.197100	15.0771	1.94000
.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	.000000E+00	-.170000
.117535	-5.21000	.182600	10.8723	.910000

TABEL 9: GOLFHOOGTEN BEPAALD UIT COLNBROOK METINGEN; RAAI 1, 27 MAART

Hrms (m)	$\beta$ (grd)	u (m/s)	golfhoogte (m)	diepte t.o.v. N.A.P. (m)
85:3 :28	420.000	439.000	3.80000	1.60000
.381767	-5.93000	.394200	14.3567	.120000
.363487	-18.7700	.403100	13.7463	-.500000E-01
.338760	20.7700	.409700	12.9995	-.240000
.320550	-11.2700	.306100	15.0145	.320000
85:3 :28	450.000	510.000	4.00000	1.90000
.429474	-7.23000	.404100	16.2916	.120000
.412728	-20.9600	.413000	15.7130	-.500000E-01
.372505	22.8800	.401200	15.0136	-.240000
.366281	-12.2300	.321900	16.9221	.320000
85:3 :28	520.000	540.000	4.10000	1.92000
.430869	-10.1700	.406600	16.8419	.120000
.388063	-21.5900	.388900	16.2446	-.500000E-01
.383528	22.1100	.413000	15.5241	-.240000
.390669	-13.6700	.344900	17.4941	.320000
85:3 :28	550.000	610.000	4.20000	1.80000
.371140	-8.62000	.368400	16.8913	.120000
.393651	-22.7100	.415700	16.2393	-.500000E-01
.355589	22.7900	.404600	15.4518	-.240000
.369152	-14.9300	.342300	17.6028	.320000
85:3 :28	620.000	640.000	4.40000	1.63000
.360248	-6.30000	.385600	17.1210	.120000
.353982	-20.0600	.404300	16.3708	-.500000E-01
.343077	19.2100	.424200	15.4626	-.240000
.352194	-12.1400	.351300	17.9388	.320000
85:3 :28	650.000	710.000	4.30000	1.40000
.334016	-7.60000	.388700	15.6854	.120000
.311495	-19.8100	.390200	14.8793	-.500000E-01
.297729	23.1800	.408800	13.8932	-.240000
.326096	-13.7700	.350700	16.5565	.320000
85:3 :28	720.000	739.000	4.20000	1.15000
.298680	-7.94000	.386500	14.1063	.120000
.290845	-21.0300	.410500	13.2180	-.500000E-01
.258505	21.7000	.407900	12.1135	-.240000
.313383	-13.4300	.370300	15.0544	.320000
85:3 :28	750.000	809.000	4.20000	.800000
.234639	-6.11000	.367900	12.1751	.120000
.227516	-18.5700	.401100	11.0668	-.500000E-01
.169314	17.5100	.351500	9.63421	-.240000
.289052	-12.1200	.403600	13.3269	.320000
85:3 :28	820.000	839.000	4.20000	.400000
.155135	-1.38000	.335500	9.29824	.120000
.253107	-33.5200	.679100	7.67884	-.500000E-01
.309952	28.8300	1.26750	5.22991	-.240000
.234624	-22.9800	.423300	10.8560	.320000

TABEL 10: GOLFHOOGTEN BEPAALD UIT COLNBROOK METINGEN; RAAI 2, 28 MAART

Hrms(m)	$\beta$ (grd)	u (m/s)	golflengte (m)	diepte t.o.v. N.A.P. (m)
85:3 :28	1451.00	1510.00	3.50000	-.500000
.247841	2.27000	.437000	8.93403	1.22000
.232441	-12.4200	.451900	8.27514	1.11000
.955329E-01	-31.2200	.424000	4.07029	.640000
.155434	-16.6900	.379300	6.86148	.910000
85:3 :28	1521.00	1540.00	3.70000	-.150000
.318361	-5.67000	.445600	11.3567	1.22000
.315694	-8.20000	.472500	10.8187	1.11000
.242862	39.4600	.538100	7.91703	.640000
.288243	-9.48000	.496300	9.72557	.910000
85:3 :28	1551.00	1611.00	3.60000	.300000
.354837	-12.0100	.391300	12.8030	1.22000
.341909	-14.9500	.397000	12.4077	1.11000
.260362	.790000	.392600	10.3983	.640000
.334934	-8.98000	.430500	11.6232	.910000
85:3 :28	1621.00	1641.00	3.80000	.900000
.429956	-15.1400	.381600	15.6157	1.22000
.391997	-16.1100	.362000	15.2916	1.11000
.329044	3.99000	.366500	13.7088	.640000
.364091	-10.5500	.362700	14.6602	.910000
85:3 :28	1651.00	1711.00	3.80000	1.30000
.427062	-14.2000	.331100	16.6744	1.22000
.385235	-18.4700	.309600	16.4006	1.11000
.343968	7.85000	.326000	15.0771	.640000
.385377	-11.5700	.331400	15.8697	.910000

TABEL 11: GOLFHOOGTEN BEPAALD UIT COLNBROOK METINGEN; RAAI 3, 28 MAART

Hrms(m)	$\beta$ (grd)	u (m/s)	golfte (m)	diepte t.o.v. N.A.P (m)
85:3 :28	1823.00	1843.00	3.90000	1.40000
.369087	-13.7600	.281700	17.4793	1.22000
.383472	-21.4200	.302900	17.2022	1.11000
.312243	9.92000	.288600	15.8703	.640000
.343708	-11.4200	.289600	16.6664	.910000
85:3 :28	1853.00	1913.00	4.00000	1.20000
.348842	-14.9000	.287400	17.5041	1.22000
.337041	-21.0000	.287600	17.1896	1.11000
.284646	7.90000	.285900	15.6777	.640000
.309432	-12.0700	.282200	16.5817	.910000
85:3 :28	1923.00	1943.00	3.70000	1.00000
.343915	-14.6900	.290500	15.3814	1.22000
.336393	-21.6100	.295600	15.0862	1.11000
.309641	8.81000	.327200	13.6431	.640000
.308916	-12.6100	.292600	14.5107	.910000
85:3 :28	1953.00	2013.00	3.70000	.750000
.299134	-13.1000	.276900	14.6889	1.22000
.312998	-19.7100	.302300	14.3583	1.11000
.284673	7.27000	.336700	12.7285	.640000
.292238	-12.6400	.306200	13.7113	.910000
85:3 :28	2023.00	2042.00	3.60000	.500000
.297667	-11.8100	.300700	13.4656	1.22000
.297499	-17.1400	.315100	13.1096	1.11000
.257900	6.35000	.344500	11.3258	.640000
.301087	-10.3700	.349600	12.4077	.910000
85:3 :28	2053.00	2112.00	3.50000	.100000
.281581	-9.70000	.338700	11.6805	1.22000
.307307	-14.9100	.391800	11.2563	1.11000
.215898	4.84000	.374500	9.04688	.640000
.297510	-9.13000	.426300	10.4054	.910000
85:3 :28	2123.00	2142.00	3.30000	-.200000
.270919	-4.70000	.380000	9.78025	1.22000
.287733	-13.5200	.434400	9.30505	1.11000
.260719	-2.17000	.608700	6.66988	.640000
.252872	-9.21000	.445400	8.32709	.910000
85:3 :28	2153.00	2212.00	3.20000	-.550000
.215352	-2.72000	.390900	7.84271	1.22000
.222718	-10.5100	.450300	7.22440	1.11000
.914966E-01	3.07000	.528500	2.98909	.640000
.158775	-20.4000	.415000	5.87157	.910000

TABEL 12: GOLFHOOGTEN BEPAALD UIT COLNBROOK METINGEN; RAAI 3, 28 MAART







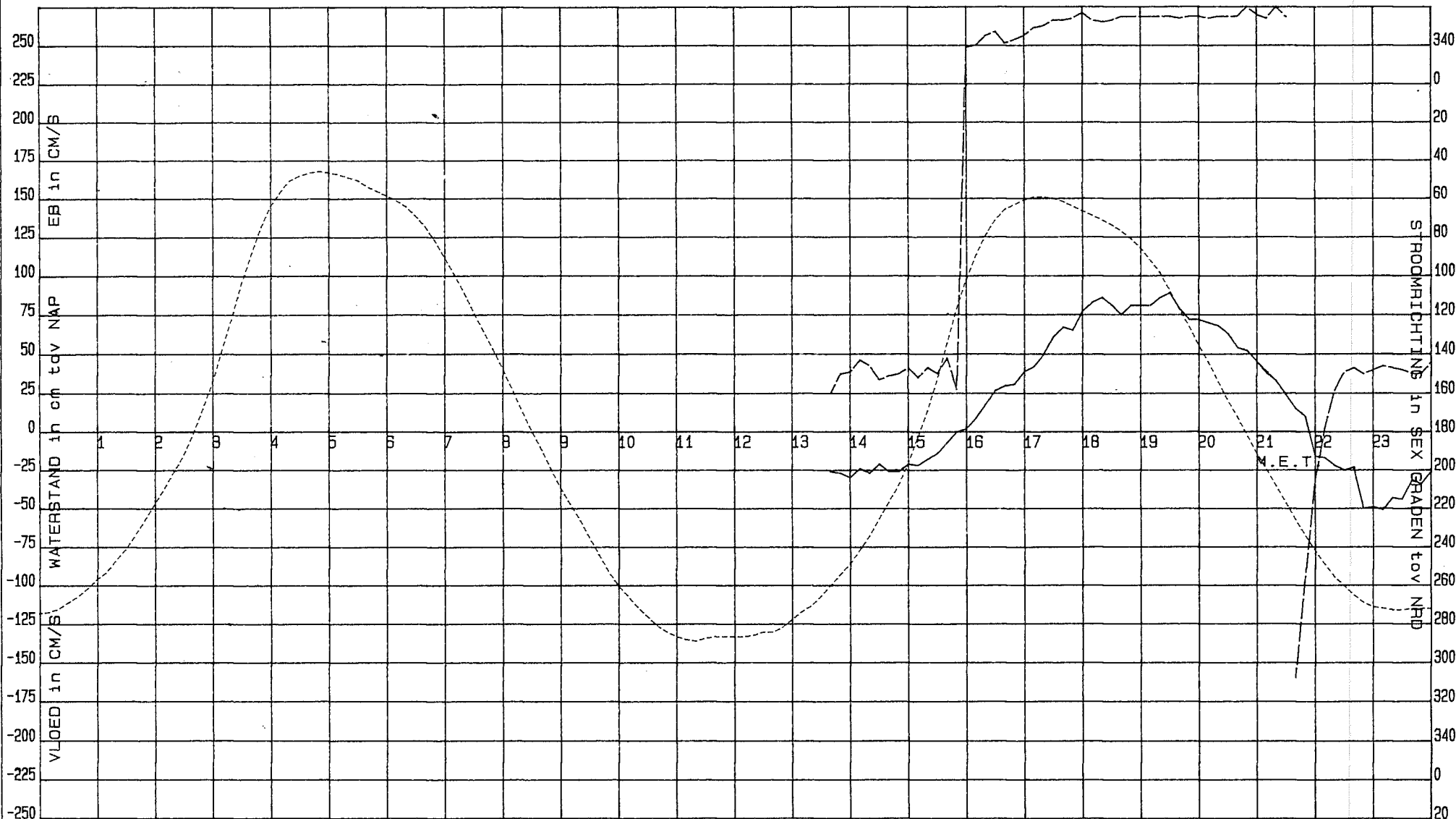
FIGUUR 2

— STROOMSNELHEID OPGETR.  
WEST-KAPELLE 2e PER.  
- - - WATERSTAND OPGETR.

LOKATIE: 0112 S/F: SG02 BODEM/MEETDIEPTE: 150/ 90 DM  
MEETPUNT: 1  
LOKATIE: 0S4 S/F: WT02

— STROOMRICHTING  
X = 20326.00 Y = 393547.00

R.W.S. DELTADIENST  
HOOFDAFD WATERLOOPK  
AFD ZIERIKZEE

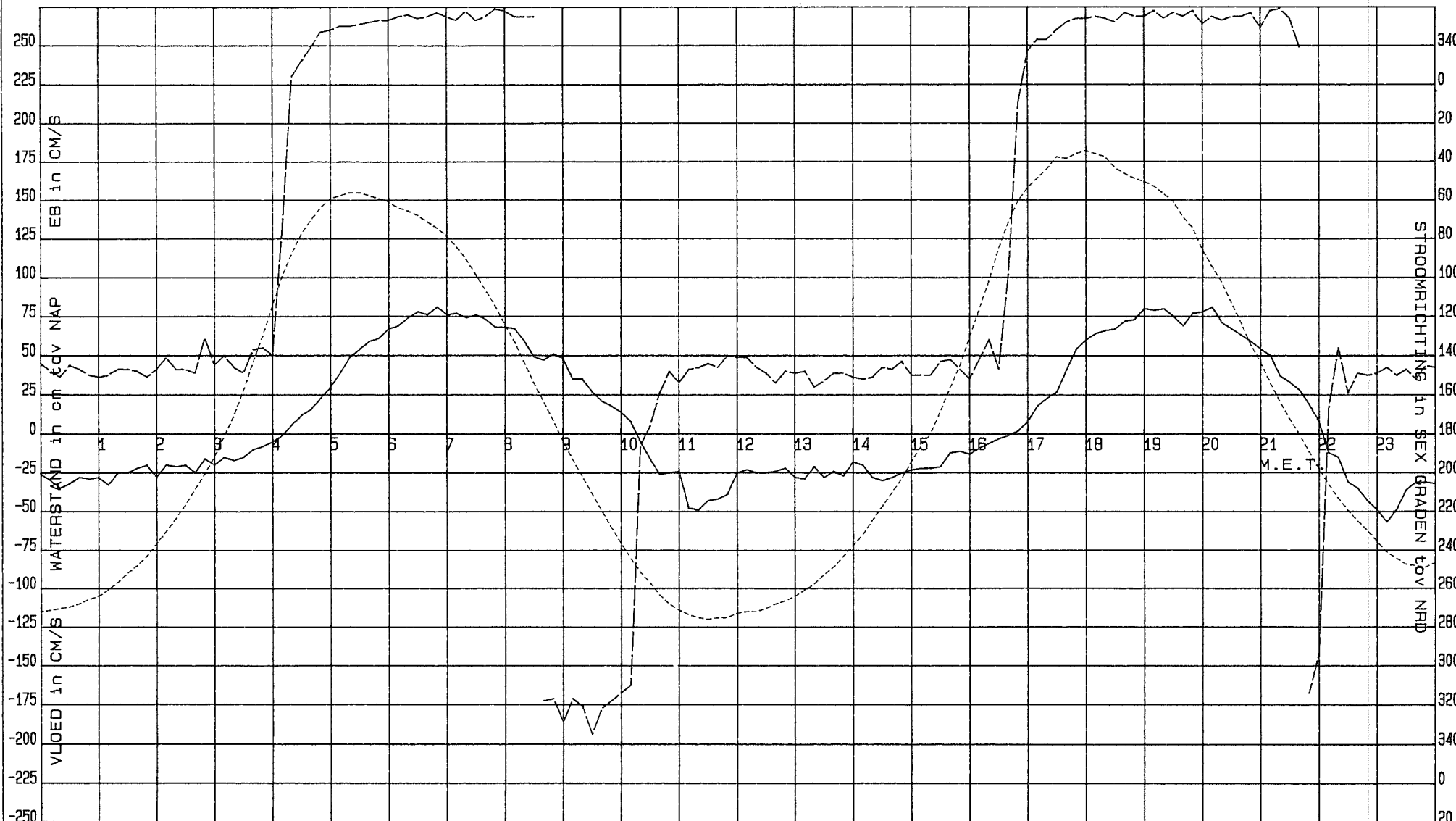


DI 850326

FIGUUR 3

— STROOMSNELHEID OPGETR. WEST-KAPELLE 2e PER. — WATERSTAND OPGETR.  
 LOKATIE: 0112 MEETPUNT: 1 LOKATIE: 0S4 S/F: WT02  
 S/F: S602 BODEM/MEETDIEPTE: 150/ 90 DM X = 20326.00 Y = 393547.00  
 STROOMRICHTING

R.W.S. DELTADIENST  
 HOOFDAFD WATERLOOPK  
 AFD ZIERIKZEE



WO 850327

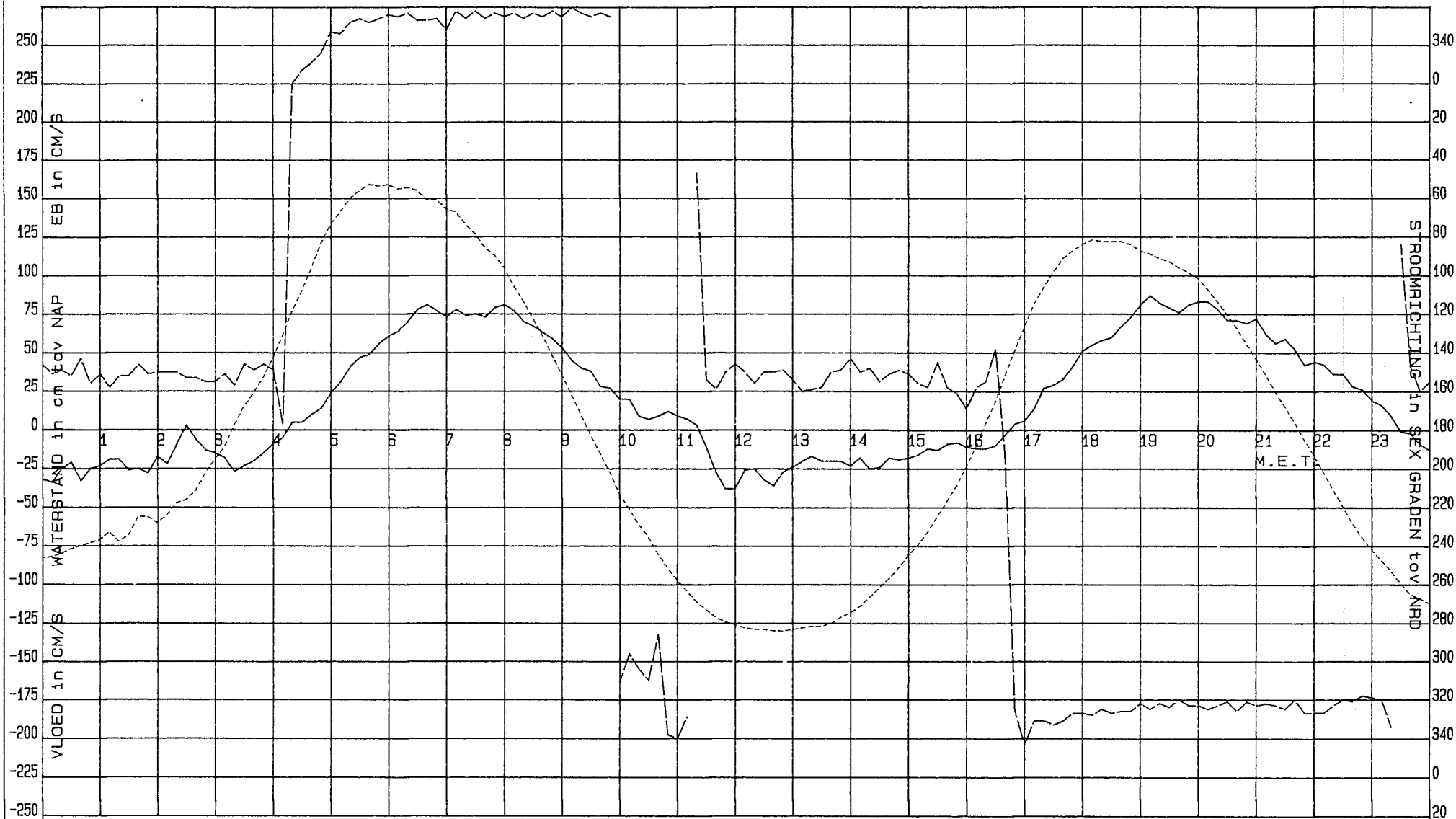
FIGUUR 4

— STROOMSNELHEID OPGETR.  
WEST-KAPELLE 2e PER.  
- - - WATERSTAND OPGETR.

LOKATIE: 0112 S/F: SG02 BODEM/MEETDIEPTE: 150/ 90 DM  
MEETPUNT: 1  
LOKATIE: 0S4 S/F: WT02

— STROOMRICHTING  
X = 20326.00 Y = 393547.00

R.W.S. DELTADIENST  
HOOFDAFD WATERLOOPK  
AFD ZIERIKZEE

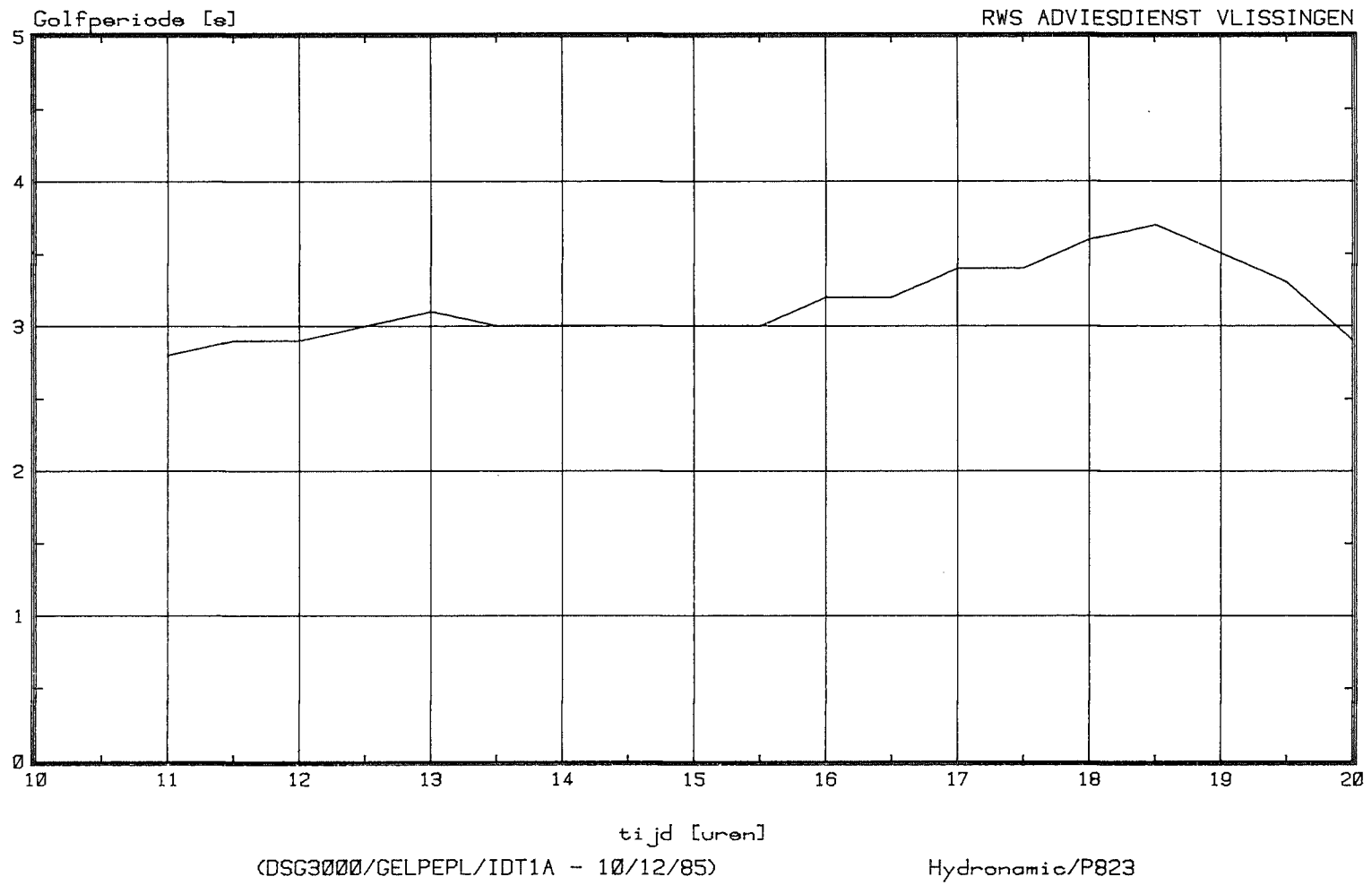


DO 850328

FIGUUR 5

Golfperioden gemeten met waverider

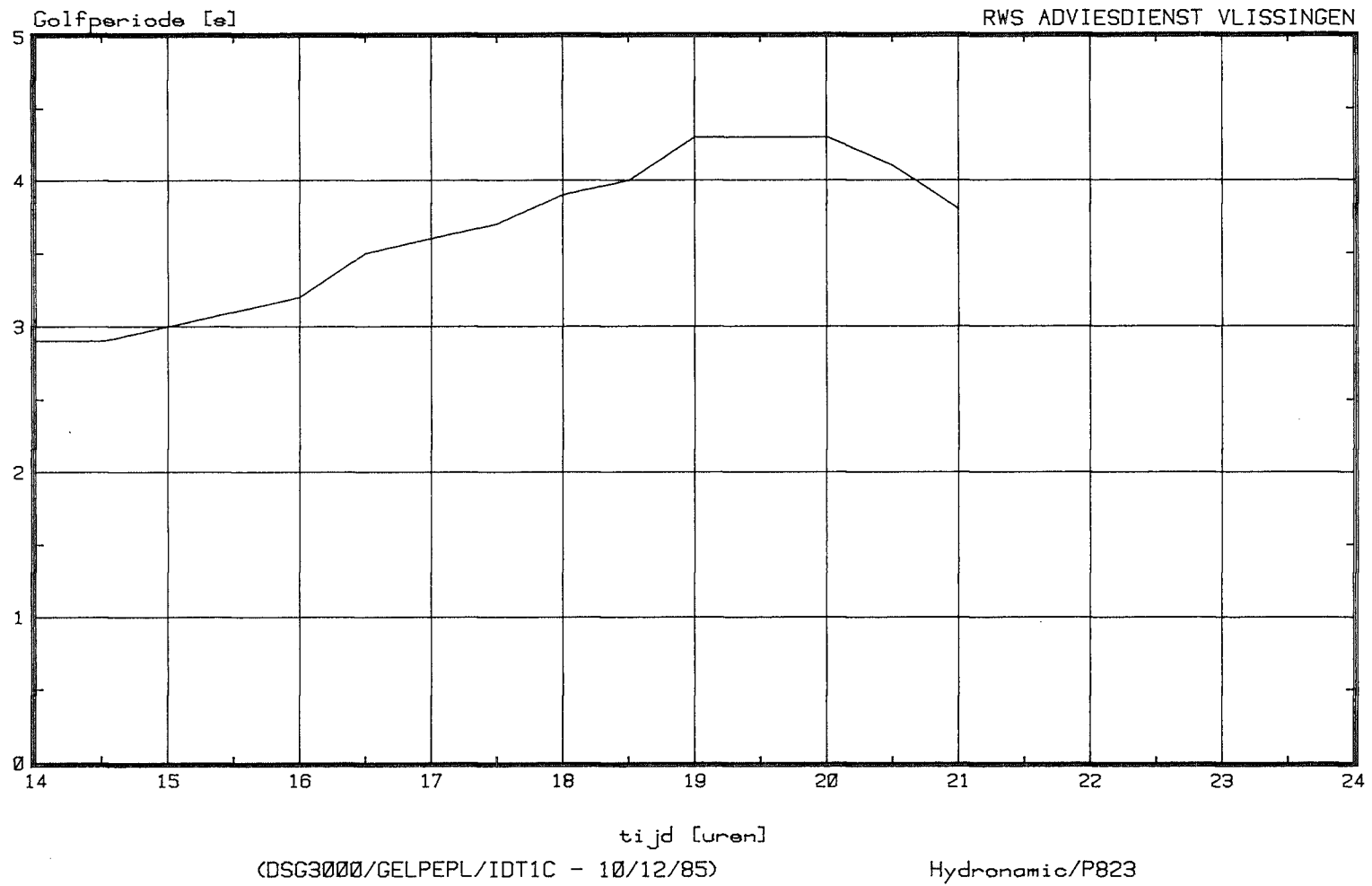
Meting 26/03/85 tijd 11:00-20:00 uur



FIGUUR 6A

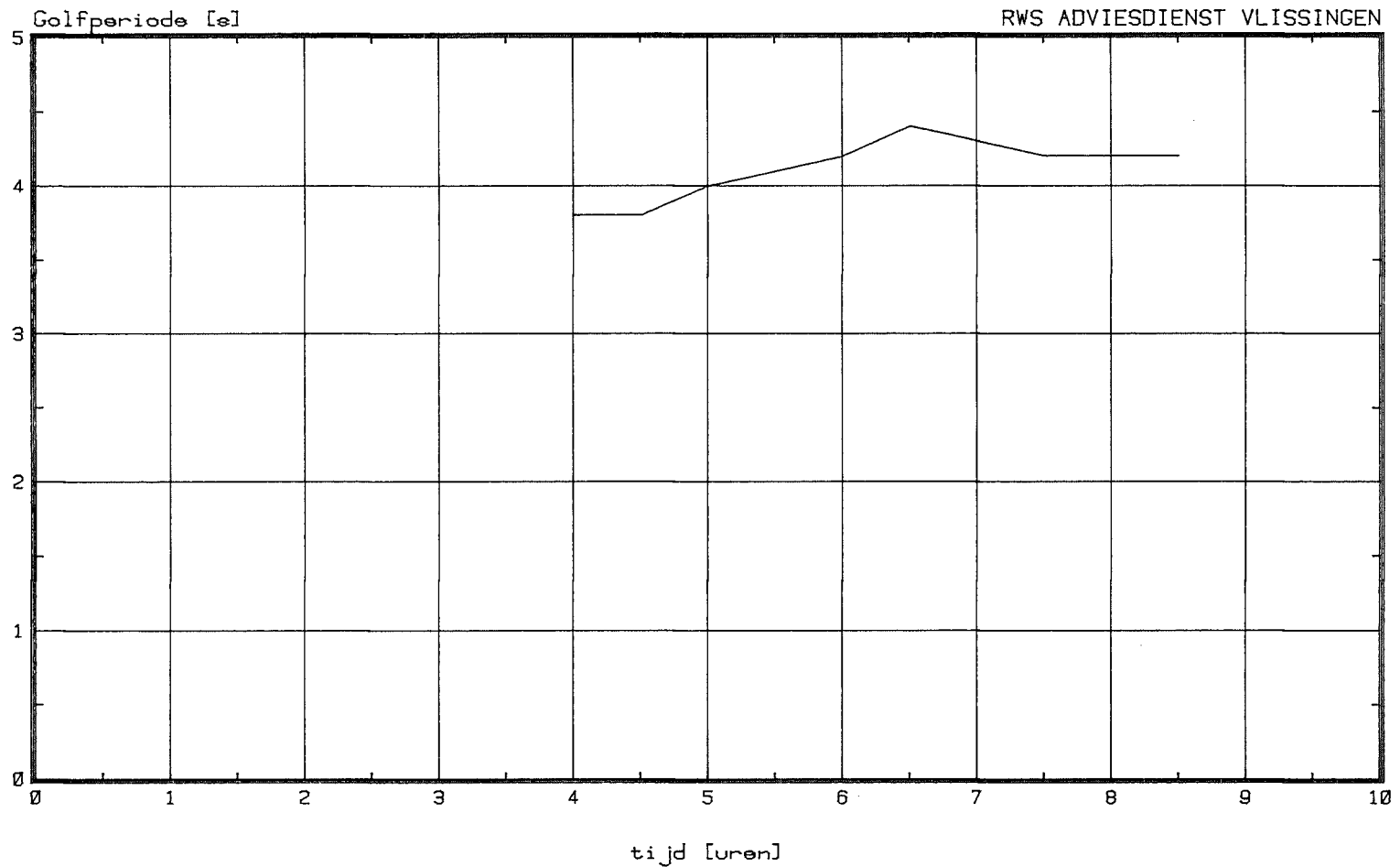
Golfperiodes gemeten met waverider

Meting 27/03/85 tijd 14:00-21:00 uur



### Golfperioden gemeten met waverider

Meting 28/03/85 tijd 4:00-8:30 uur



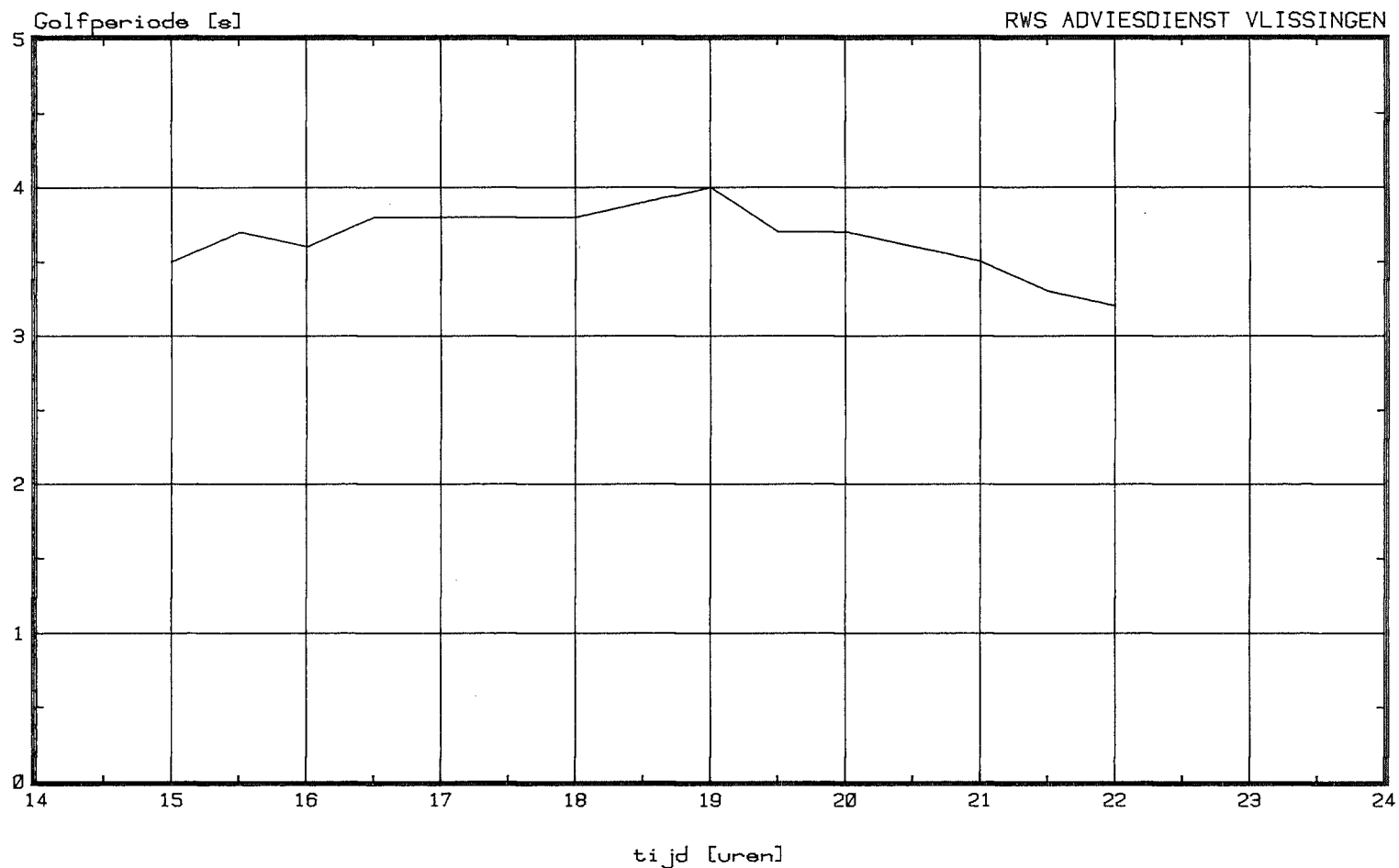
(DSG3000/GELPEPL/IDT2 - 10/12/85)

Hydronamic/P823

FIGUUR 7

Golfperioden gemeten met waverider

Meting 28/03/85 tijd 15:00-22:00 uur

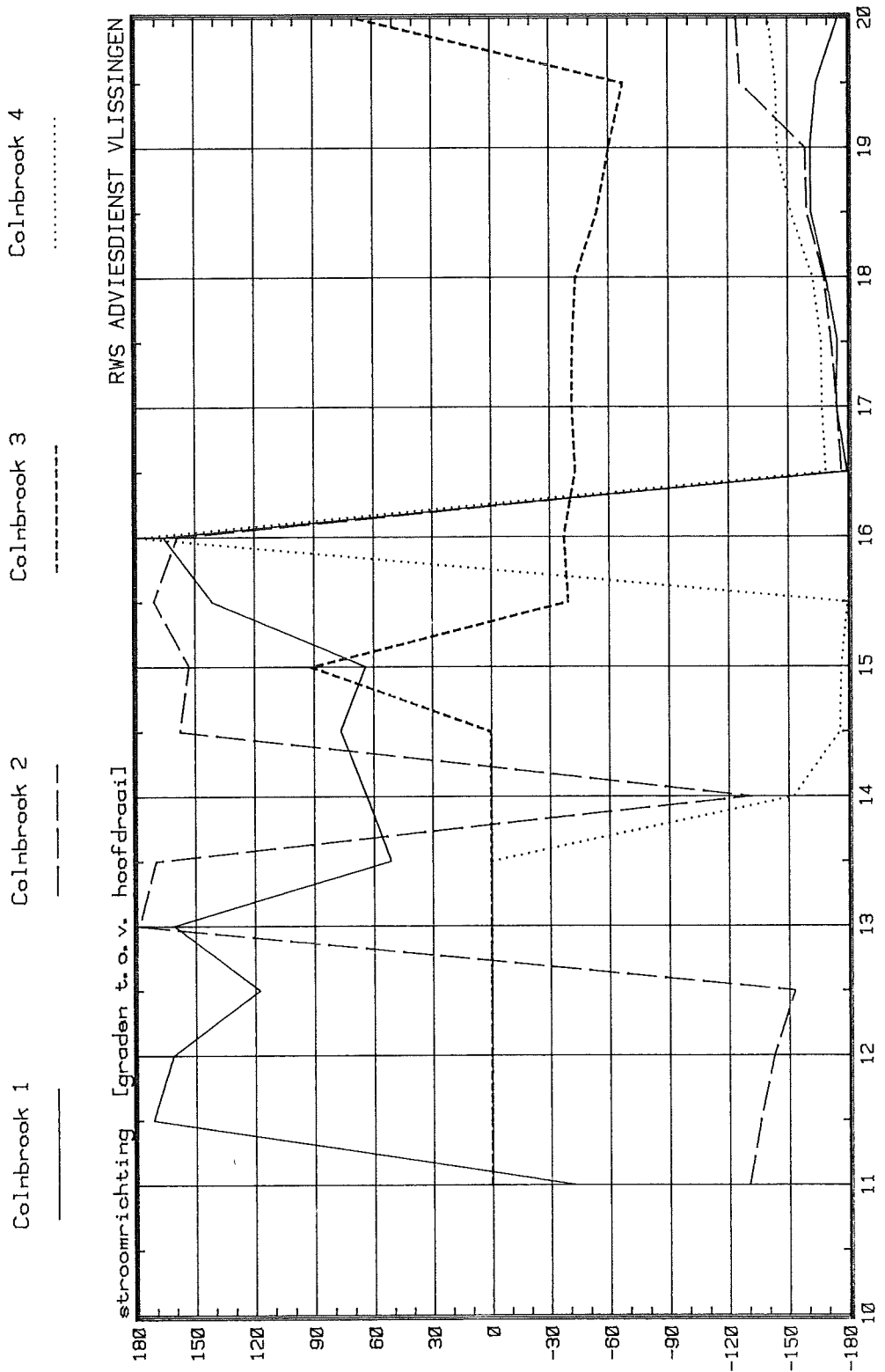


(DSG3000/GELPEPL/IDT3 - 10/12/85)

Hydronamic/P823

# Stroomrichtingen (gemeten)

Meting 26/03/85 raai 1 colnbr. 1-4



Hydronamic/P823

tijd [uren]

(DSG3000/GELALPL/IDAT1A - 22/11/85)

FIGUUR 8



FIGUUR 9

### Stroomrichtingen (gemeten)

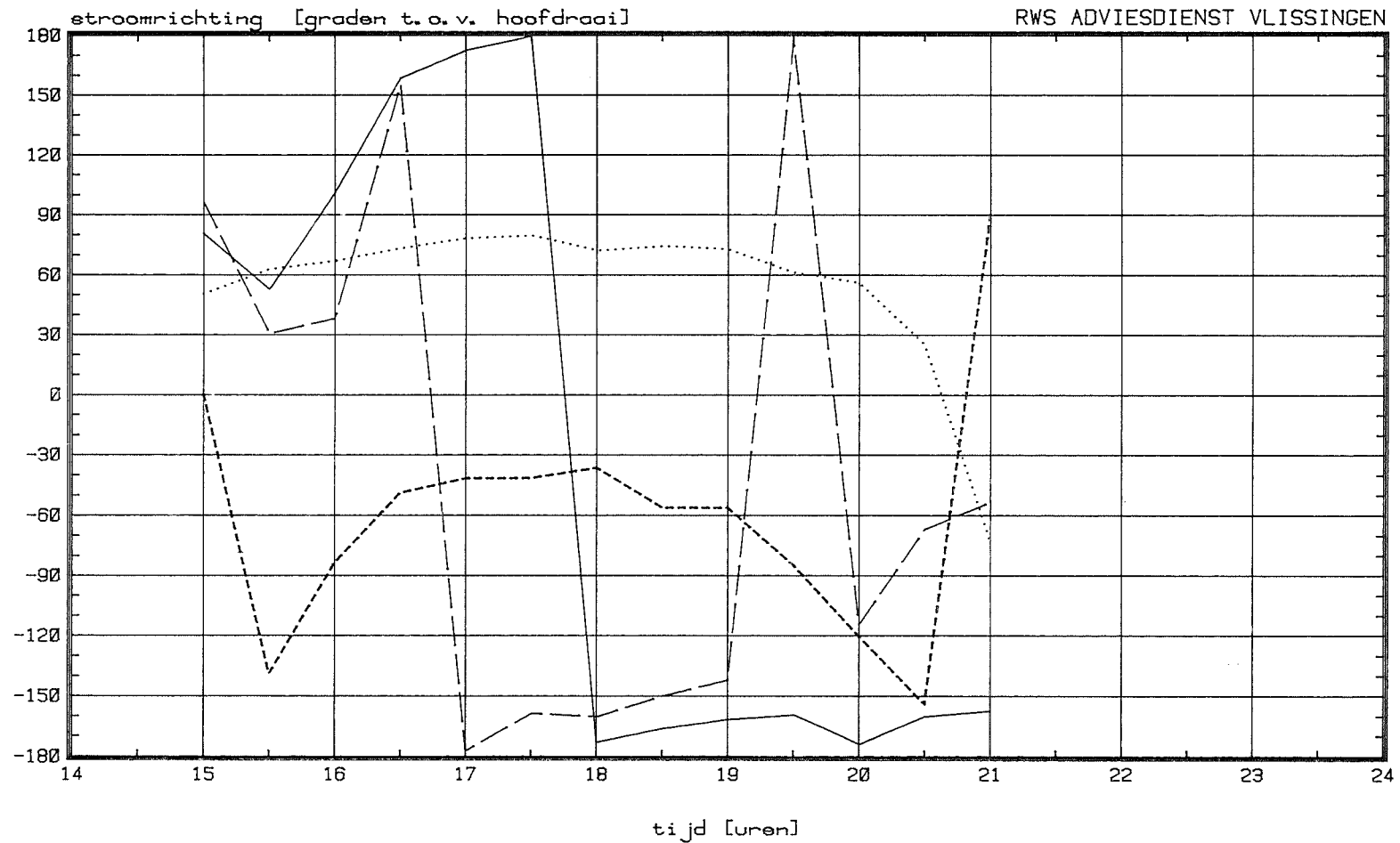
Meting 27/03/85 raai 1 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



(DSG3000/GELALPL/IDAT1C - 22/11/85)

Hydronamic/P823

FIGUR 10

### Stroomrichtingen (gemeten)

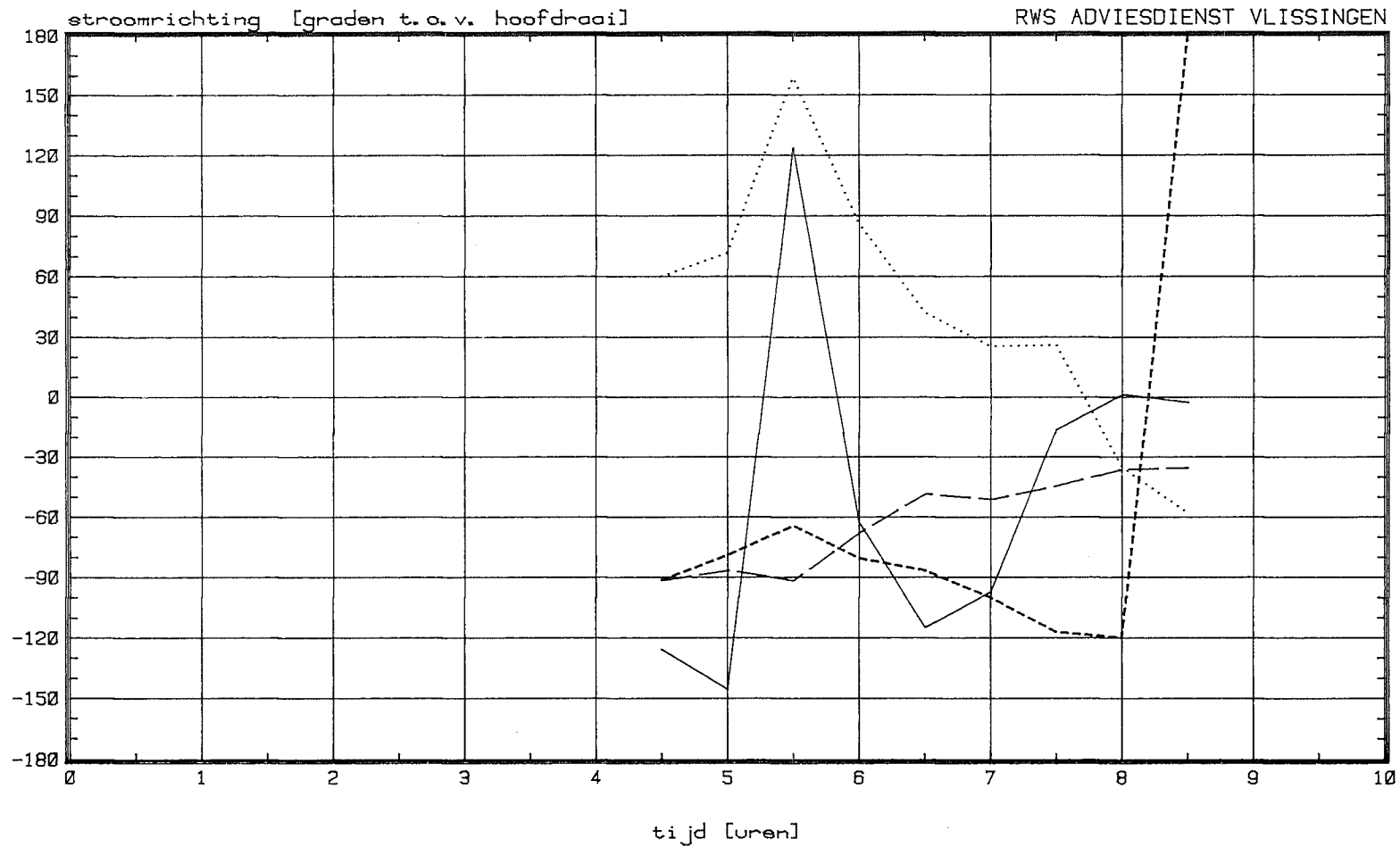
Meting 28/03/85 raai 2 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



(DSC3000/GELALPL/IDAT2 - 22/11/85)

Hydronamic/P823

FIGUR 11

### Stroomrichtingen (gemeten)

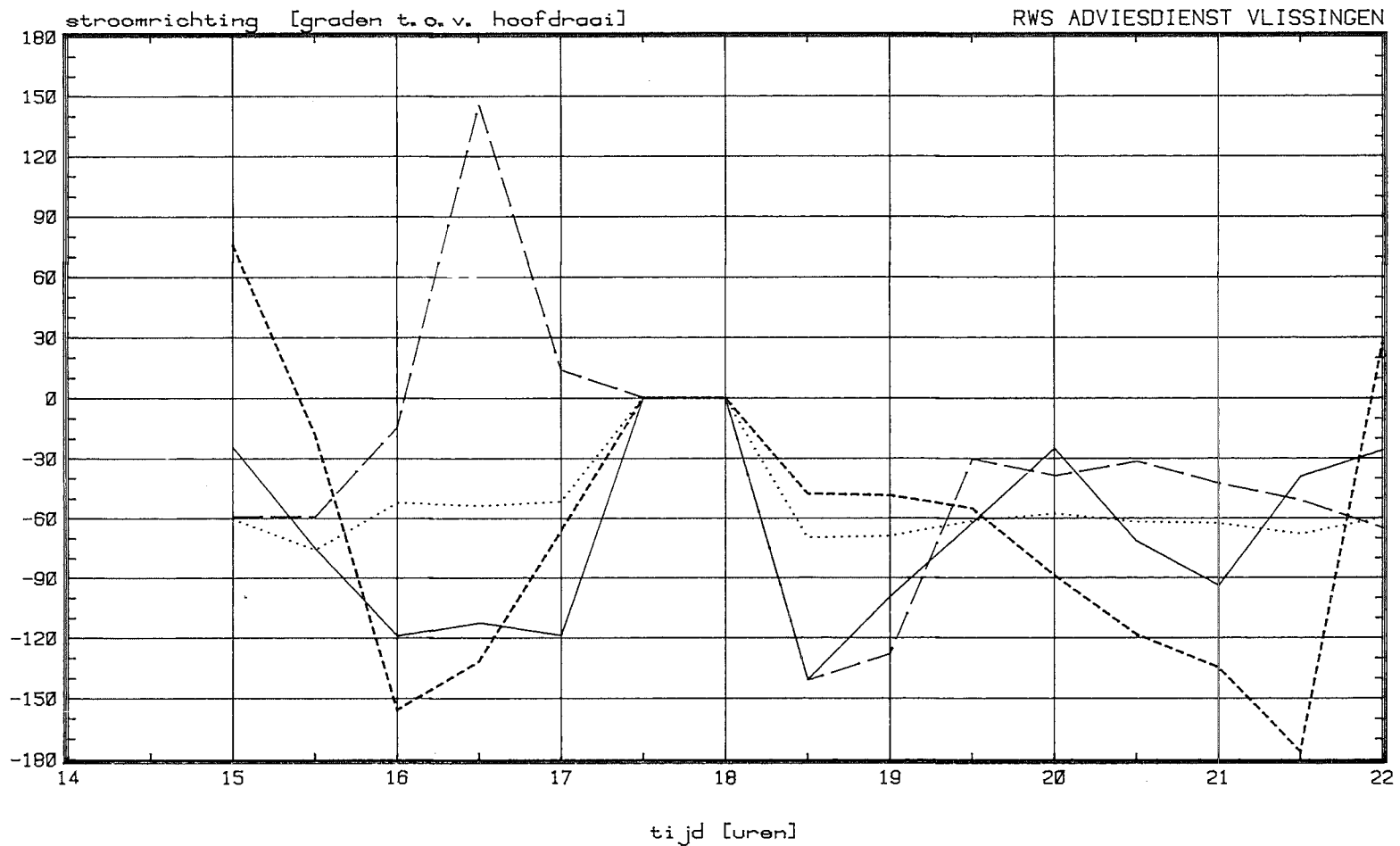
Meting 28/03/85 raai 3 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



(DSG3000/GELALPL/IDAT3 - 22/11/85)

Hydronamic/P823

FIGUUR 12

### Stroomsnelheden (gemeten)

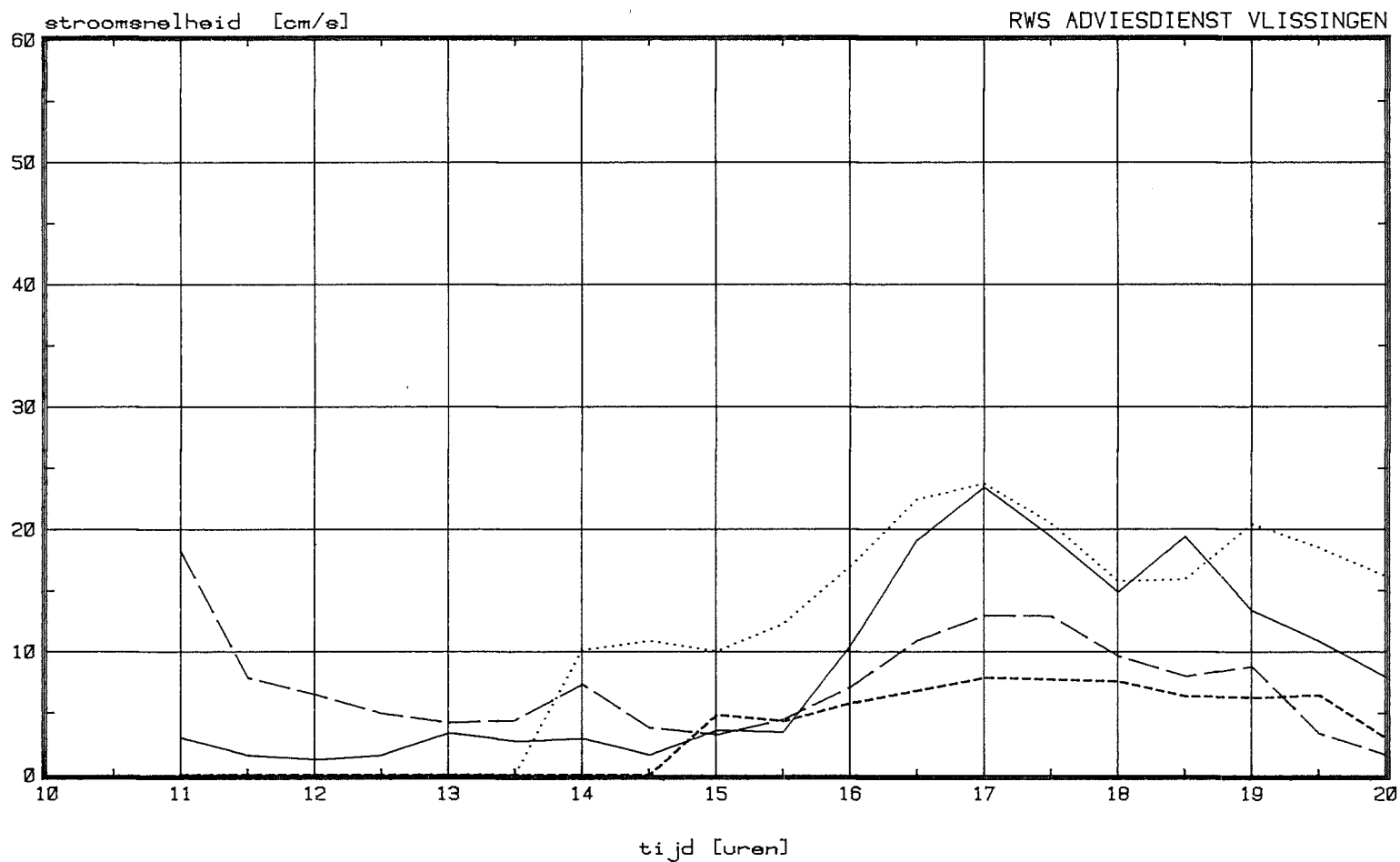
Meting 26/03/85 raai 1 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



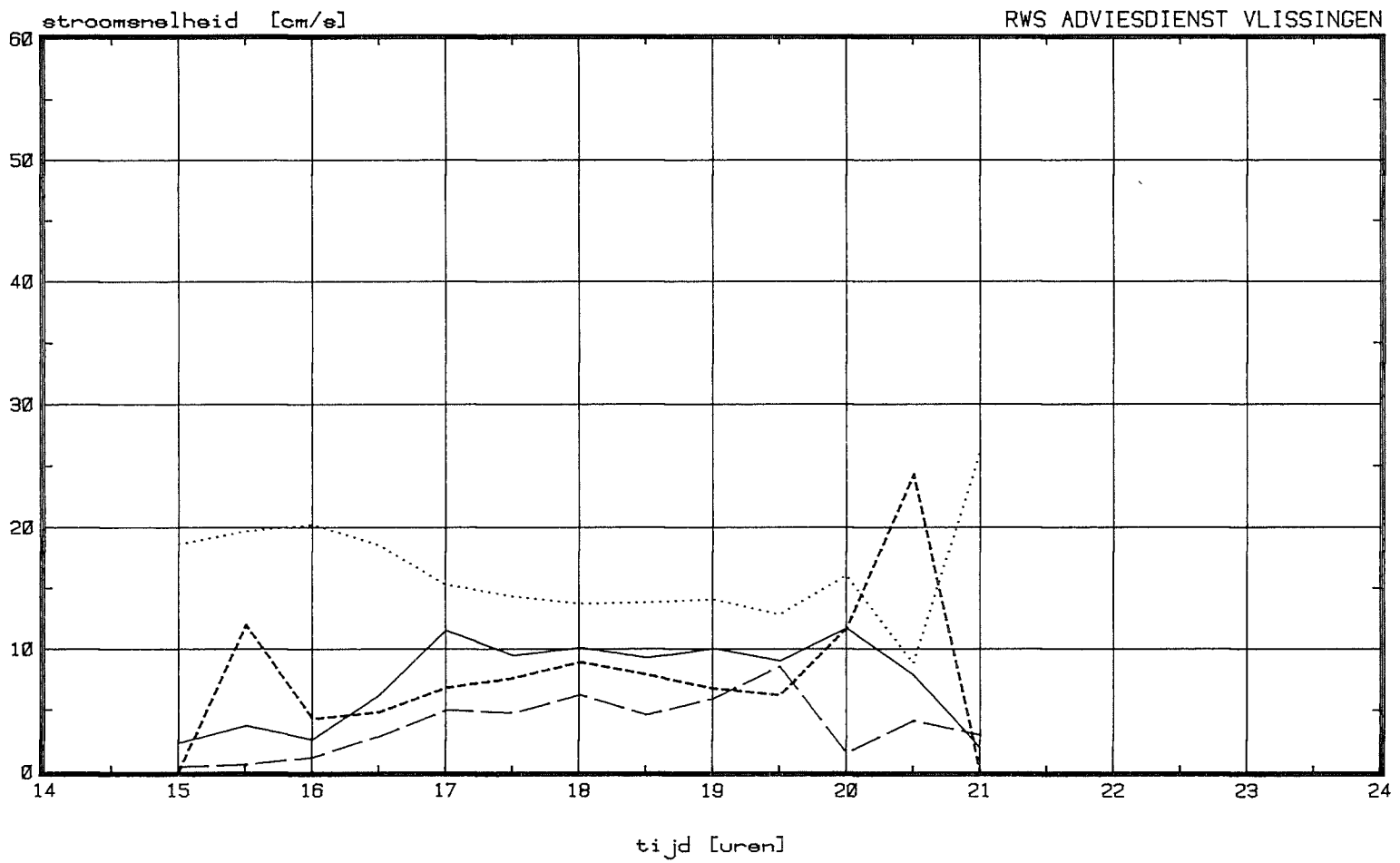
(DSG3000/GELSTPL/IDVT1A - 22/11/85)

Hydronamic/P823

FIGUUR 13

Stroomsnelheden (gemeten)  
Meting 27/03/85 raai 1 colnbr. 1-4

Colbrook 1                      Colbrook 2                      Colbrook 3                      Colbrook 4



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

FIGUUR 14

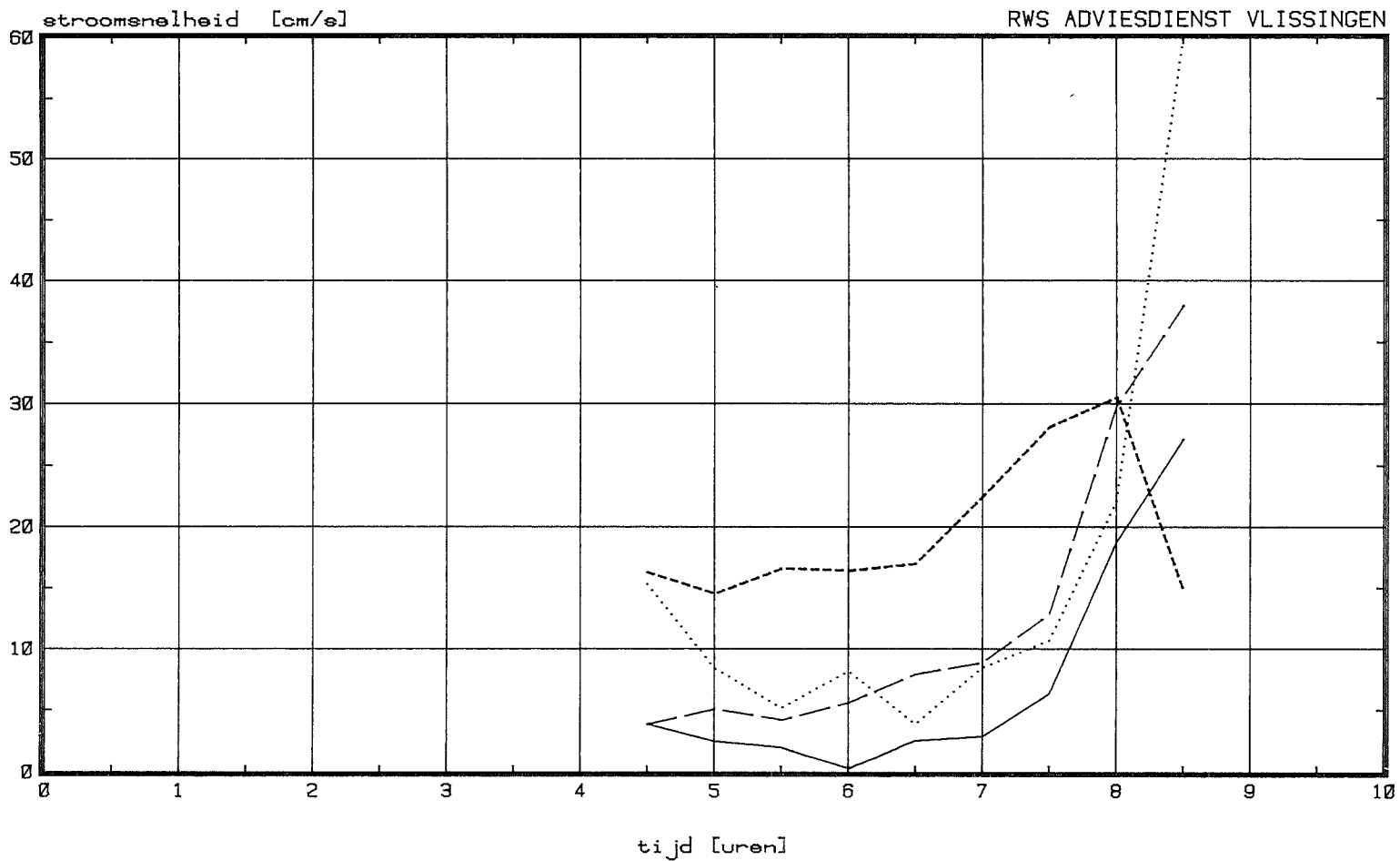
Stroomsnelheden (gemeten)  
Meting 28/03/85 raai 2 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

(DSG3000/GELSTPL/IDVT2 - 22/11/85)

Hydronic/P823

Stroomsnelheden (gemeten)

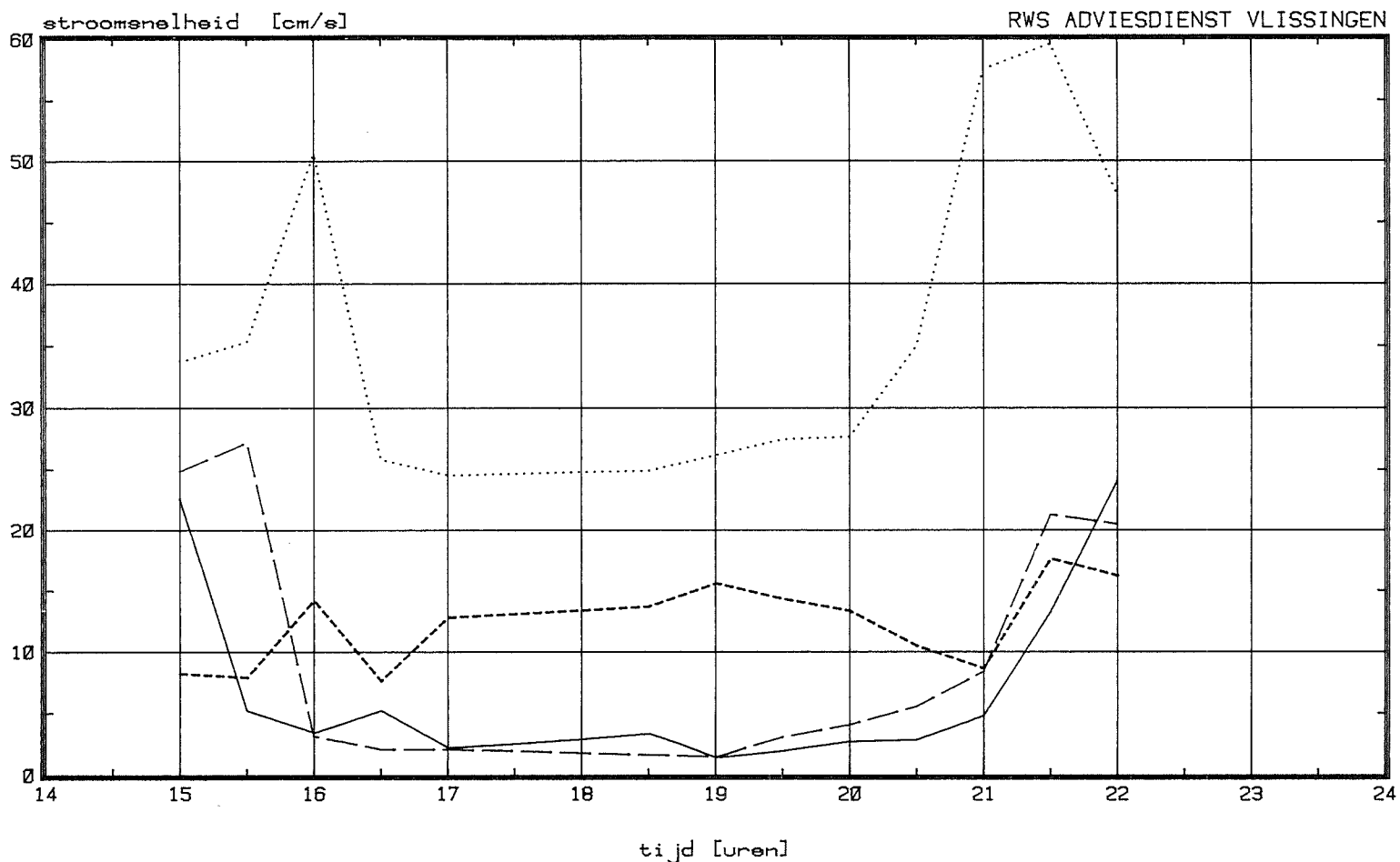
Meting 28/03/85 raai 3 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



FIGUR 16

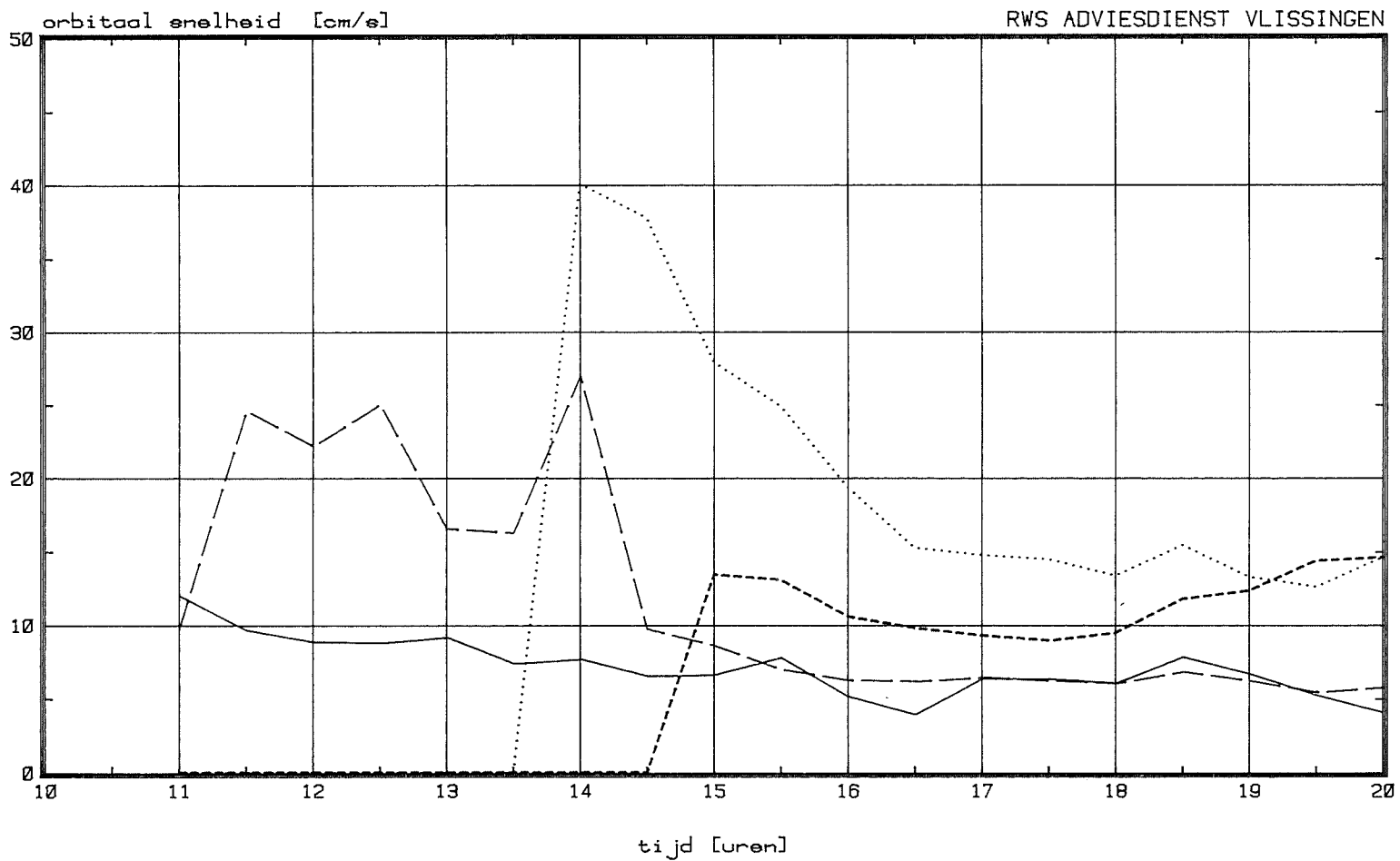
Orbitaal snelheden (gemeten)  
Meting 26/03/85 raai 1 colnbr. 1-4

Colbrook 1

Colbrook 2

Colbrook 3

Colbrook 4



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

(DSG3000/GELORPL/IDUT1A - 22/11/85)

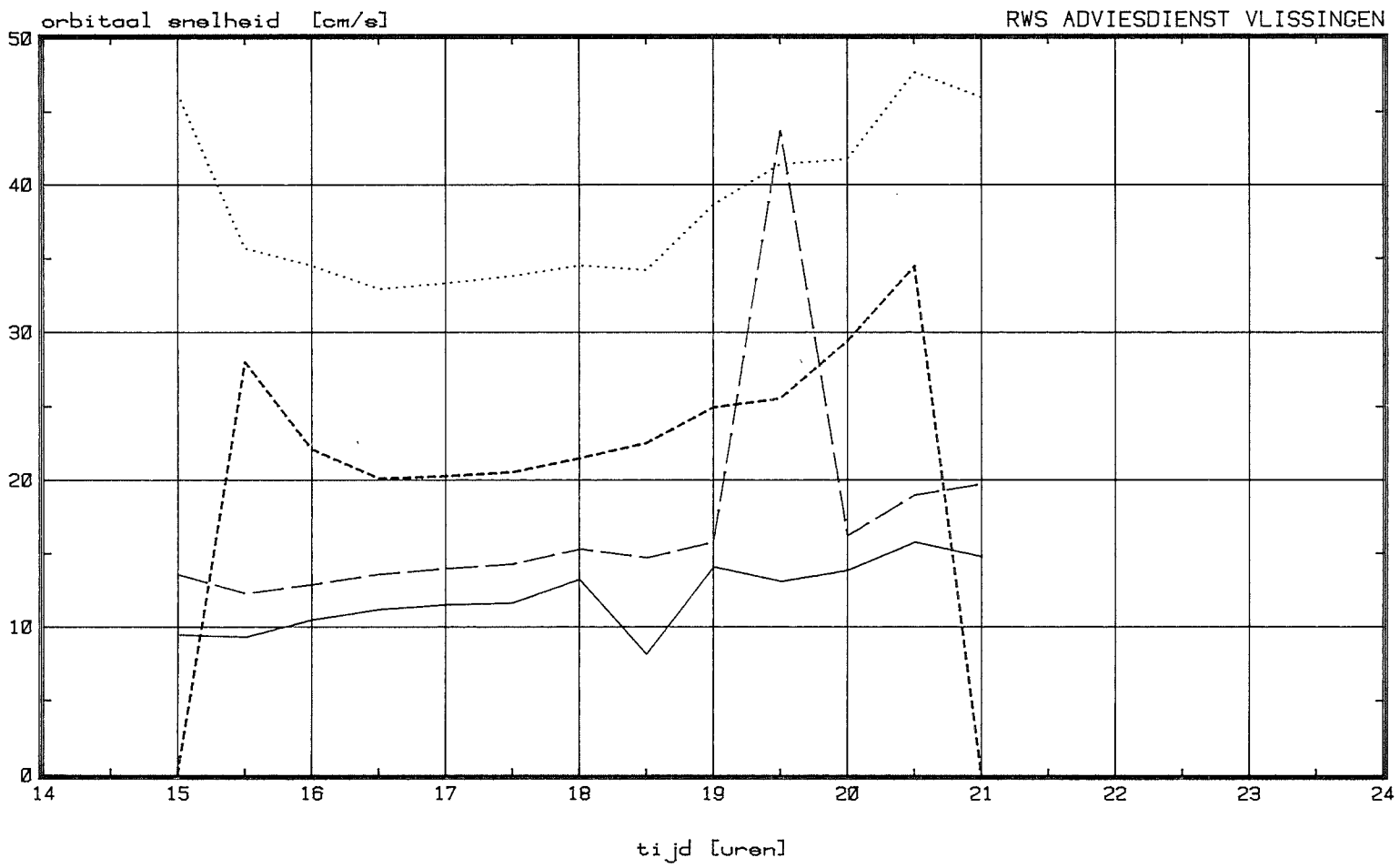
Hydronamic/P823



FIGUUR 17

Orbitaal snelheden (gemeten)  
Meting 27/03/85 raai 1 colnbr. 1-4

Colnbrook 1                      Colnbrook 2                      Colnbrook 3                      Colnbrook 4



(DSG3000/GELORPL/IDUT1C - 22/11/85)

Hydronamic/P823

Orbitaal snelheden (gemeten)

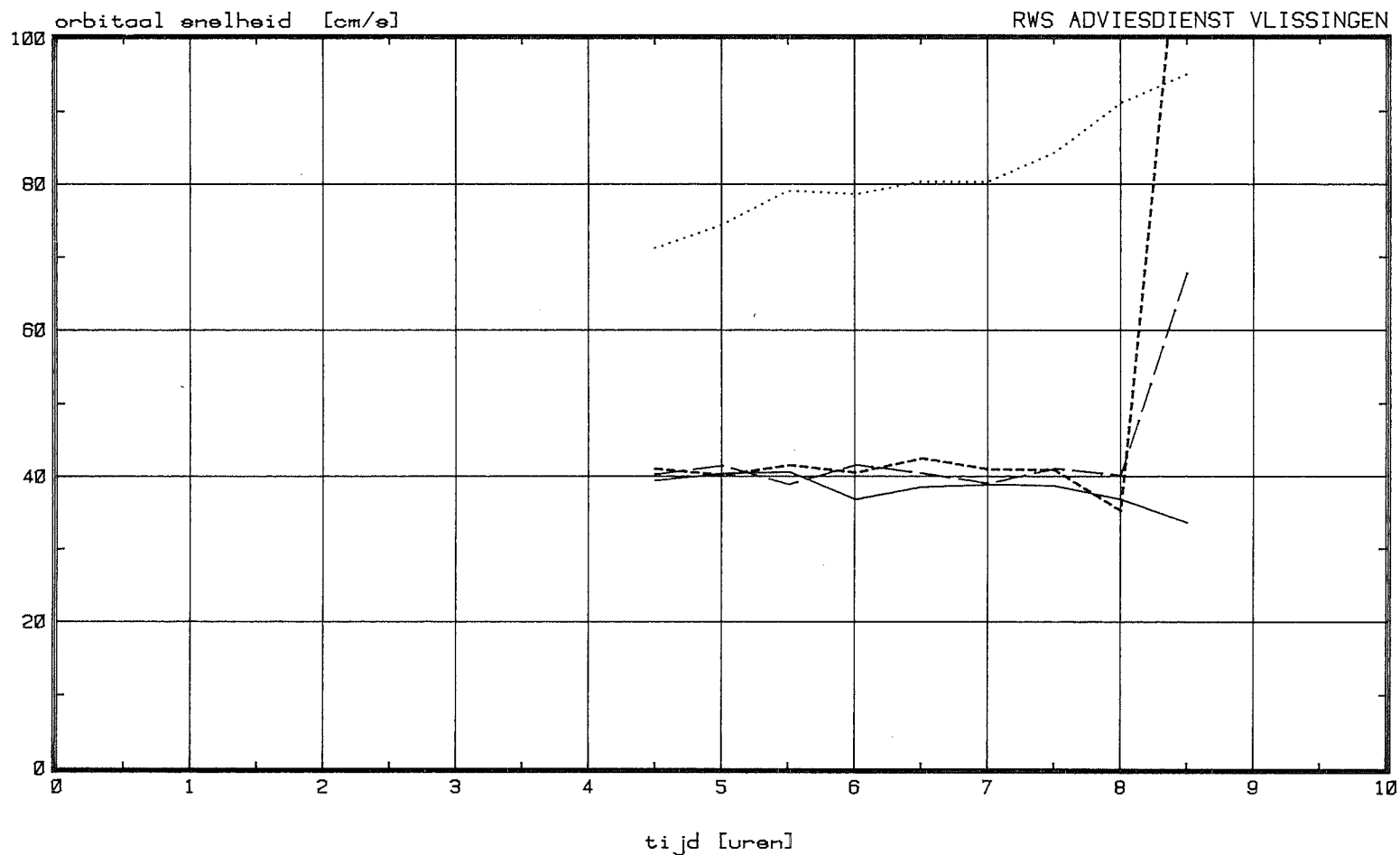
Meting 28/03/85 raai 2 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



FIGUUR 19

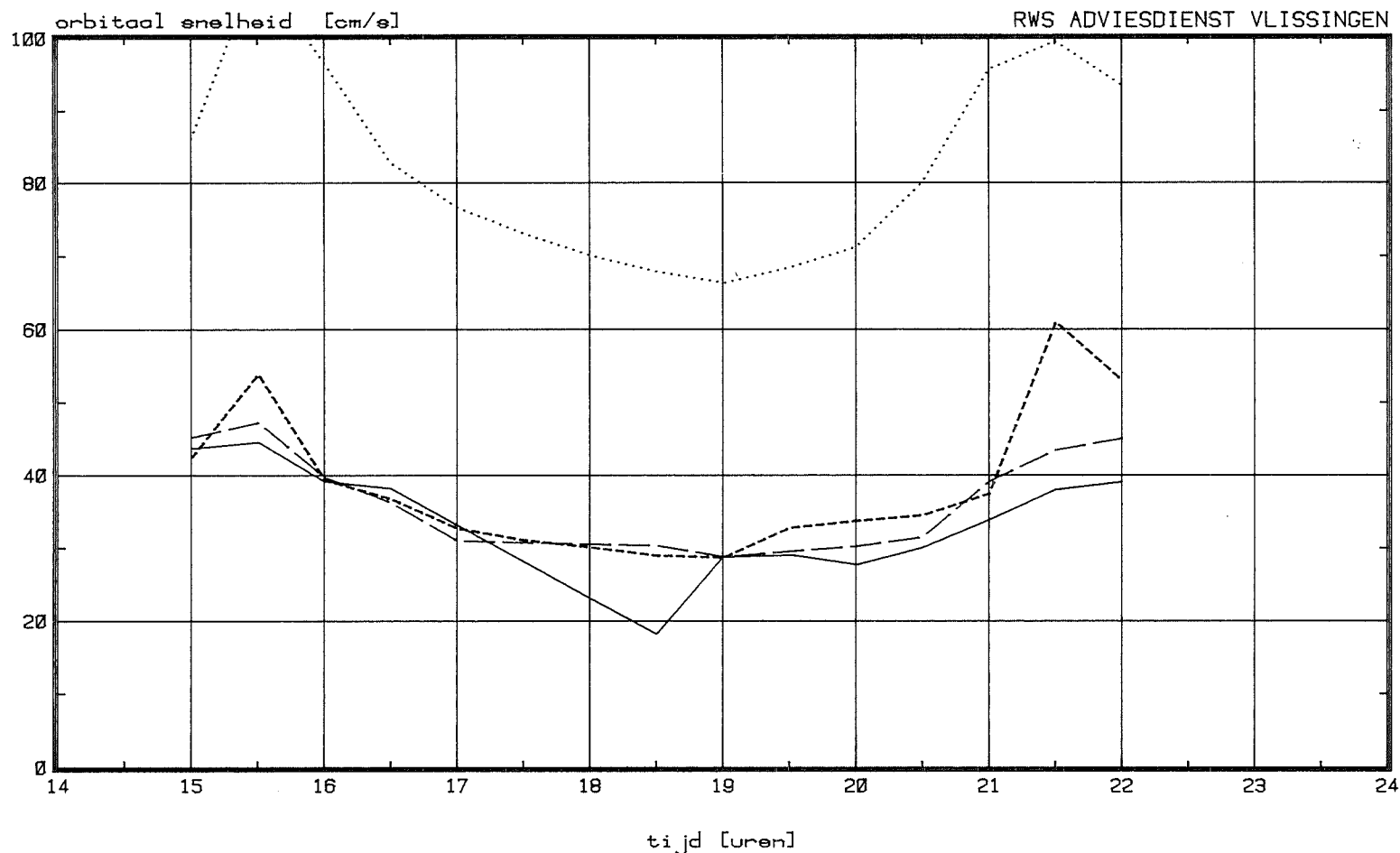
Orbitaal snelheden (gemeten)  
Meting 28/03/85 raai 3 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



(DSG3000/GELORPL/IDUT3 - 22/11/85)

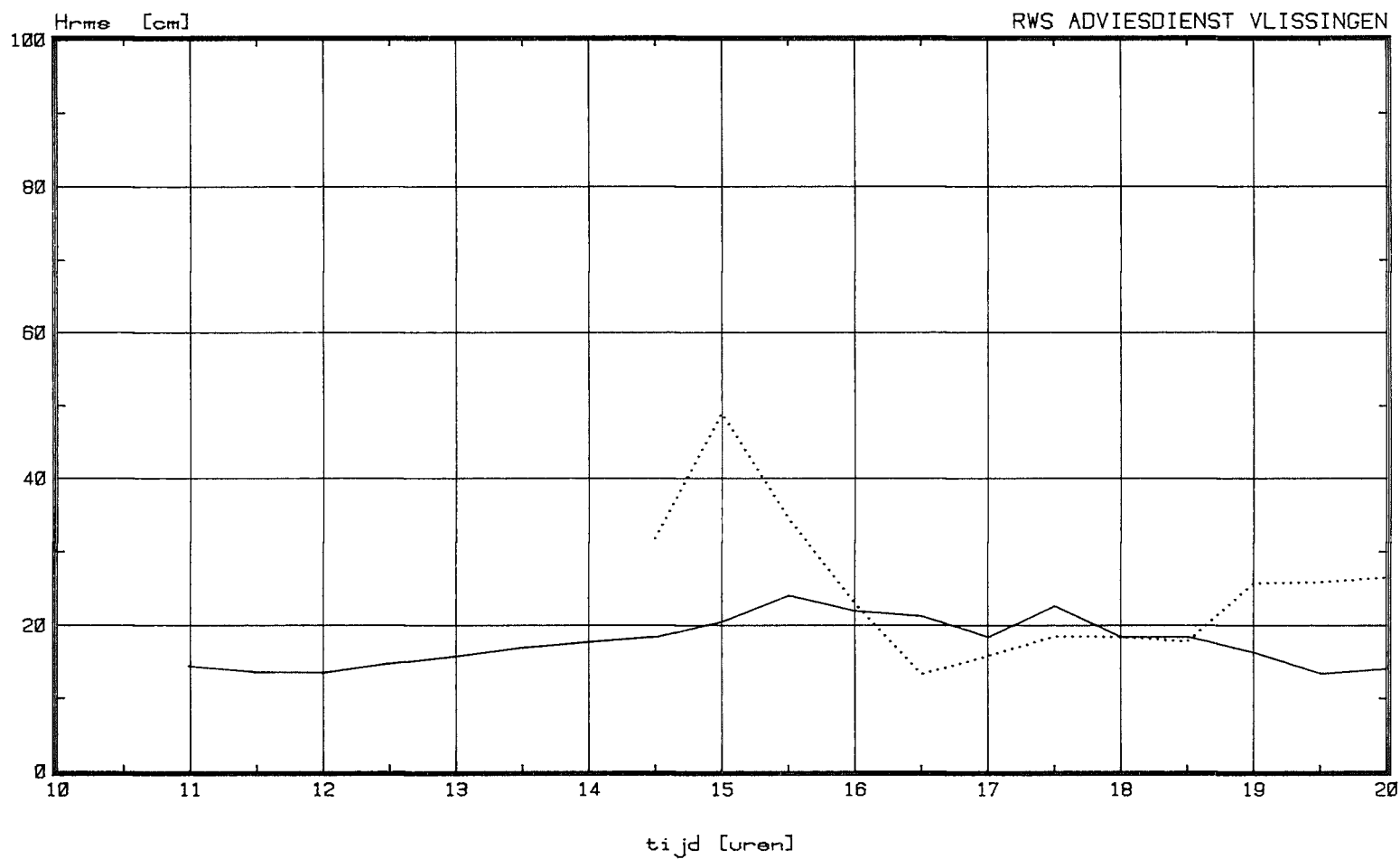
Hydronamic/P823

Gemeten golfhoogten (waverider, stappenbaak)

Meting 26/03/85 raai 1

Waverider 1

Stappenbaak



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

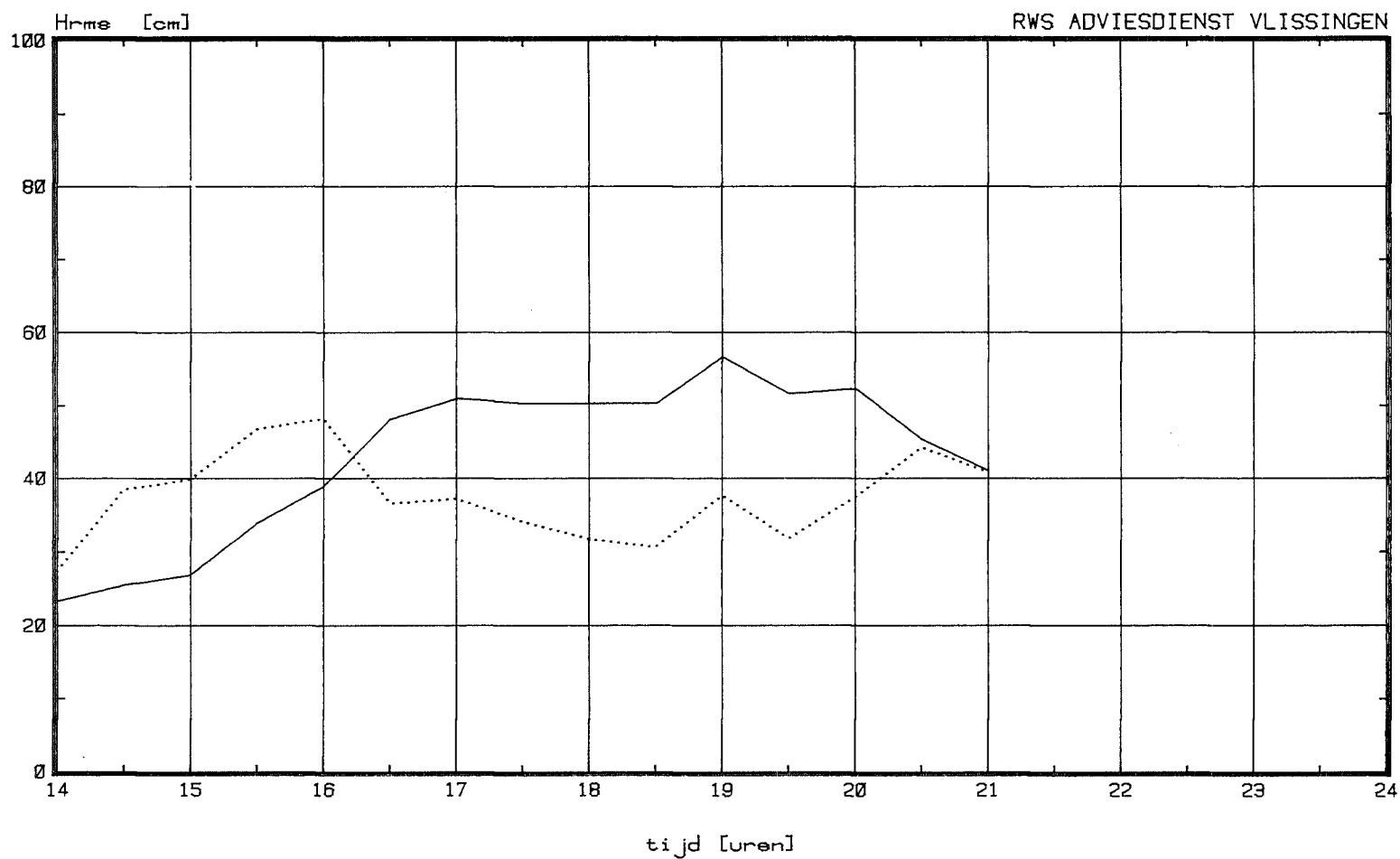
FIGUUR 21

### Gemeten golfhoogten (waverider, stappenbaak)

Meting 27/03/85 raai 1

Waverider

Stappenbaak



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

(DSG3000/GELSWPL/IDHSW1C - 22/11/85)

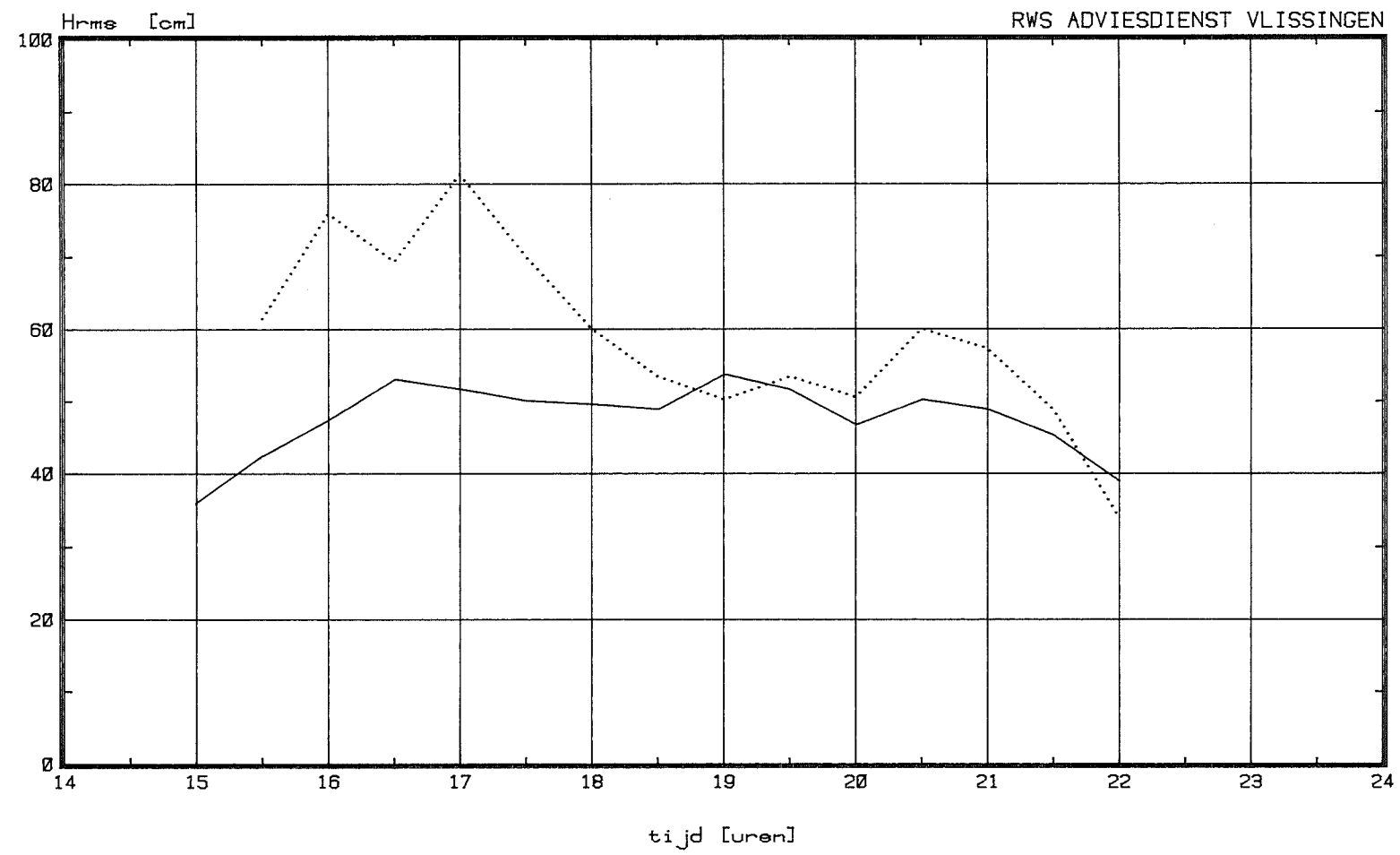
Hydronamic/P823

### Gemeten golfhoogten (waverider, stappenbaak)

Meting 28/03/85 raai 3

Waverider

Stappenbaak



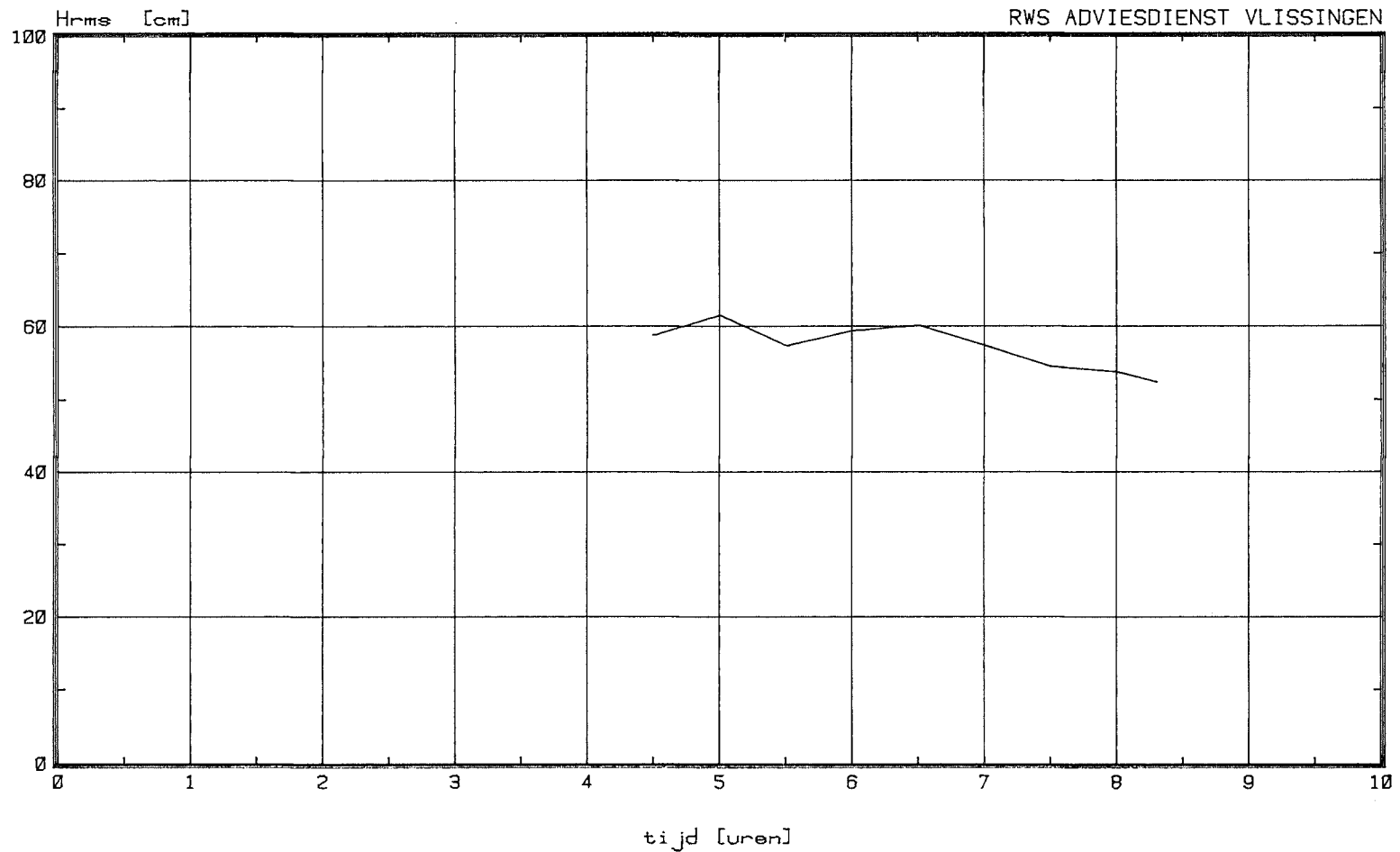
(DSG3000/GELSWPL/IDHSW3 - 22/11/85)

Hydronamic/P823

FIGUUR 23

### Waverider golfhoogten

Meting 28/03/85 tijd 4:30 - 8:30 uur



Golfhoogten gemeten met waverider en stappenb.

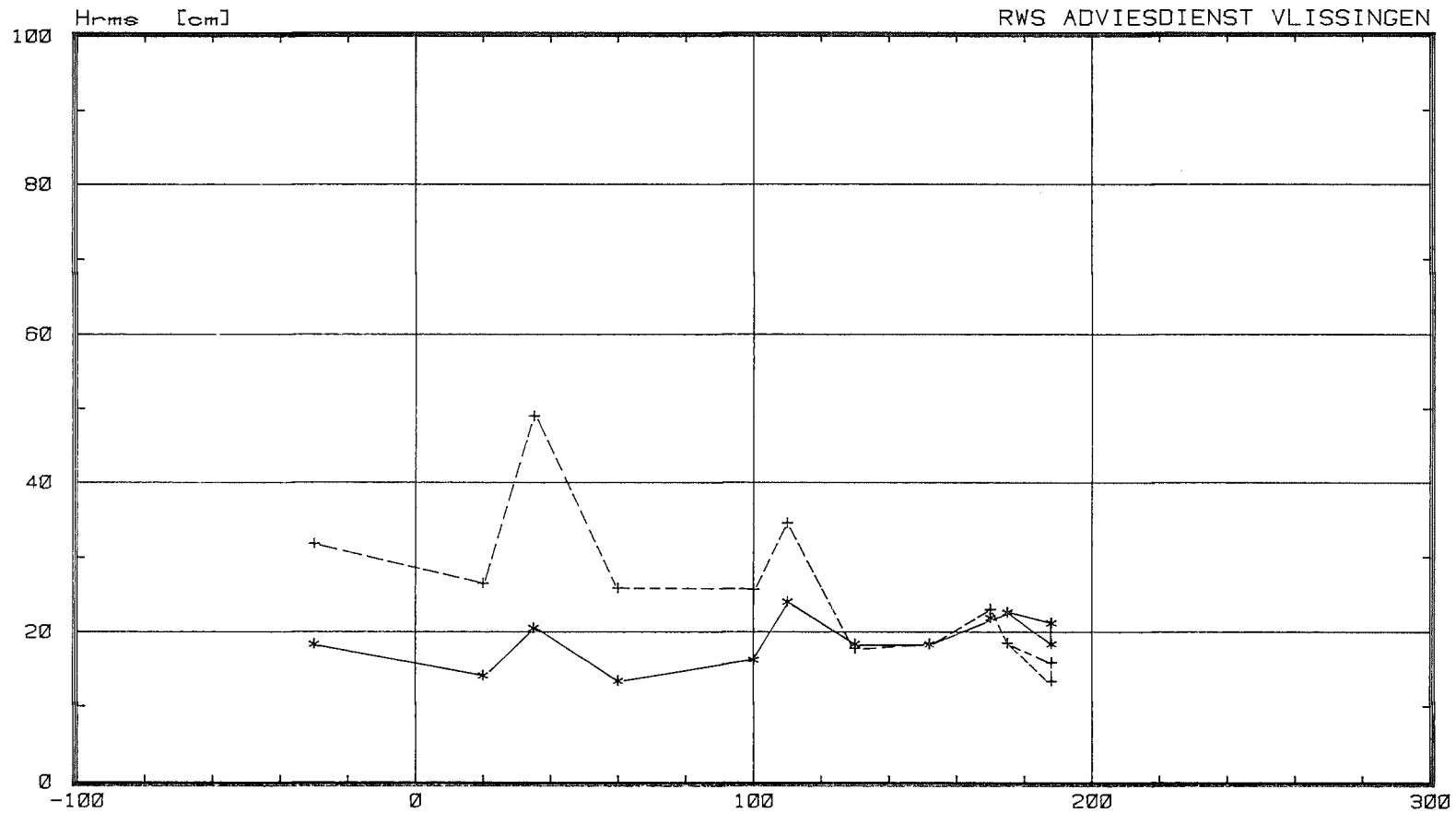
Meting 26/03/85 tijd 14:30-20:00 raai 1

Waverider

Stappenb.

\*

+



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

Waterstand t.o.v. N.A.P. [cm]

(DSG3000/GELHHPL/IDGH1AX - 15/10/85)

Hydronamic/P823



Golfhoogten gemeten met waverider en stappenb.

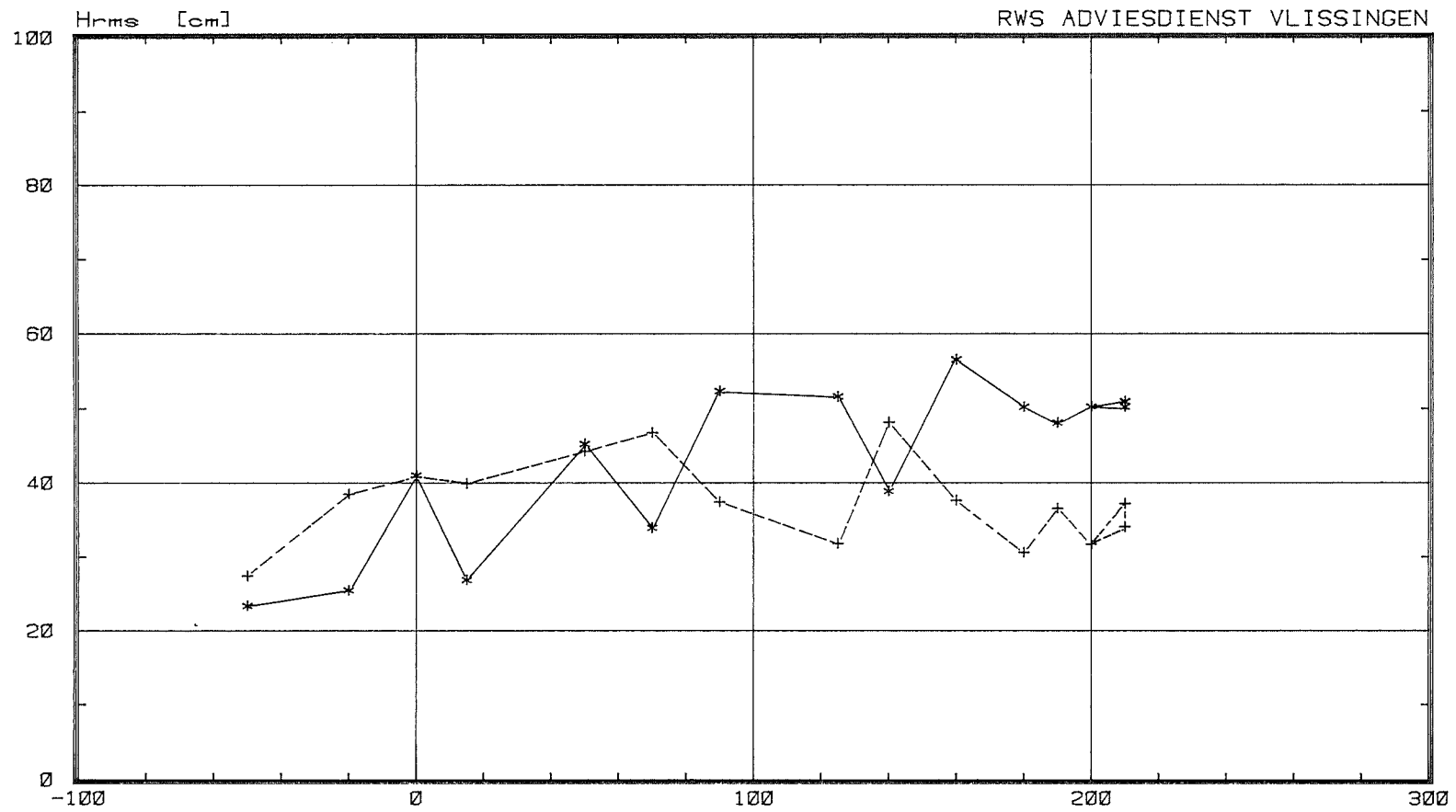
Meting 27/03/85 tijd 14:00-22:00 raai 1

Waverider

Stappenbaak

\*

+



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

Waterstand t.o.v. N.A.P. [cm]

(DSG3000/GELHHPL/IDGH1CX - 15/10/85)

Hydronamic/P823

Golfhoogten gemeten met waverider en stappenb.

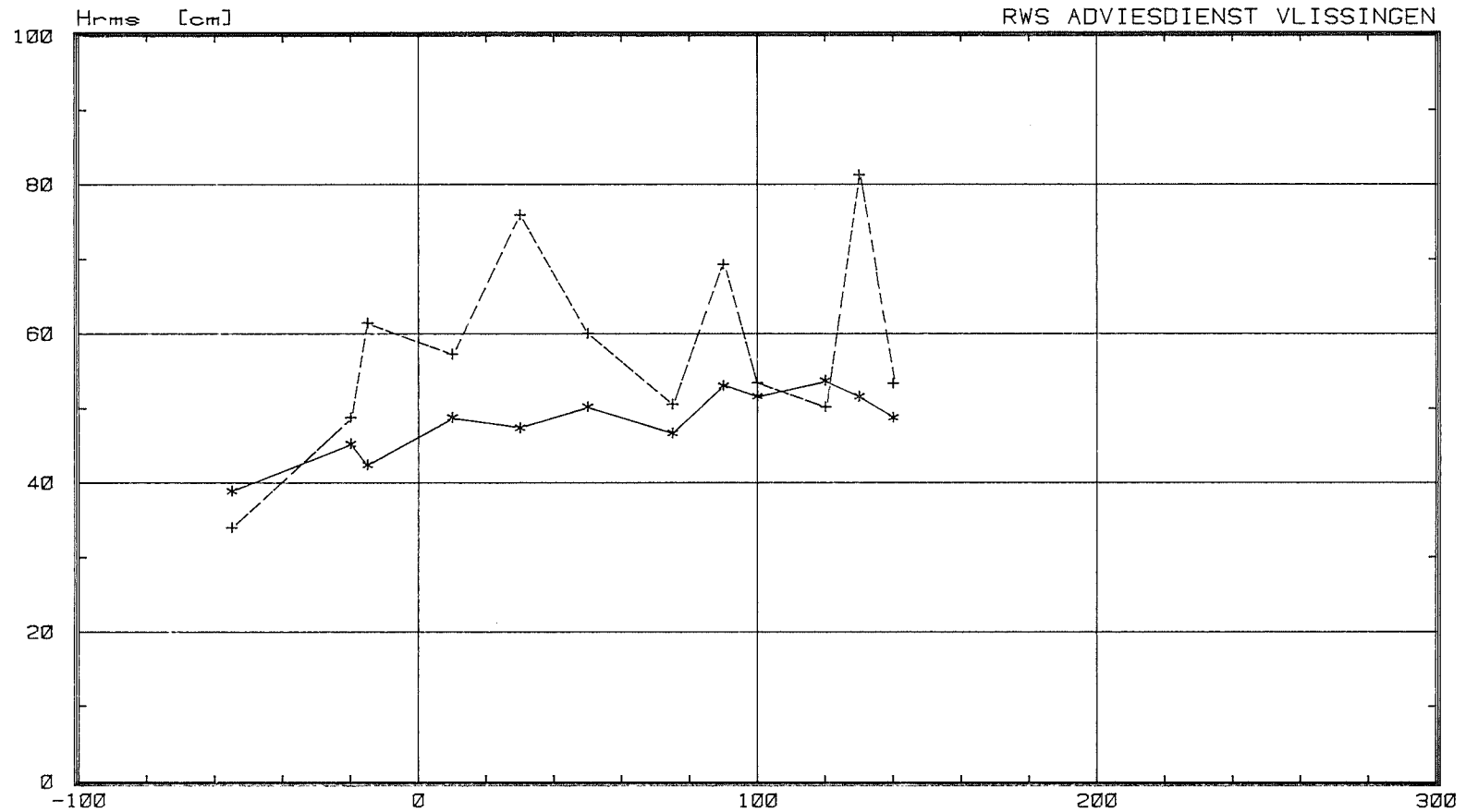
Meting 28/03/85 tijd 15:30-22:00 raai 3

Waverider

Stappenbaak

\*

+

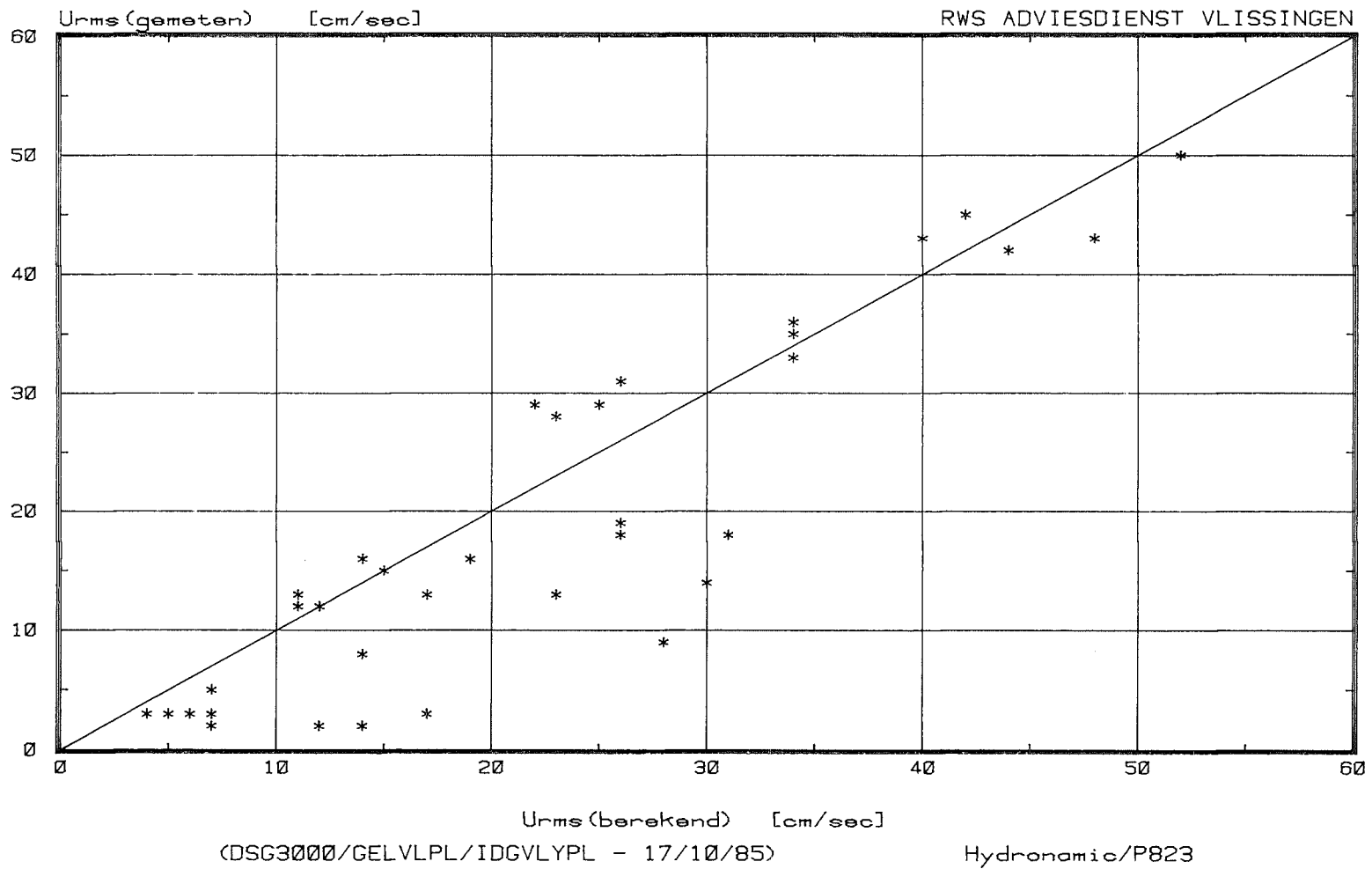


Waterstand t.o.v. N.A.P. [cm]

(DSG3000/GELHHPL/IDGH3TX - 15/10/85)

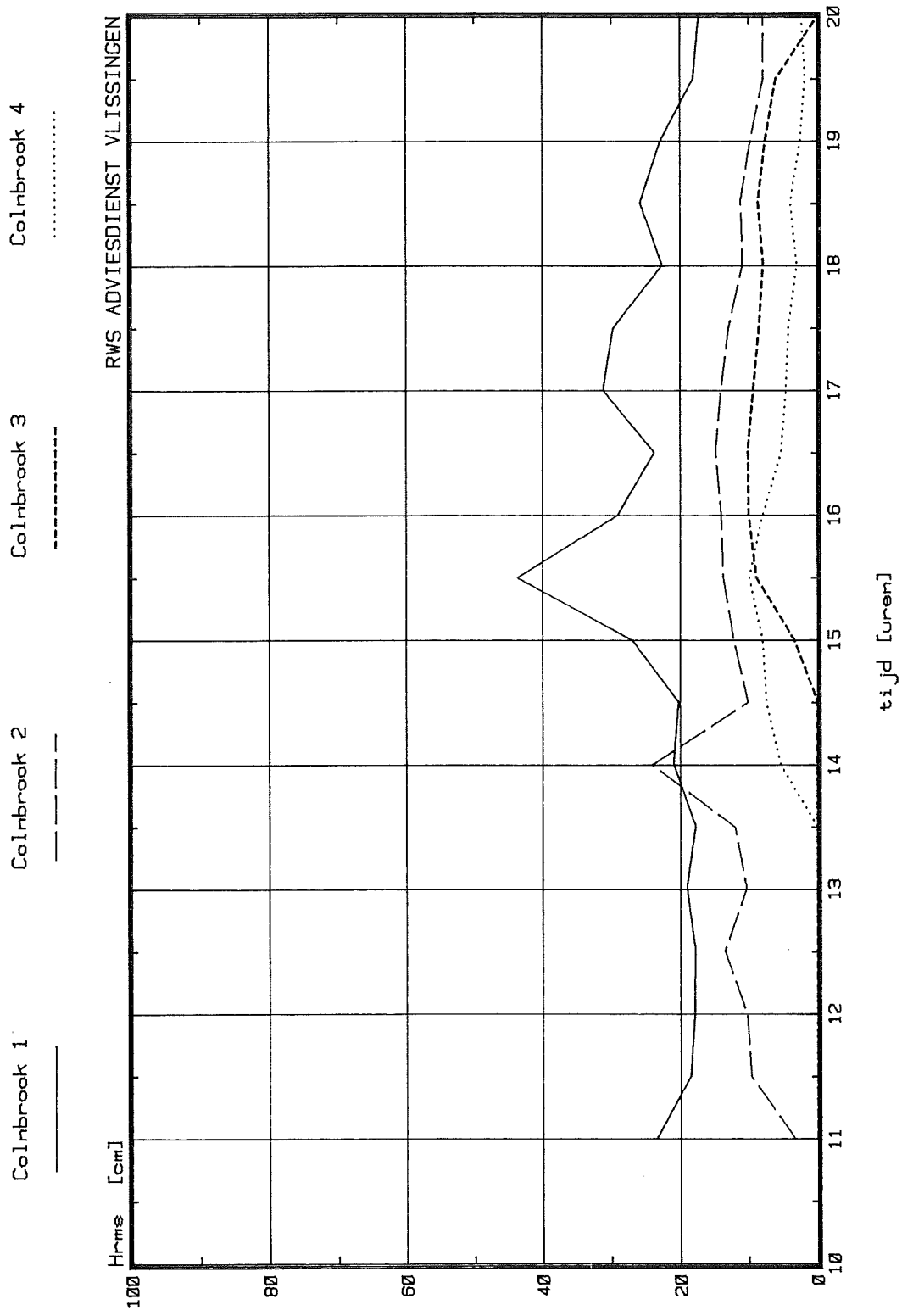
Hydronamic/P823

Berekende en gemeten orbitaal snelheden  
 Meting 26/03-28/03 raaien 1 en 3 t.p.v. stappenbaak



# Golfhoogten bepaald uit Colnbrook metingen

Meting 26/03/85 raai 1 colnbr. 1-4



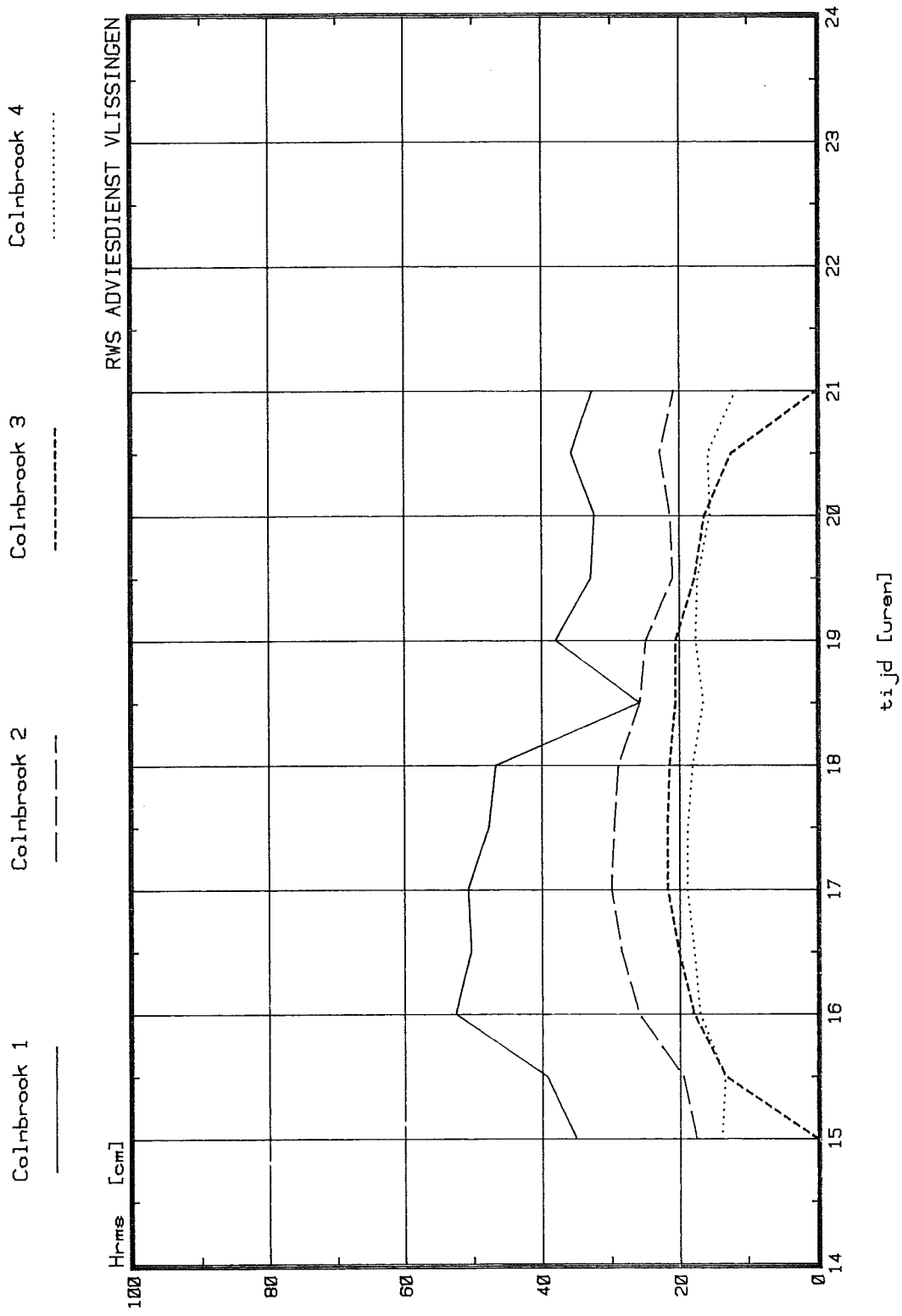
Hydronamic/P823

(DSG3000/GELHCPL/IDHC1A - 28/11/85)

FIGUUR 28

# Golfhoogten bepaald uit Colnbrook metingen

Meting 27/03/85 raai 1 colnbr. 1-4



Hydronamic/P823

tijd [uren]

(DSG3000/GELHCPL/IDHC1C - 28/11/85)

FIGUUR 29

Golfhoogten bepaald uit Colnbrook metingen

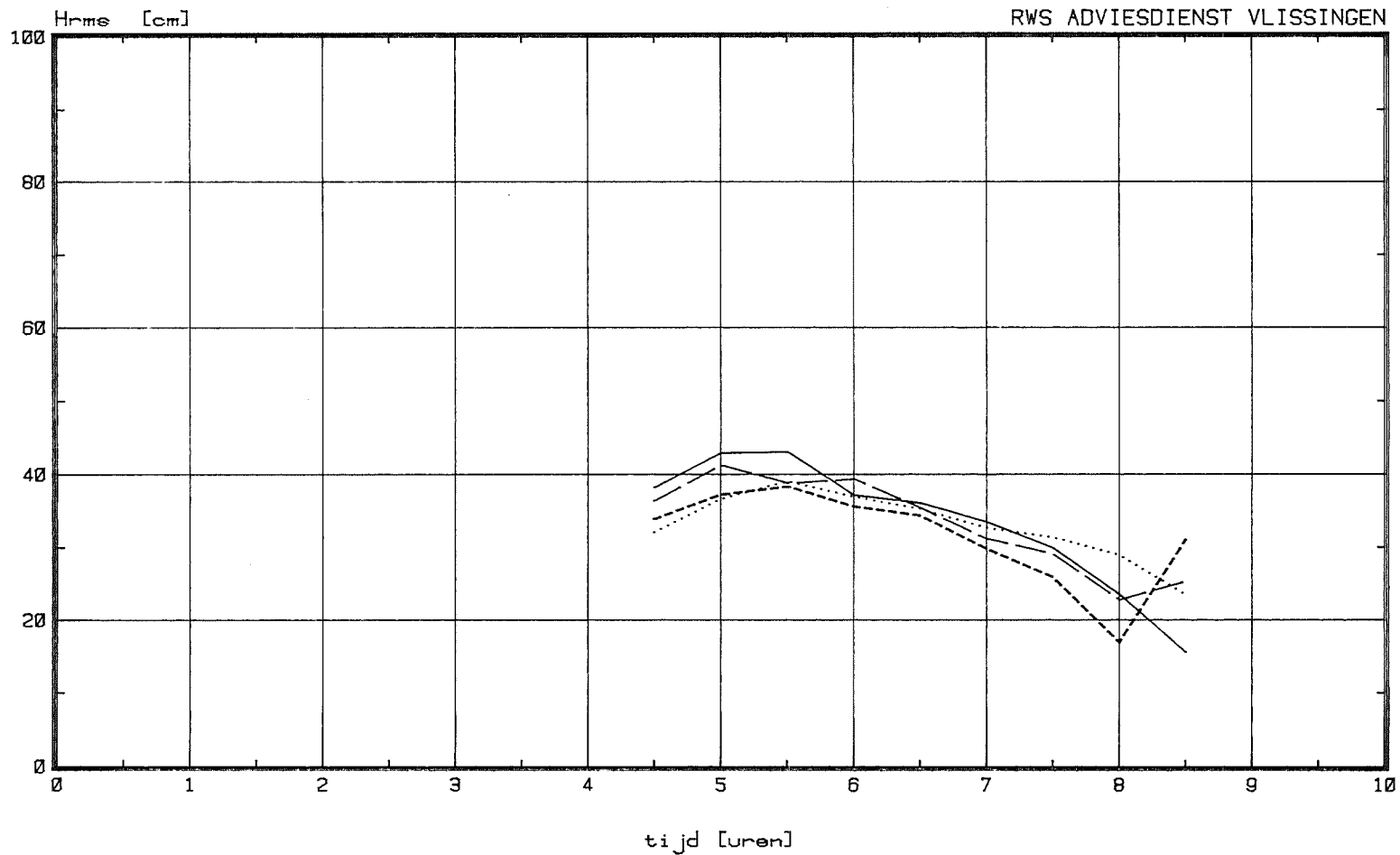
Meting 28/03/85 raai 2 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

Colnbrook 3

Colnbrook 4



Golfhoogten bepaald uit Colnbrook metingen

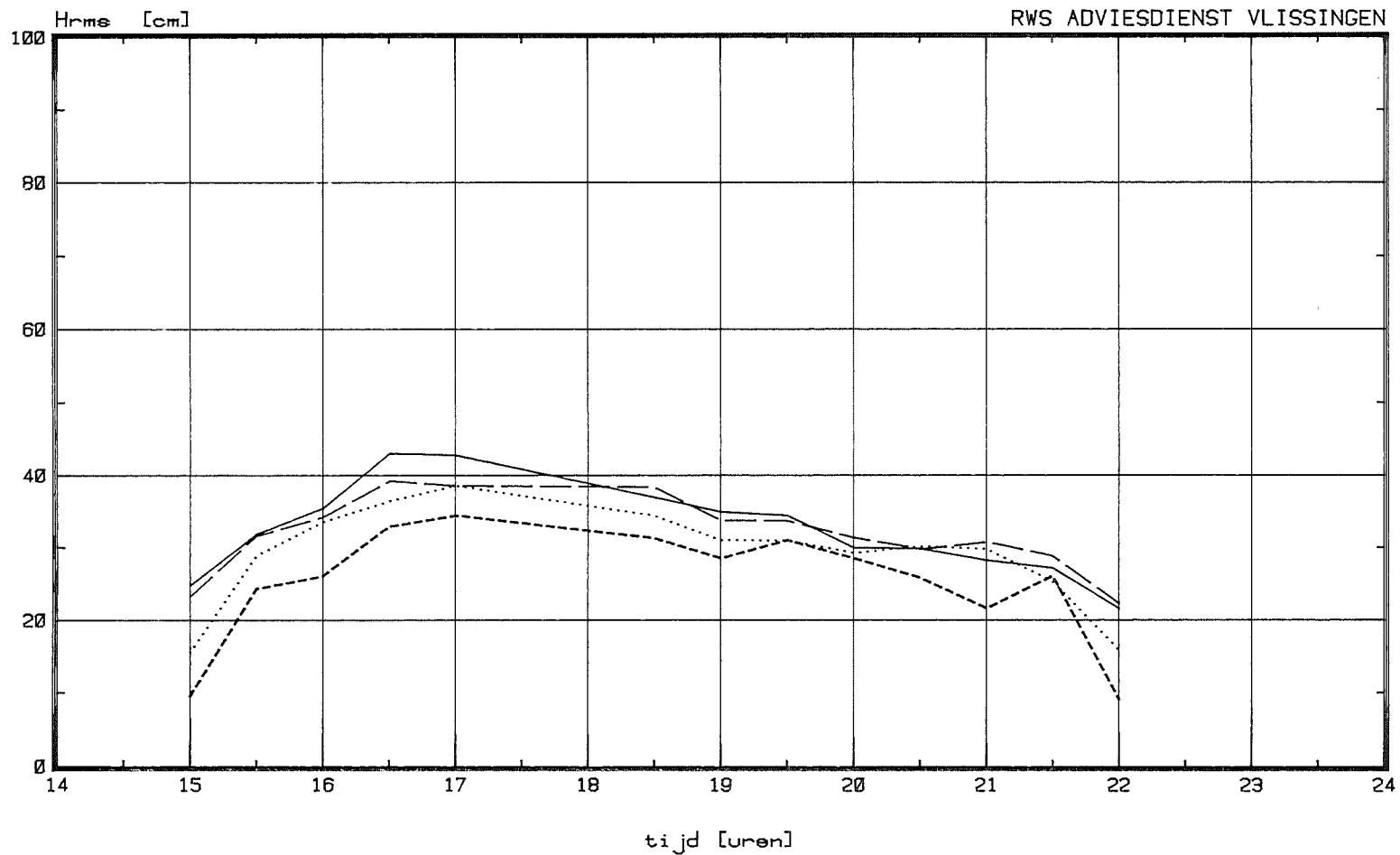
Meting 28/03/85 raai 3 colnbr. 1-4

Colnbrook 1

Colnbrook 2

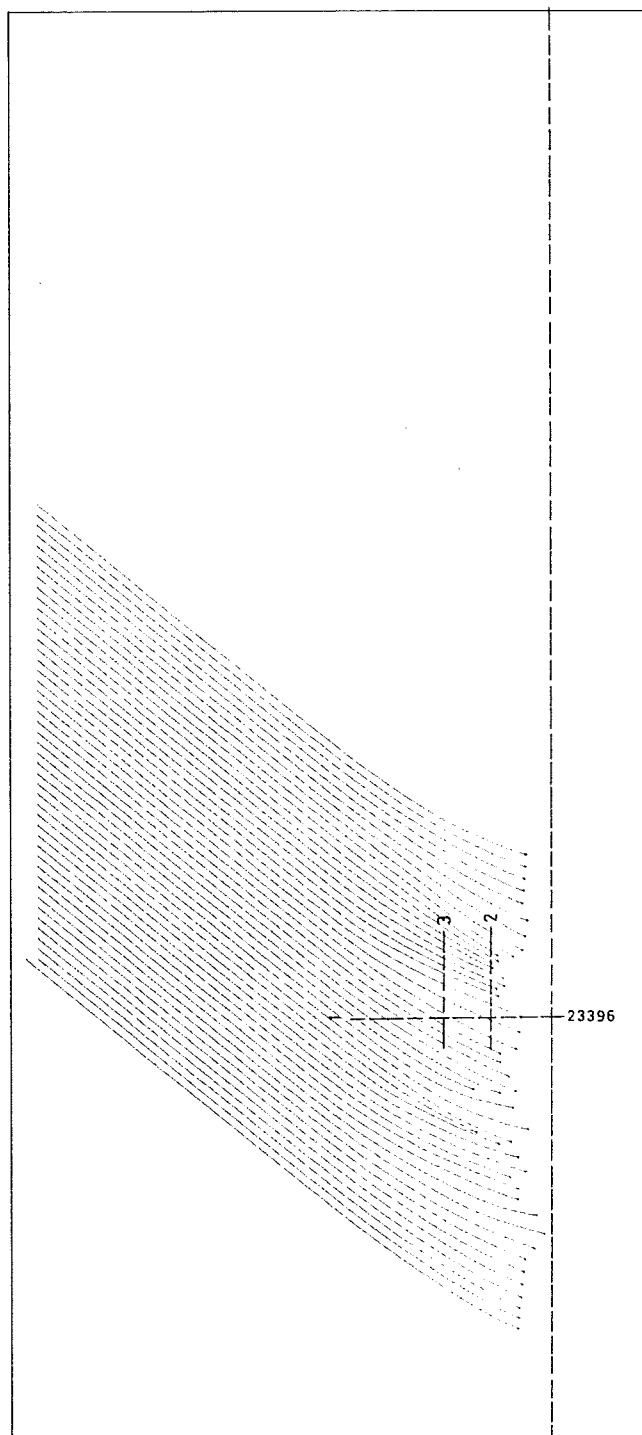
Colnbrook 3

Colnbrook 4



(DSC3000/GELHCPL/IDHC3 - 28/11/85)

Hydronic/P823

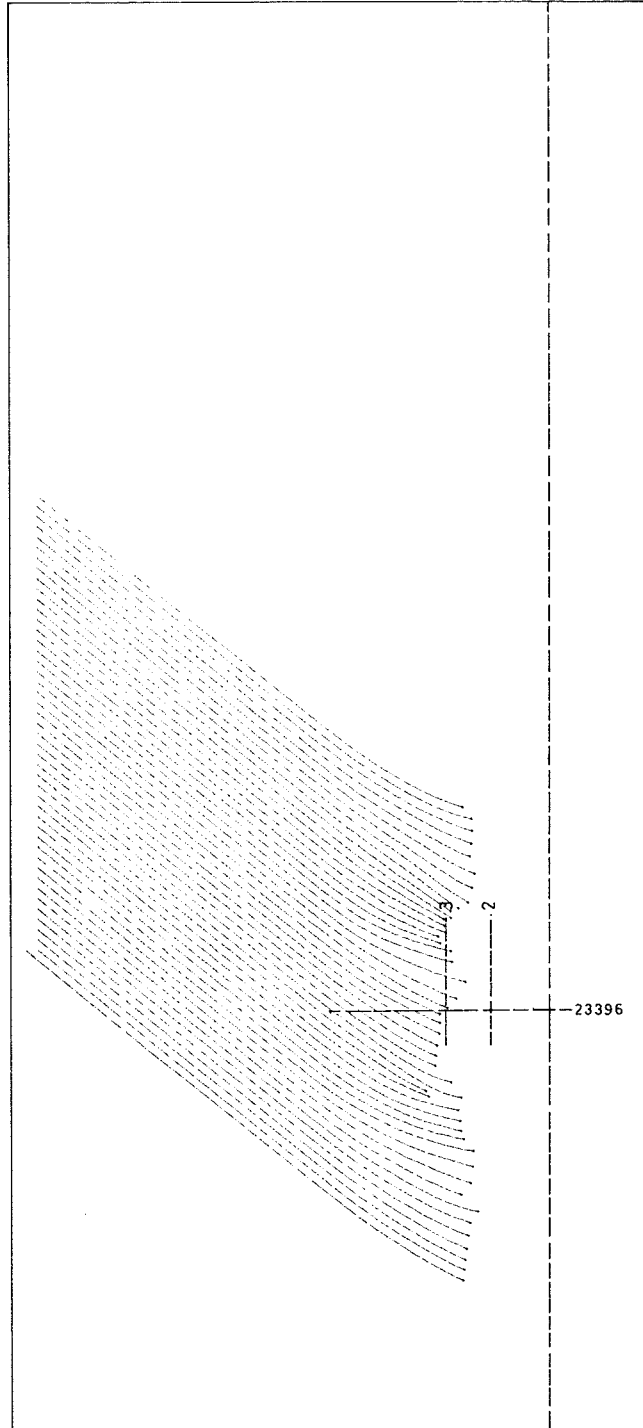


Wave Height : .700 [m]  
 Wave Period : 3.900 [s]  
 Water Elevation : 1.800 [m+CD]

Length Scale : 1 : 4000  
 File Name : RAY810

FIGUUR 32: REFRACTIEPATROON BIJ HOGE WATERSTAND





Wave Height : .700 [m]  
 Wave Period : 3.900 [s]  
 Water Elevation : .400 [m+CD]

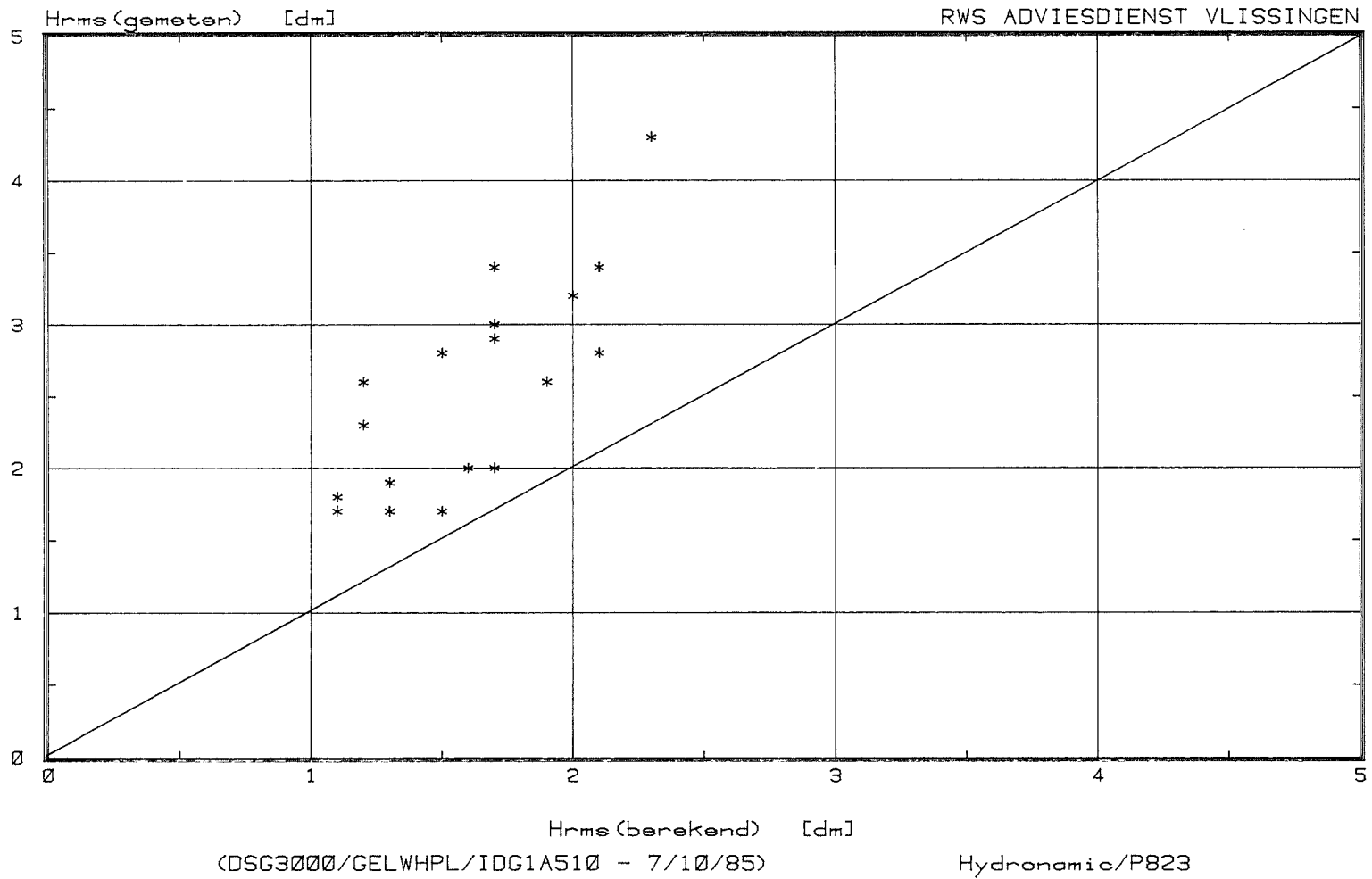
Length Scale : 1 : 4000  
 File Name : RAY810B

FIGUUR 33: REFRACTIEPATROON BIJ GEMIDDELDE WATERSTAND

FIGUR 34

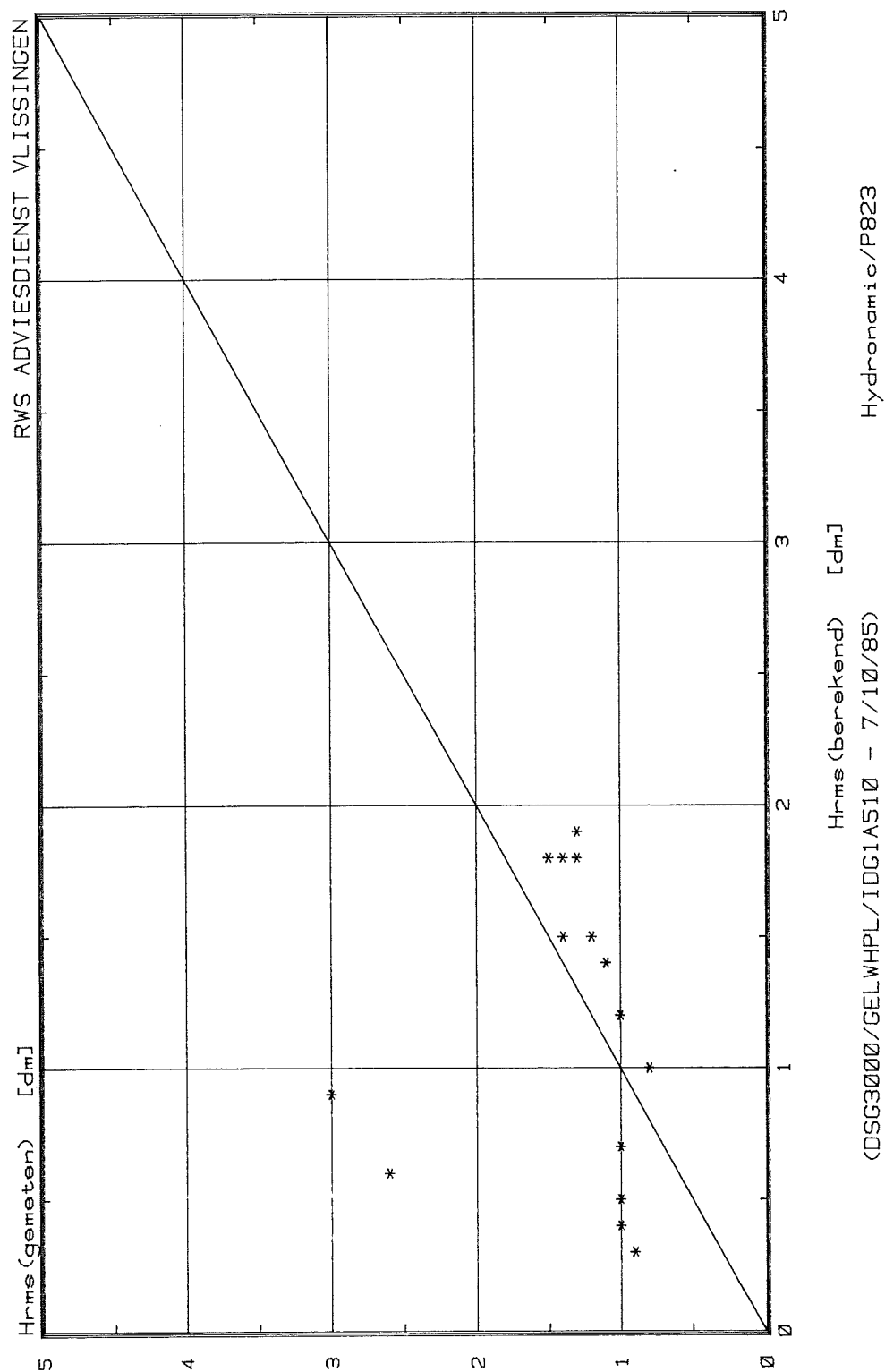
Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

Meting 26/03/85 tijd 11:00-20:00 raai 1 colnbr. 1



# Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

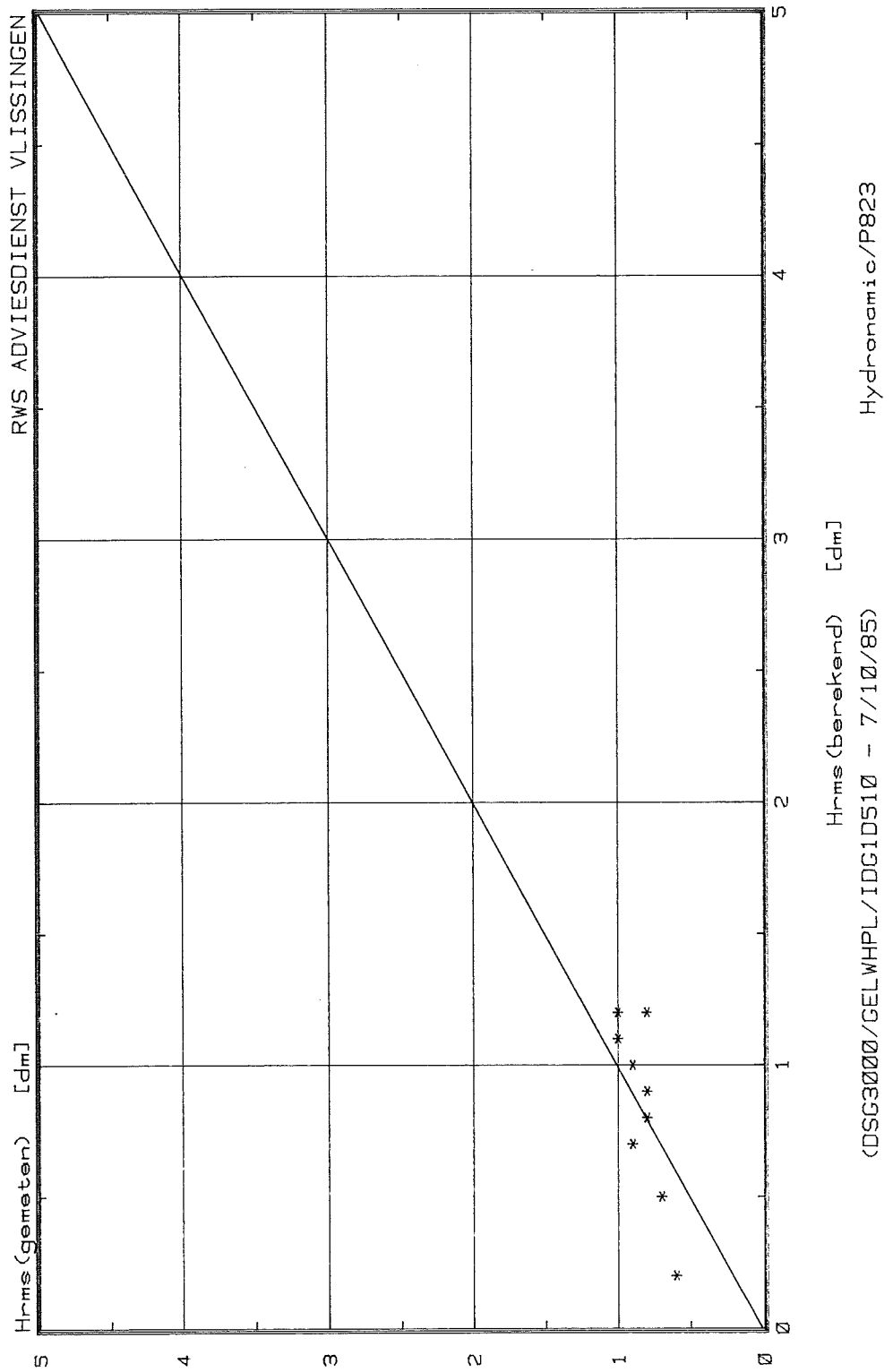
Meting 26/03/85 tijd 11:00-20:00 raai 1 colnbr. 2



FIGUUR 35

Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

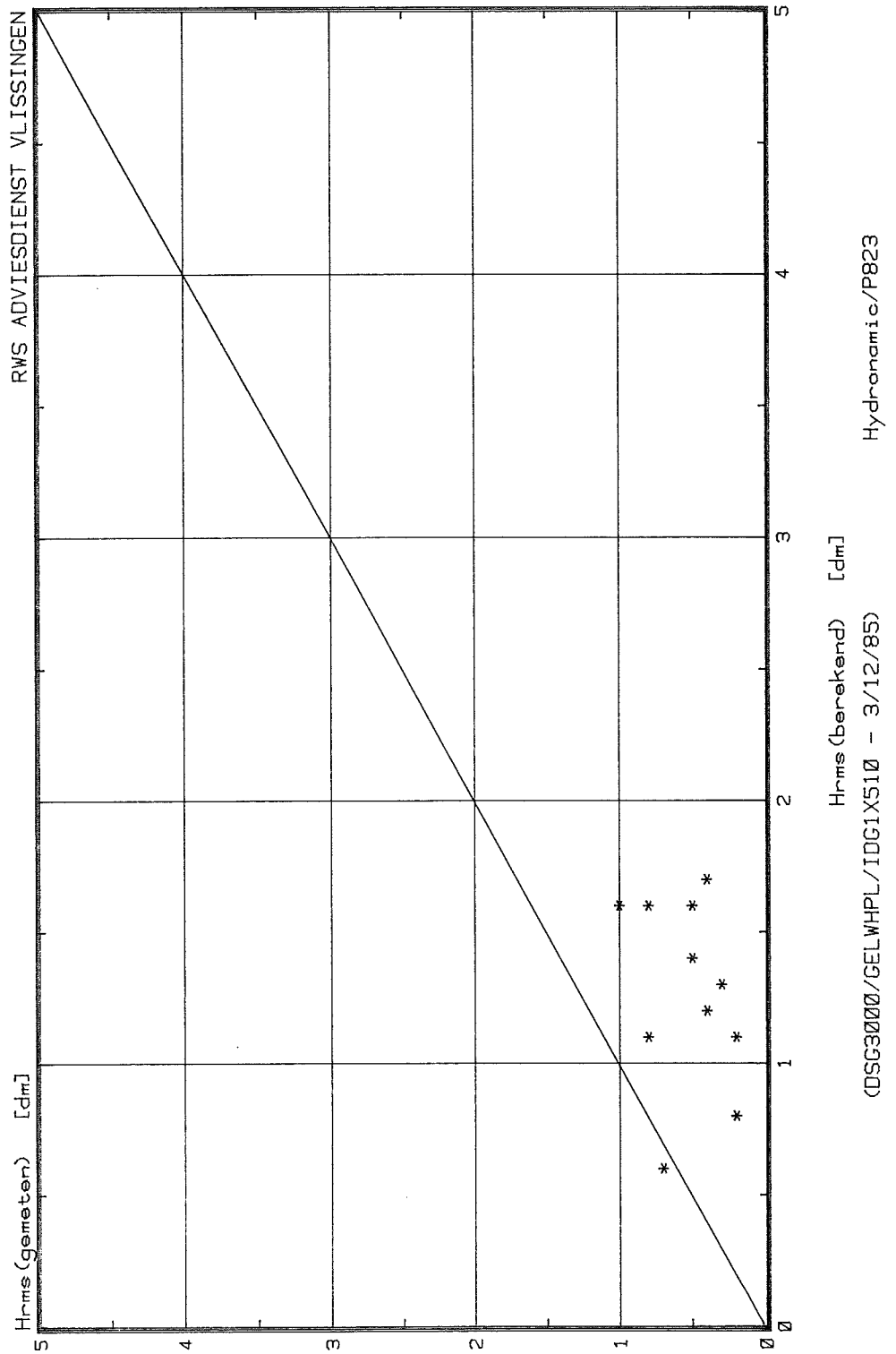
Meting 26/03/85 tijd 15:30-19:30 raai 1 colnbr. 3



FIGUUR 36

Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

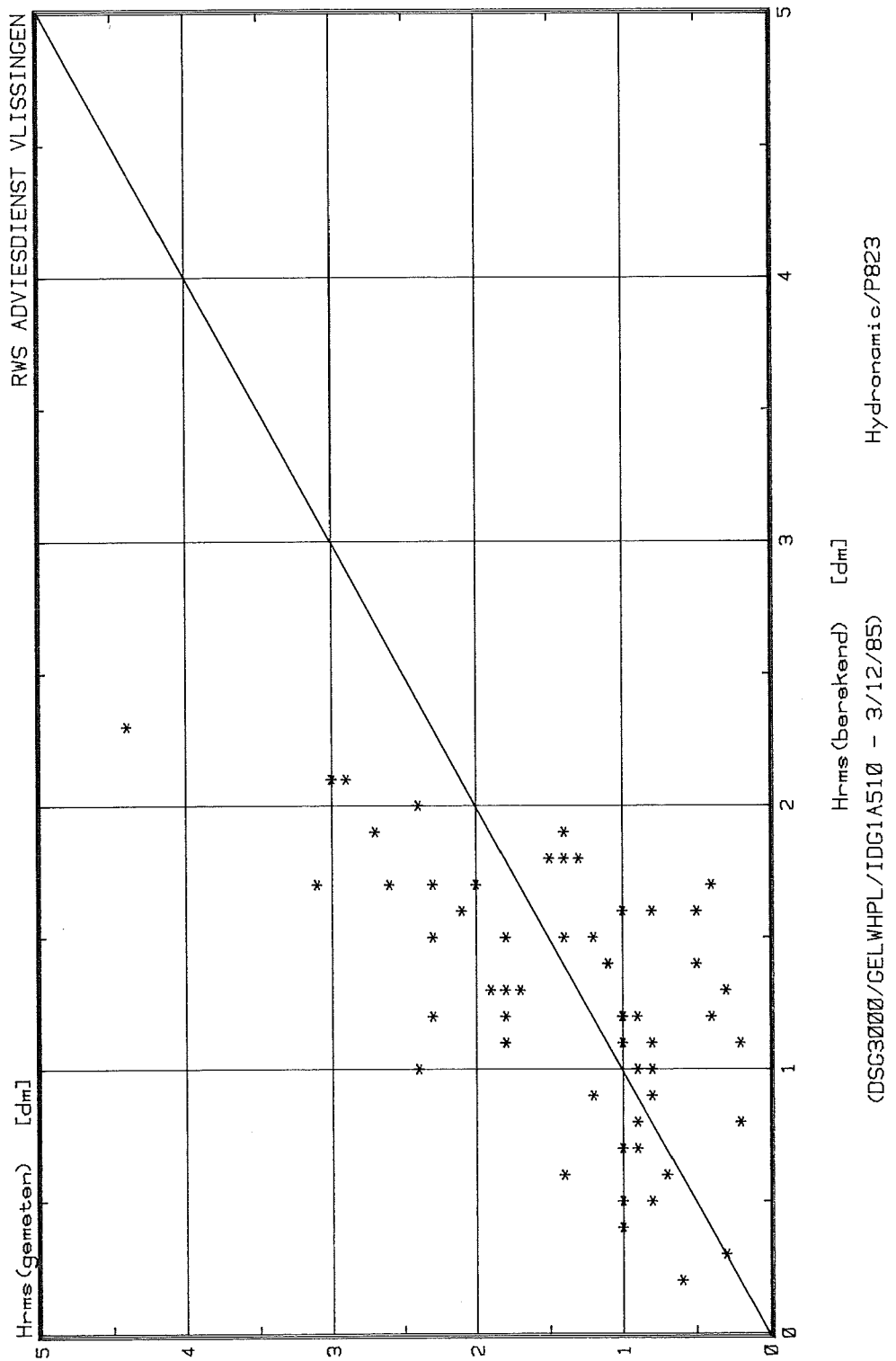
Meting 26/03/85 tijd 14:30-20:00 raai 1 colnbr. 4



FIGUUR 37

Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

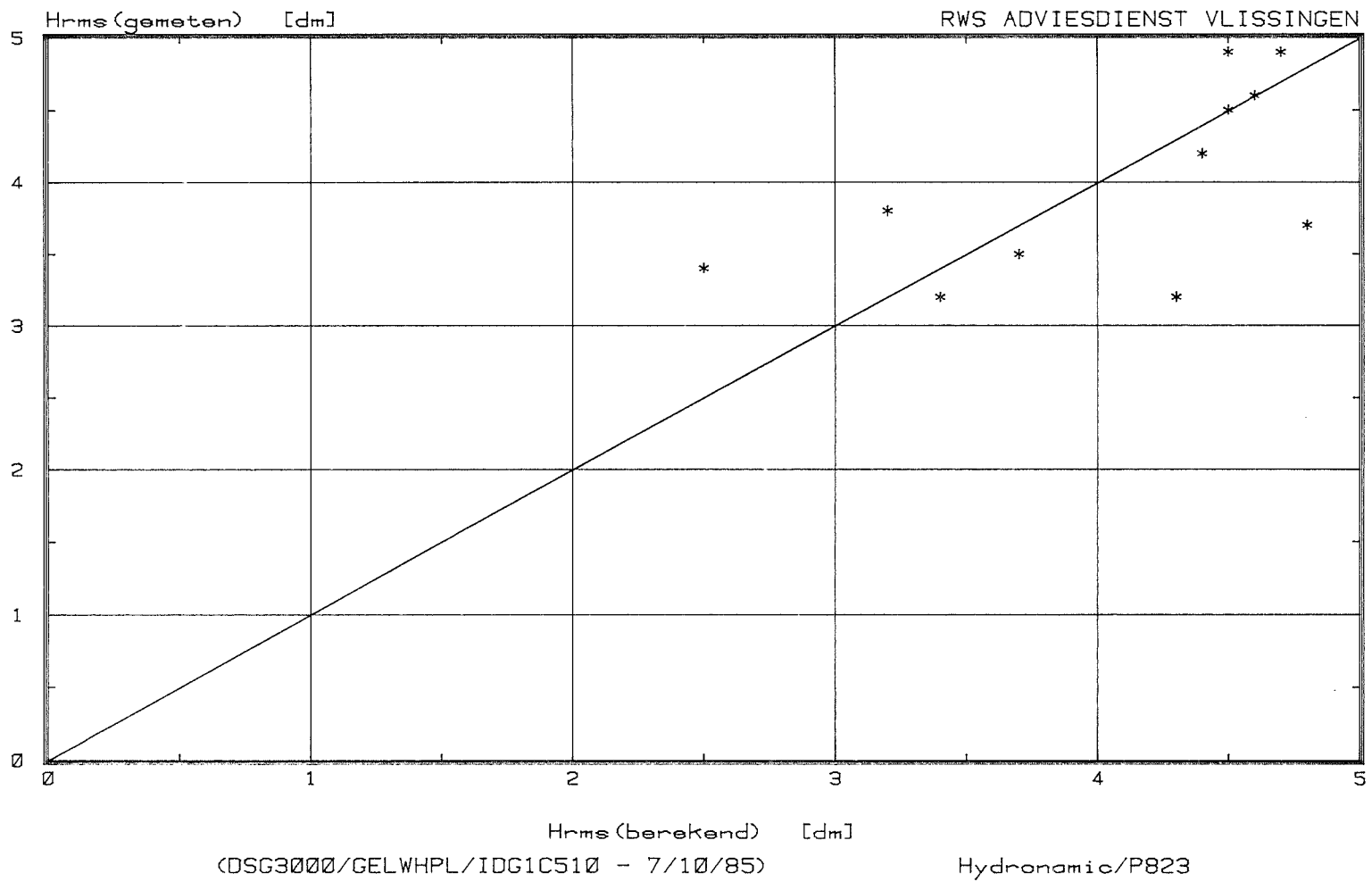
Meting 26/03/85 tijd 11:00-20:00 raai 1 colnbr. 1-4



FIGUUR 38

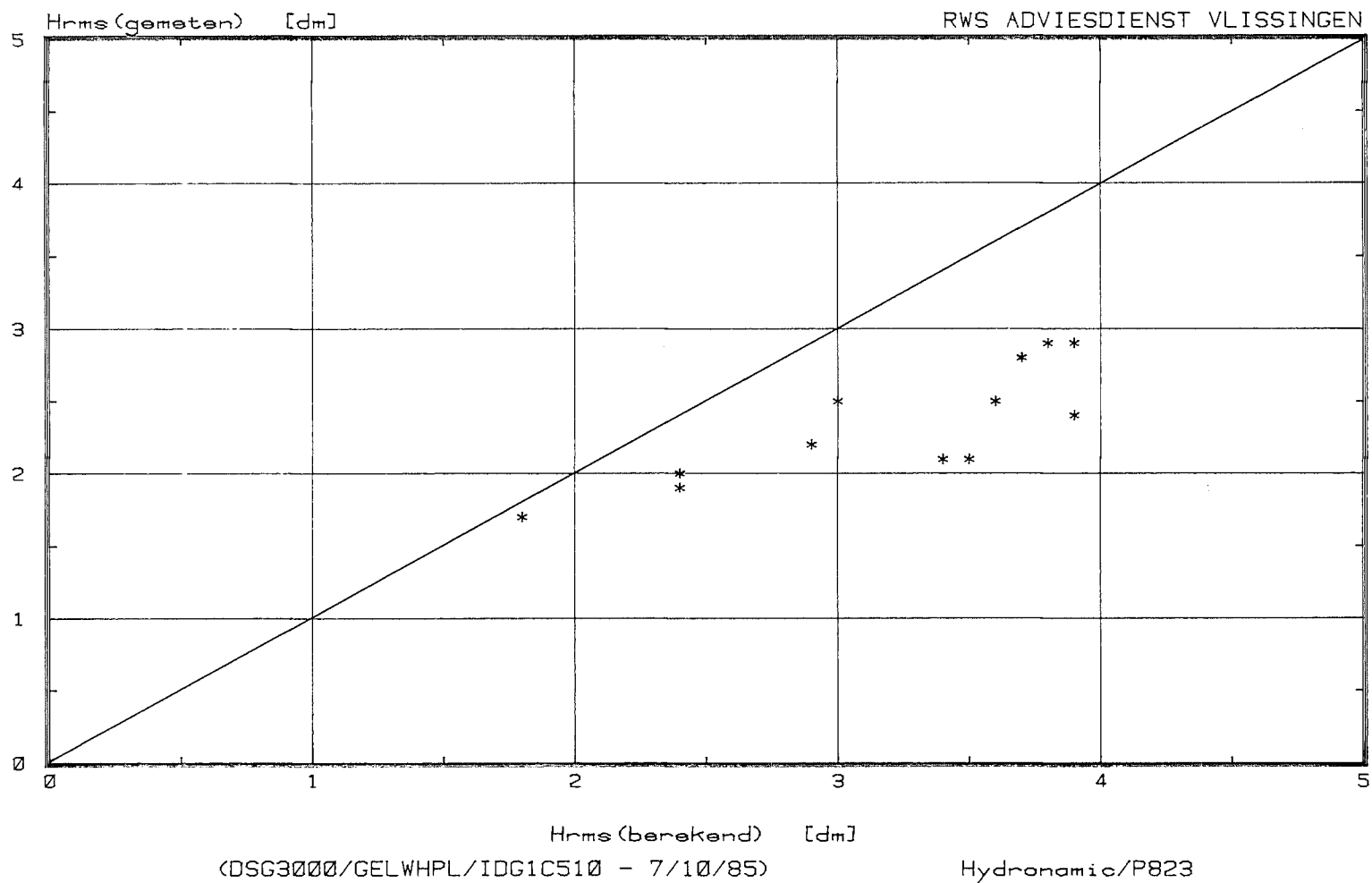
Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

Meting 27/03/85 tijd 15:00-21:00 raai 1 colnbr. 1



Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

Meting 27/03/85 tijd 15:00-21:00 raai 1 colnbr. 2

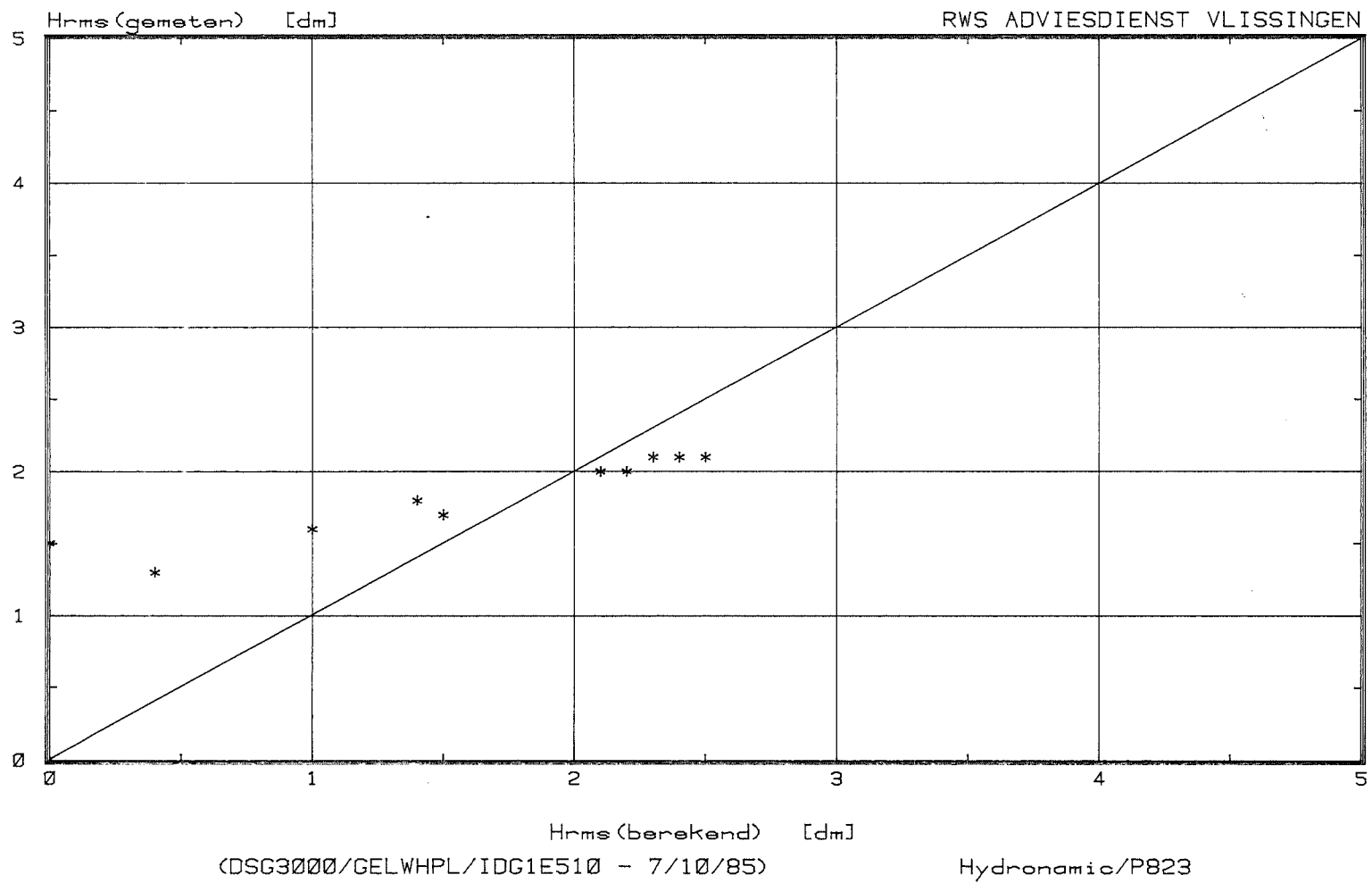




FIGUUR 41

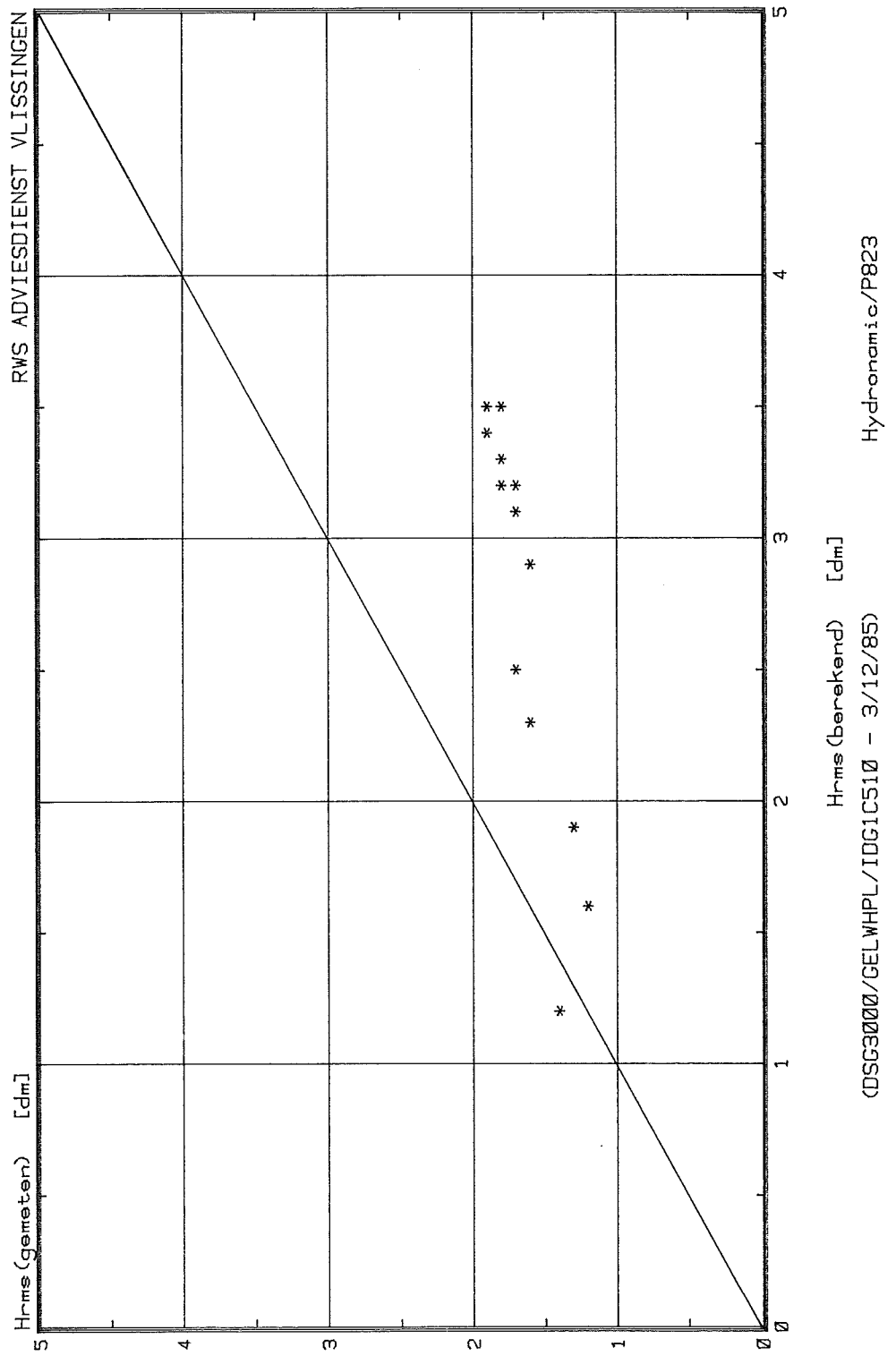
# Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

Meting 27/03/85 tijd 15:30-20:30 raai 1 colnbr. 3



# Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

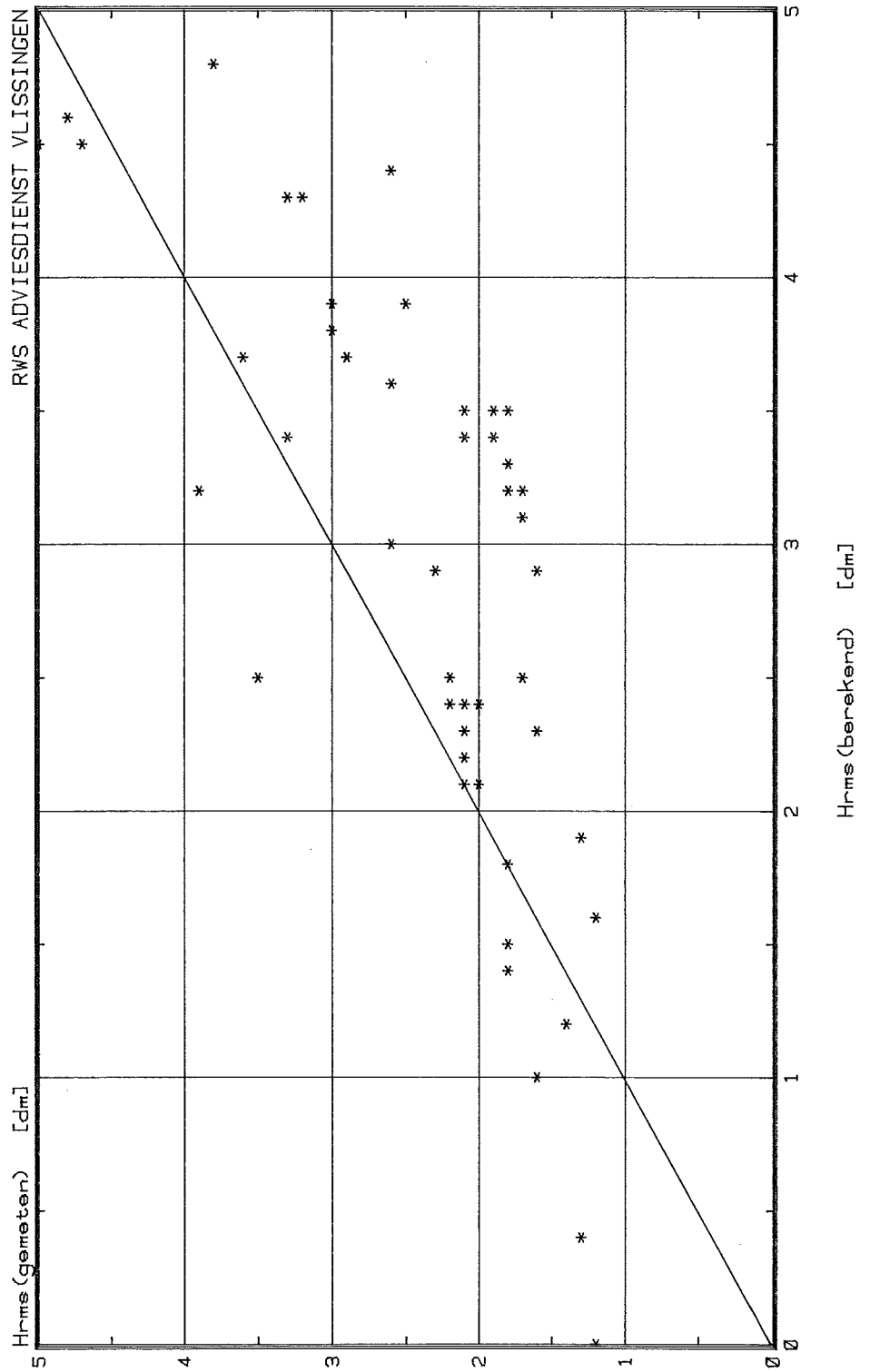
Meting 27/03/85 tijd 15:00-21:00 rooi 1 colnbr. 4



FIGUUR 42

# Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

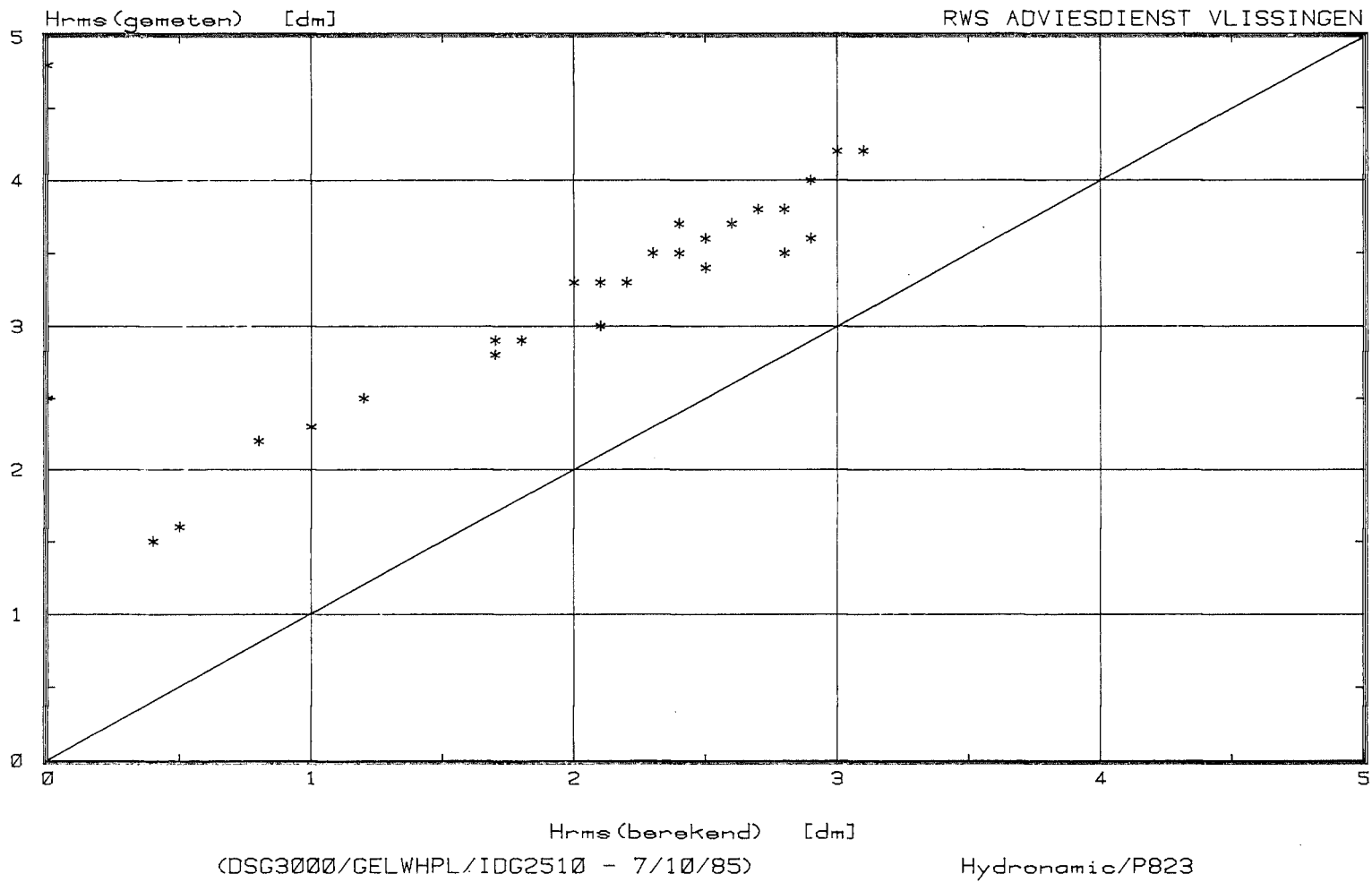
Meting 27/03/85 tijd 15:00-21:00 raai 1 colnbr. 1-4



FIGUUR 43

Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

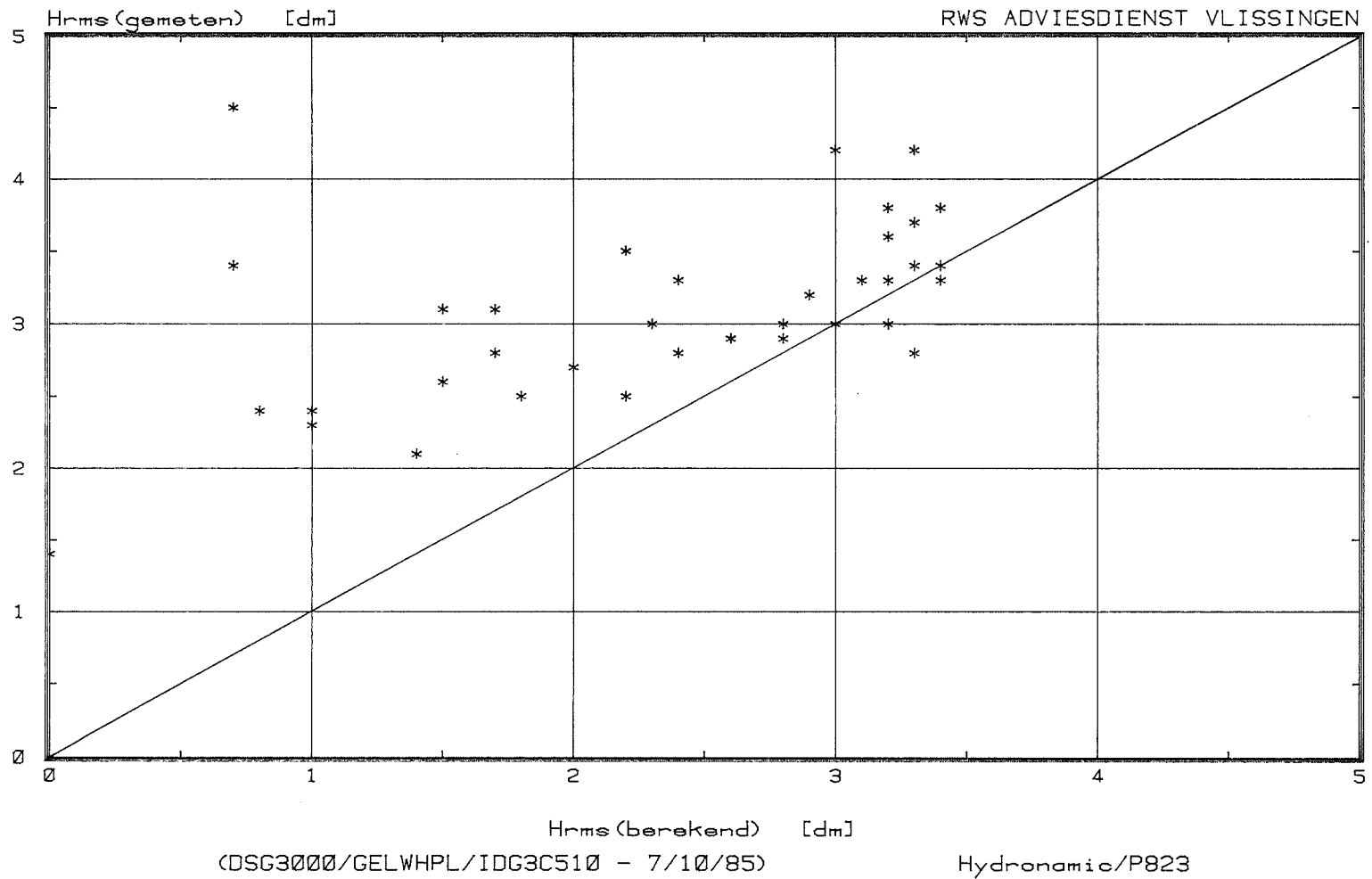
Meting 28/03/85 tijd 4:30- 8:30 raai2. colnbr. 1-4



FIGUUR 45

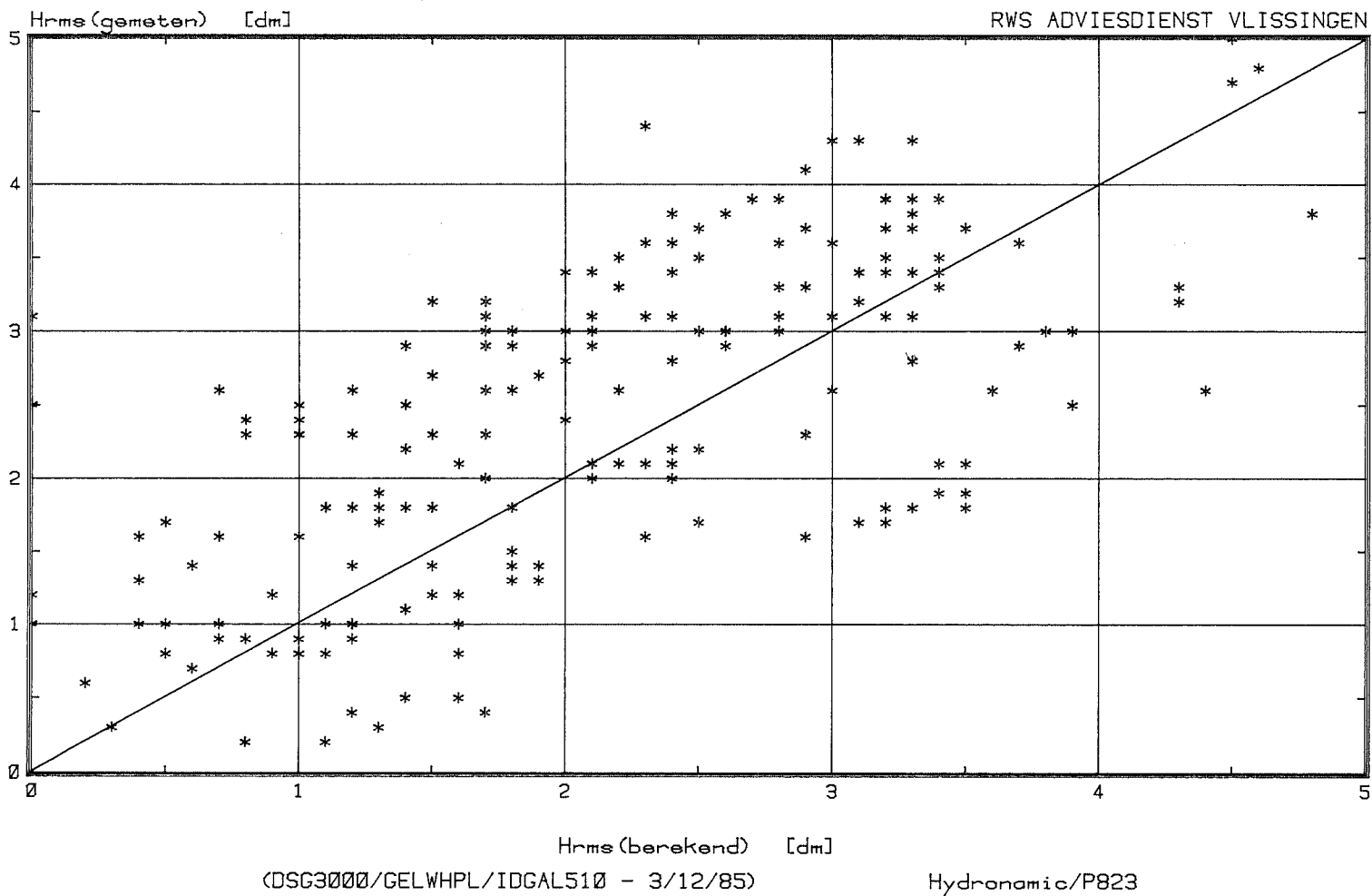
### Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

Meting 28/03/85 tijd 15:00-21:30 raai 3 colnbr. 1-4



Vergelijking berekende en gemeten golfhoogten

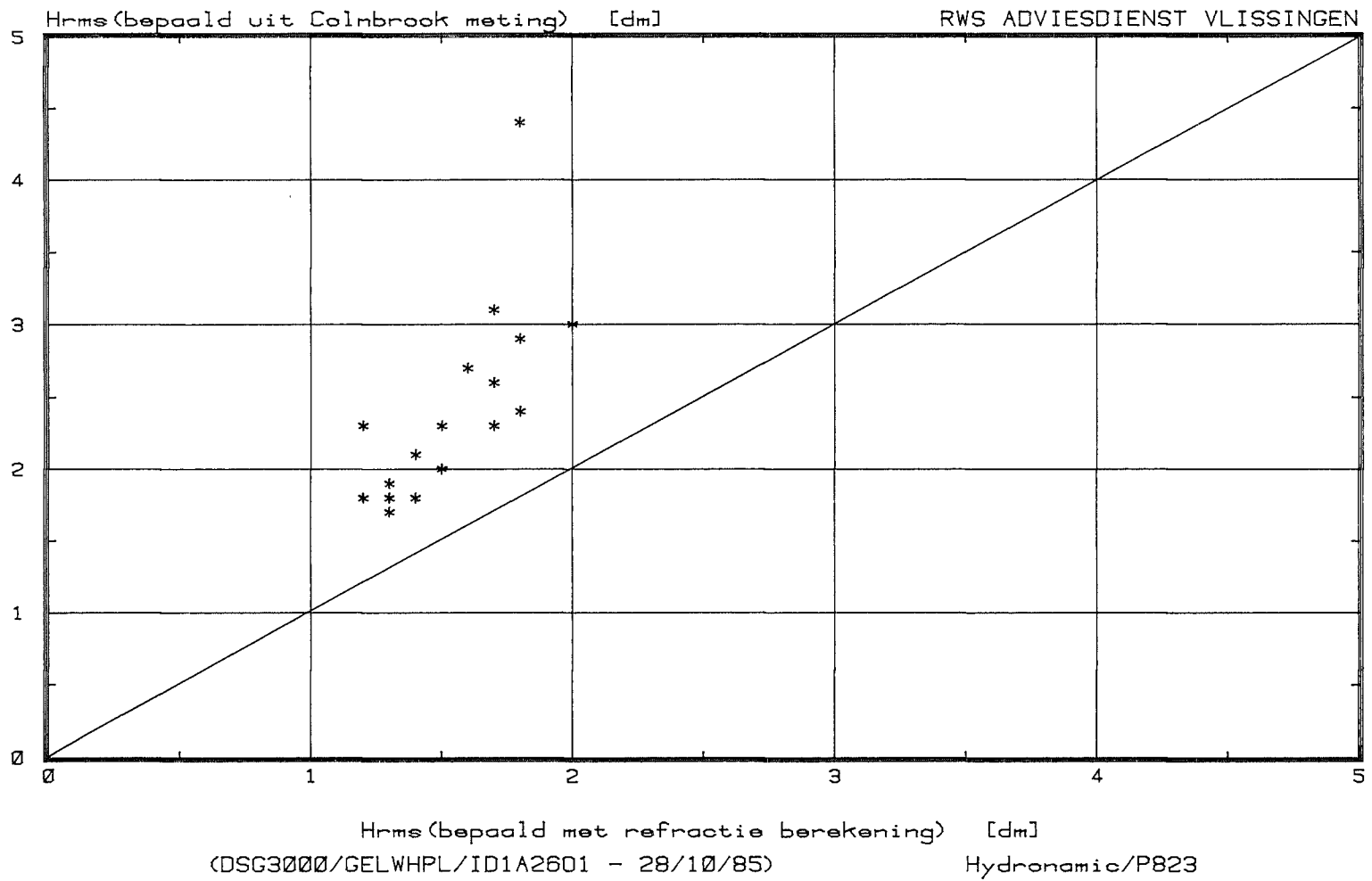
Meting 26/03/85 - 28/03/85 raai 1-3 colnbr. 1-4



FIGUR 47

### Vergelijking golfhoogten

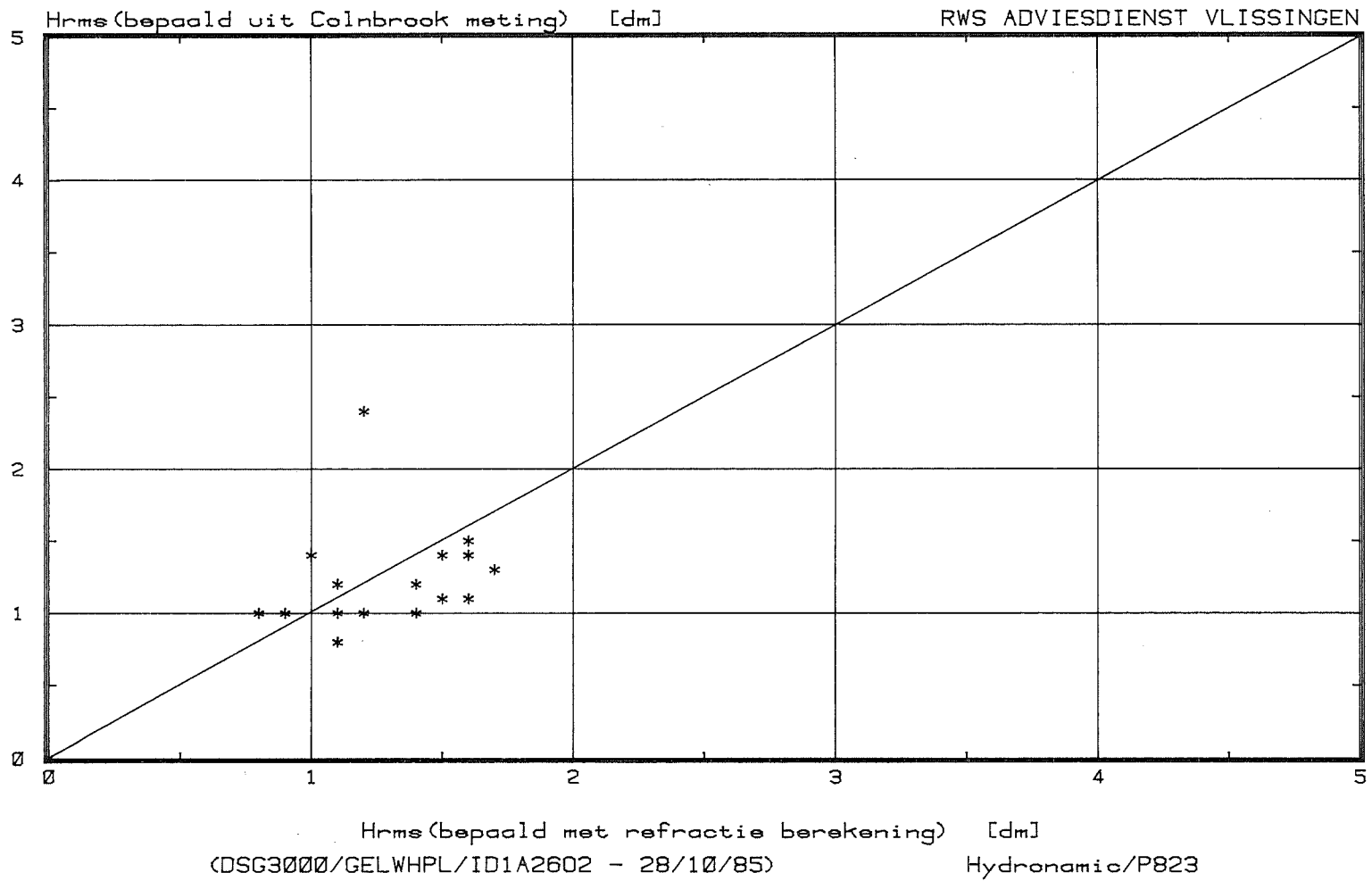
Meting 26/03/85 tijd 11:00-20:00 raai 1 colnbr. 1



FIGUUR 48

### Vergelijking golfhoogten

Meting 26/03/85 tijd 11:30-20:00 raai 1 colnbr. 2

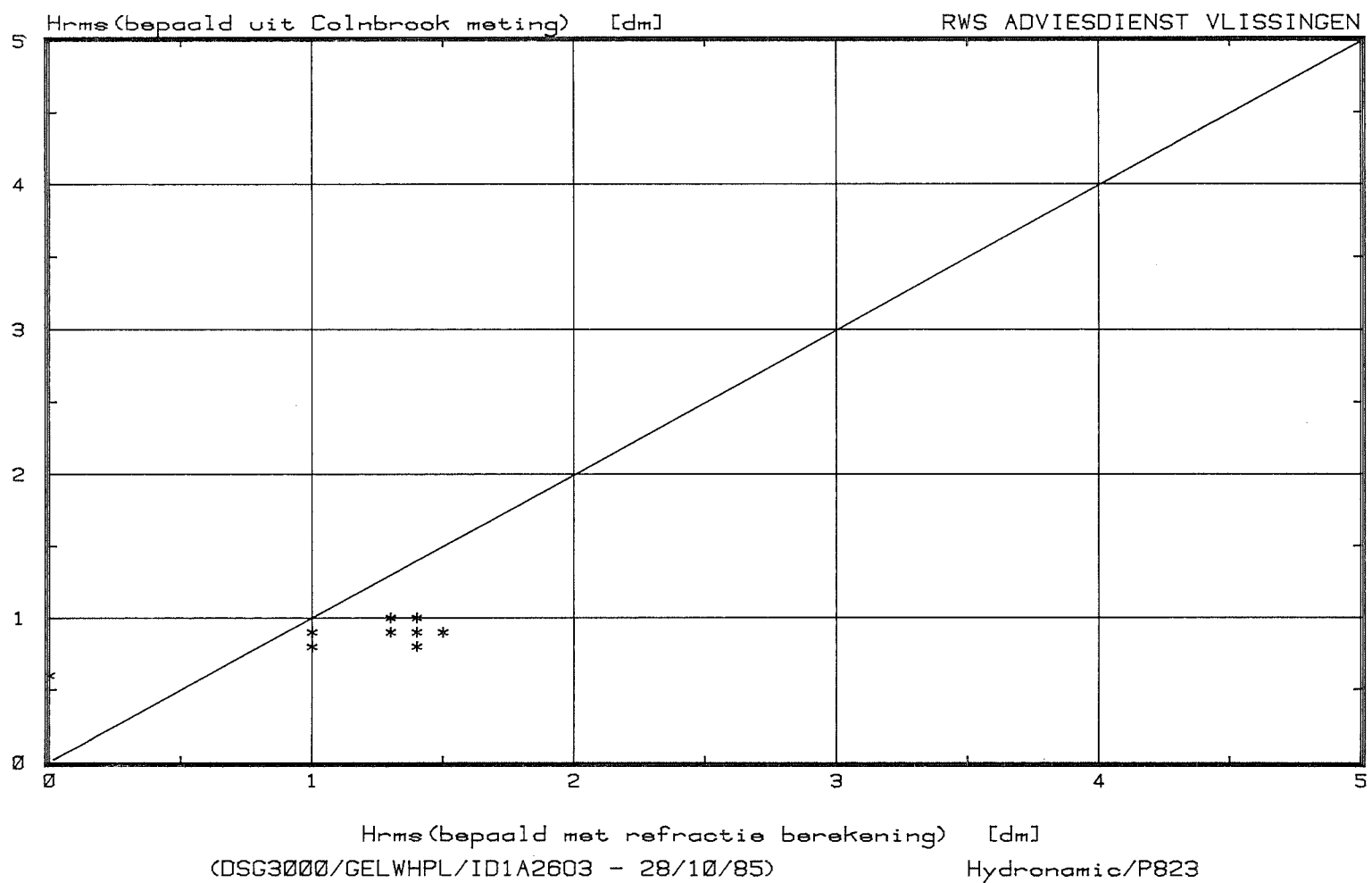




FIGUUR 49

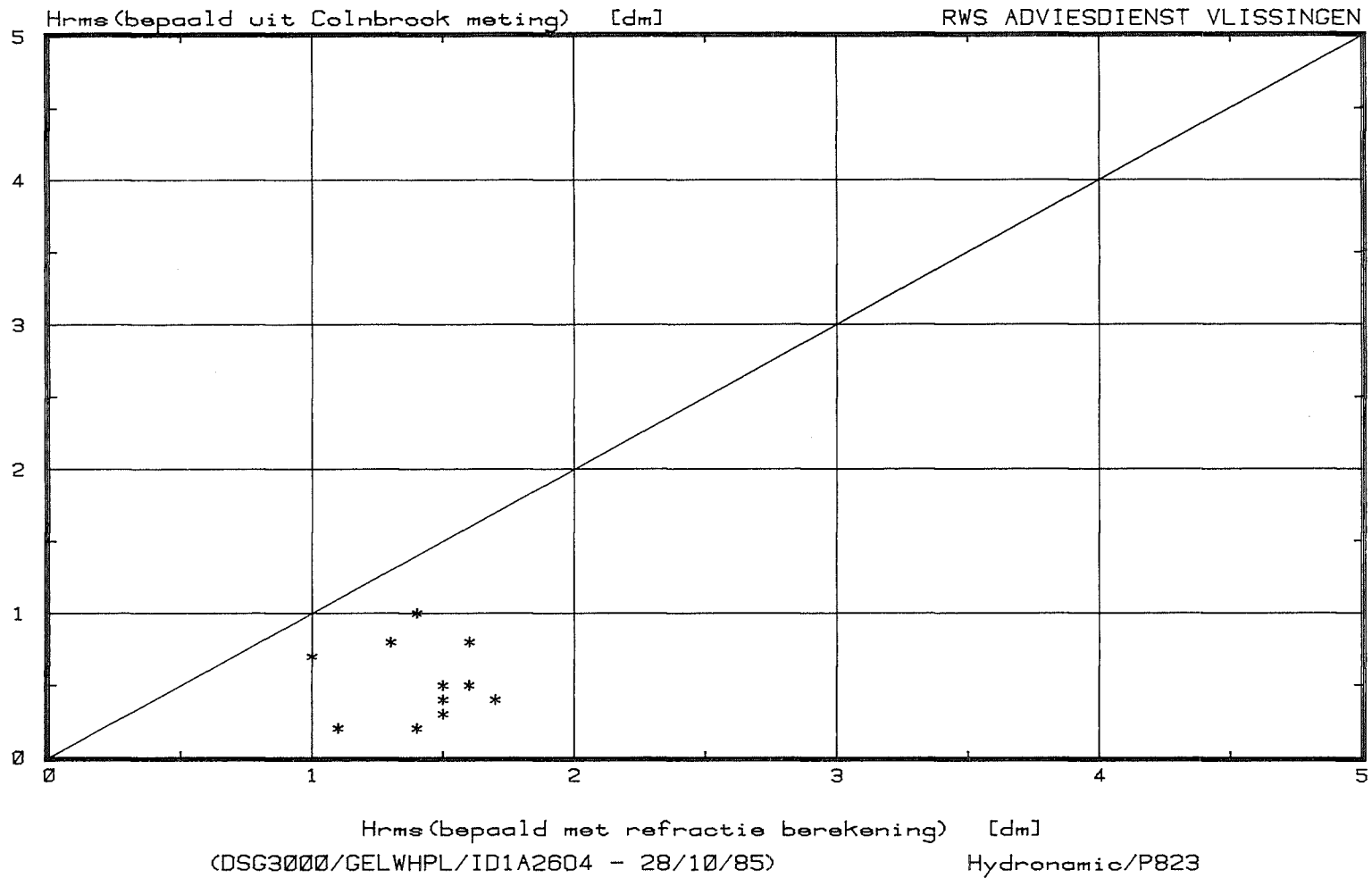
### Vergelijking golfhoogten

Meting 26/03/85 tijd 15:30-19:30 raai 1 colnbr. 3



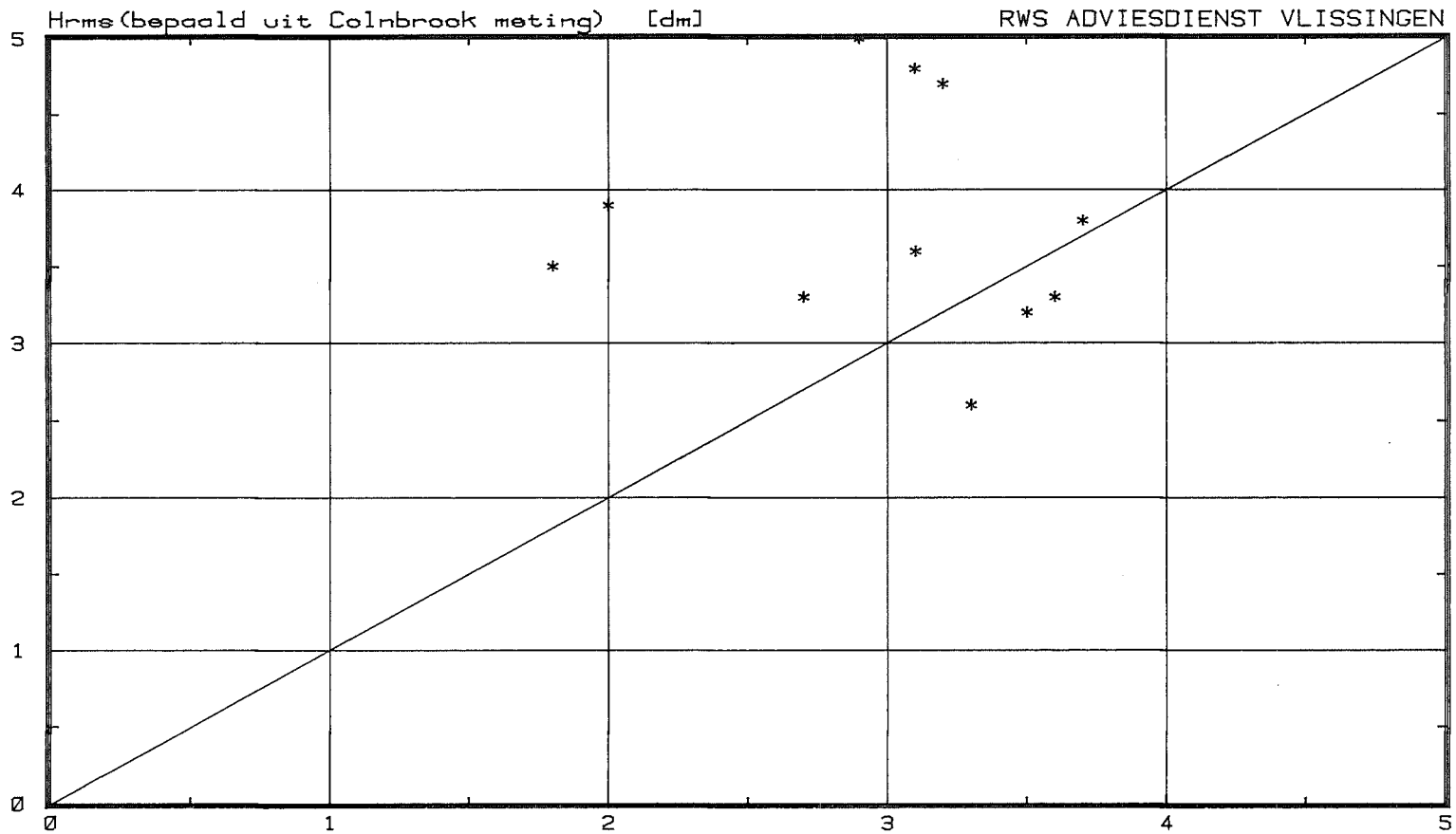
Vergelijking golfhoogten

Meting 26/03/85 tijd 14:30-20:00 raai 1 colnbr. 4



Vergelijking golfhoogten

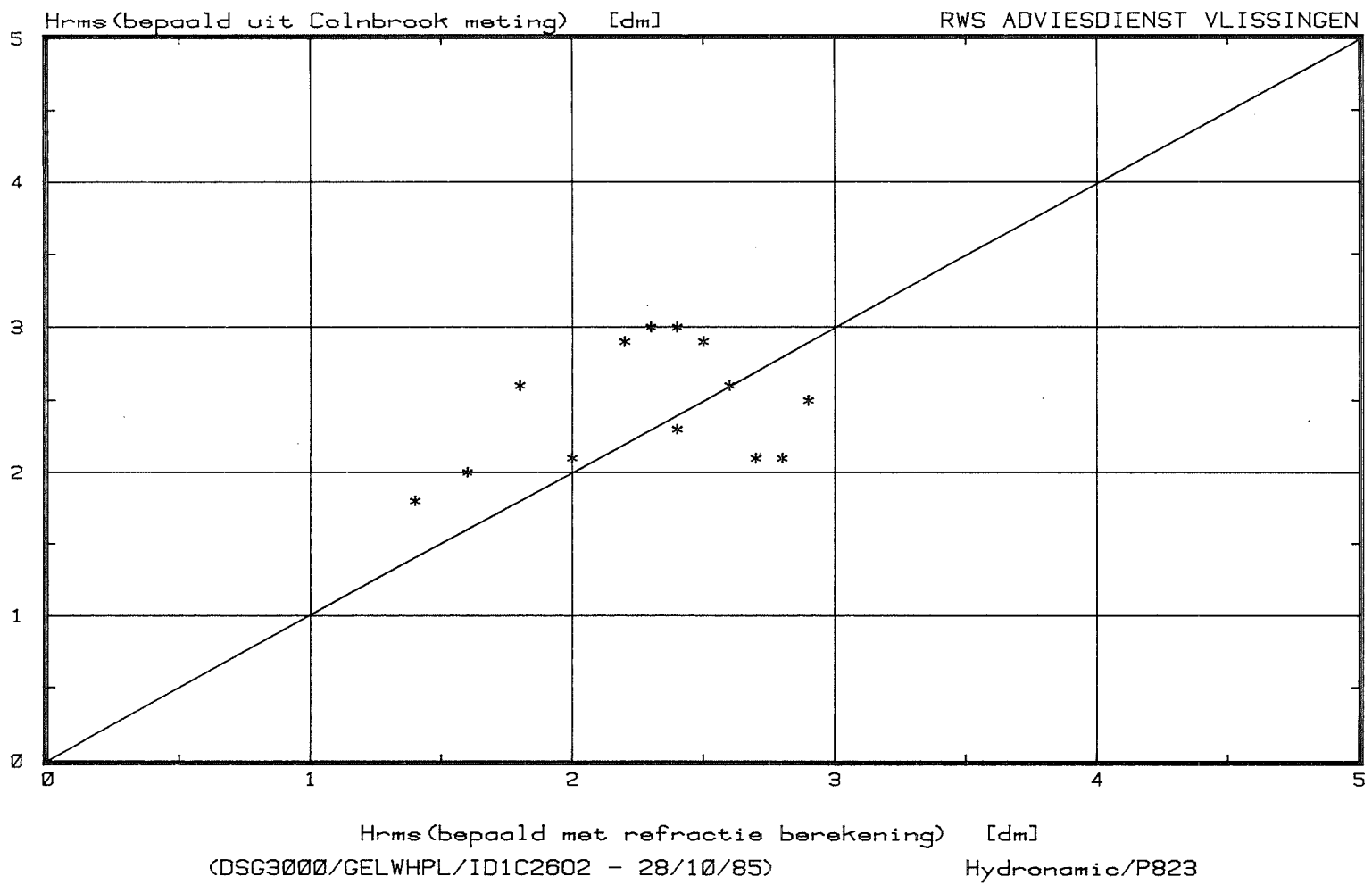
Meting 27/03/85 tijd 15:00-21:00 raai 1 colnbr. 1



Hrms (bepaald met refractie berekening) [dm]  
 (DSG3000/GELWHPL/ID1C2601 - 28/10/85) Hydronamic/P823

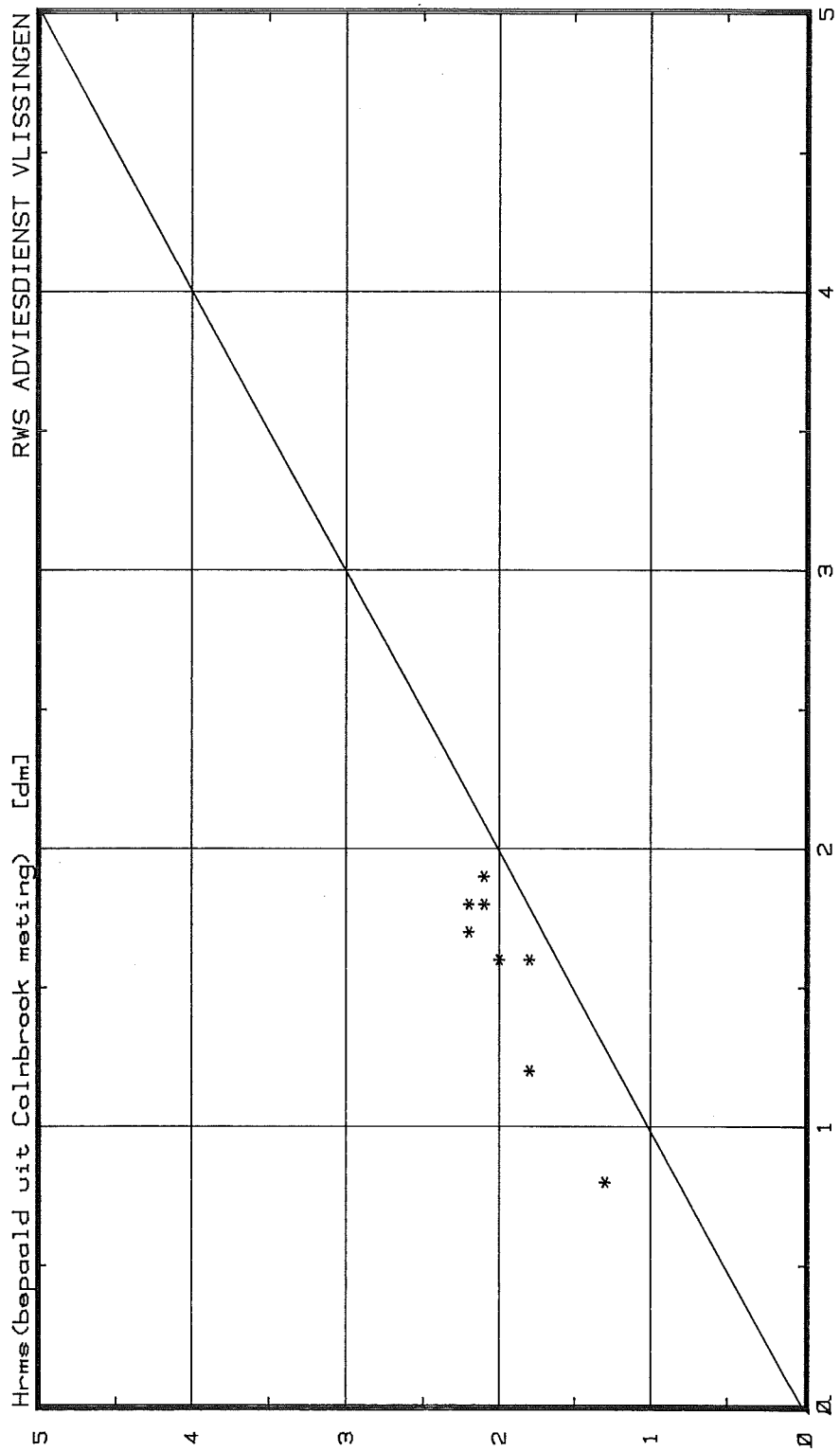
Vergelijking golfhoogten

Meting 27/03/85 tijd 15:00-21:00 raai 1 colnbr. 2



# Vergelijking golfhoogten

Meting 27/03/85 tijd 15:30-20:30 raai 1 colnbr. 3

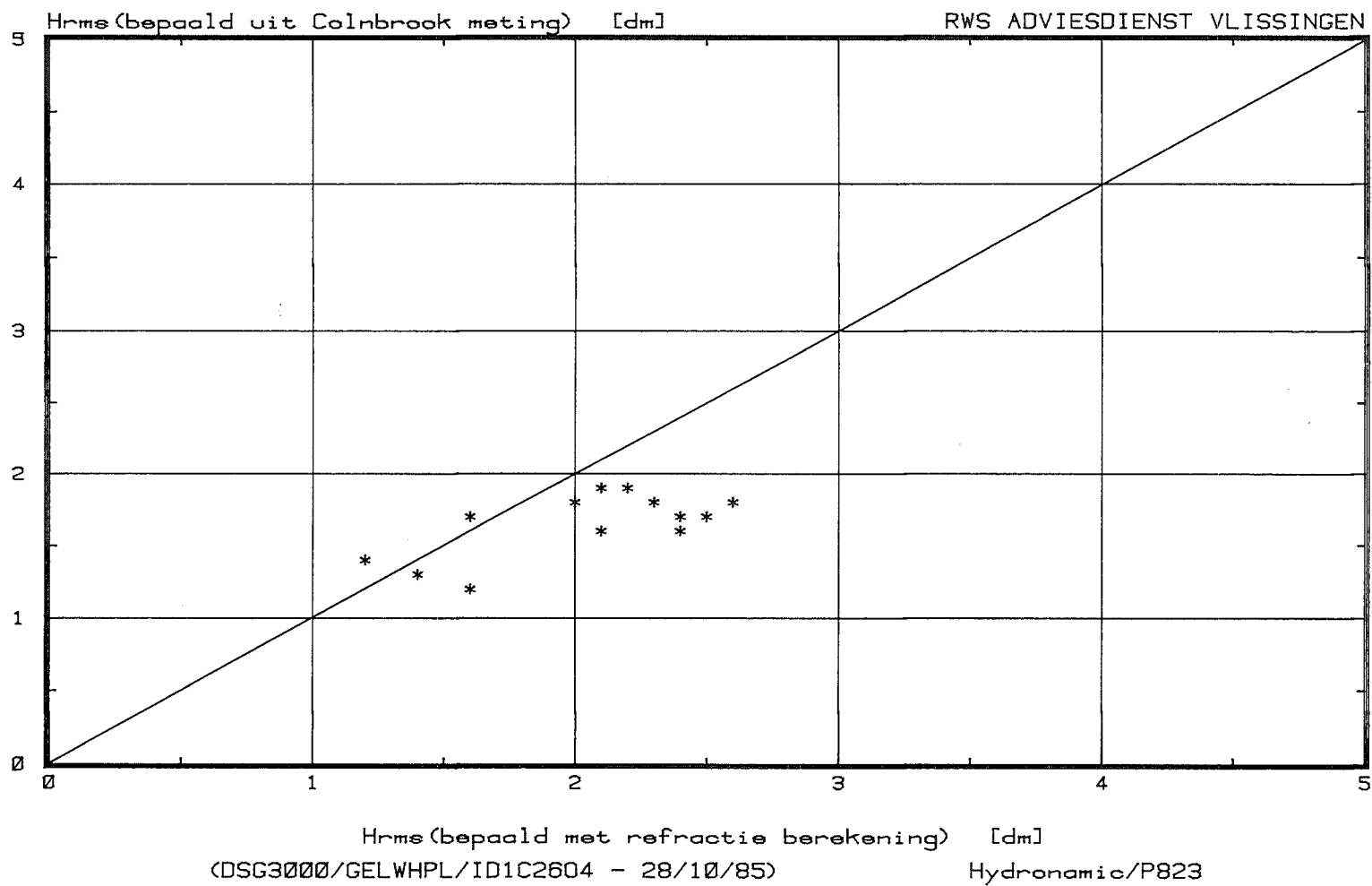


Hrms (bepaald met refractie berekening) [dm]  
Hydronic/P823  
ADSG3000/GELWHPL/ID1E2603 - 28/10/85

FIGUUR 53

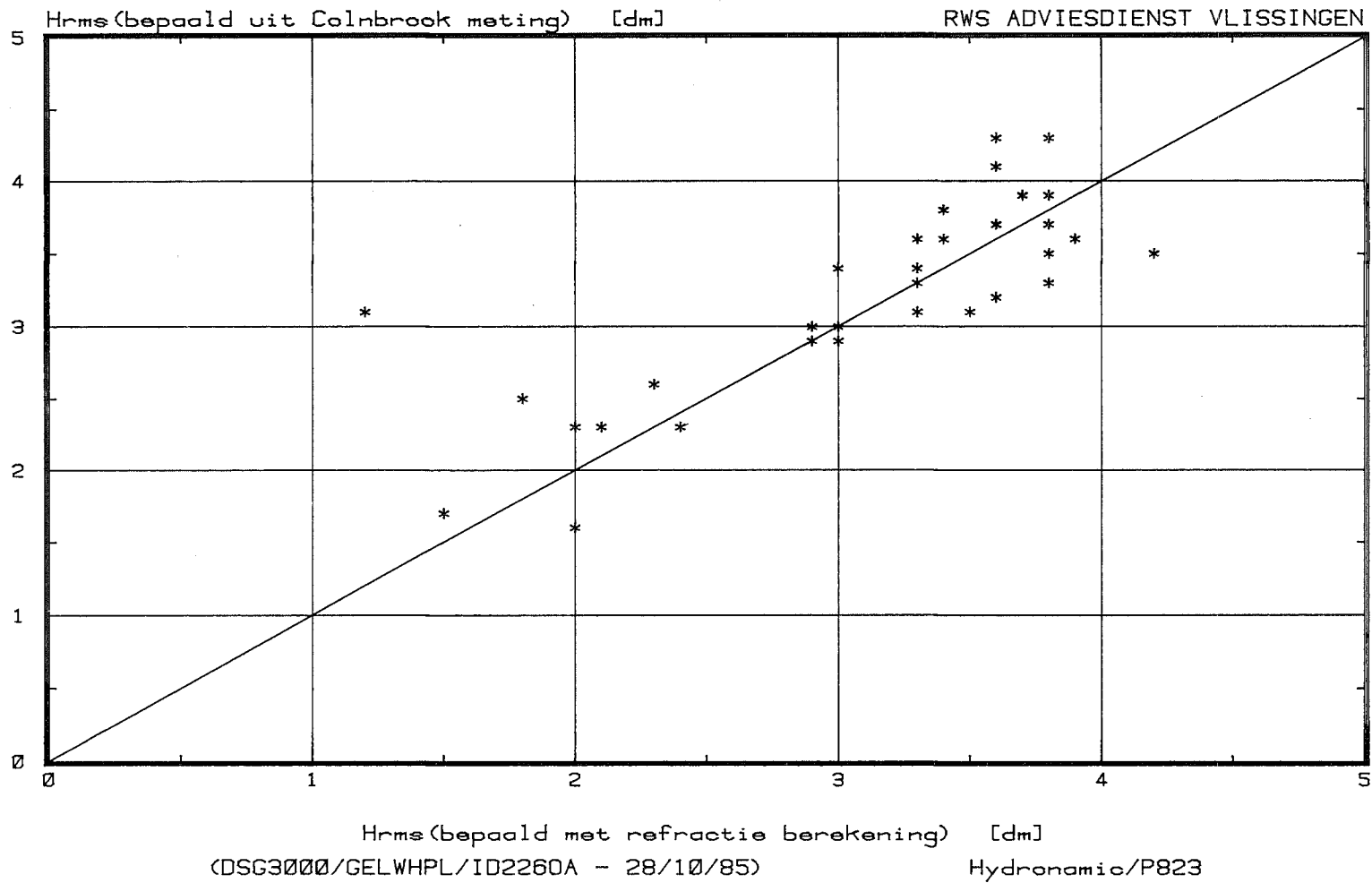
### Vergelijking golfhoogten

Meting 27/03/85 tijd 15:00-21:00 raai 1 colnbr. 4



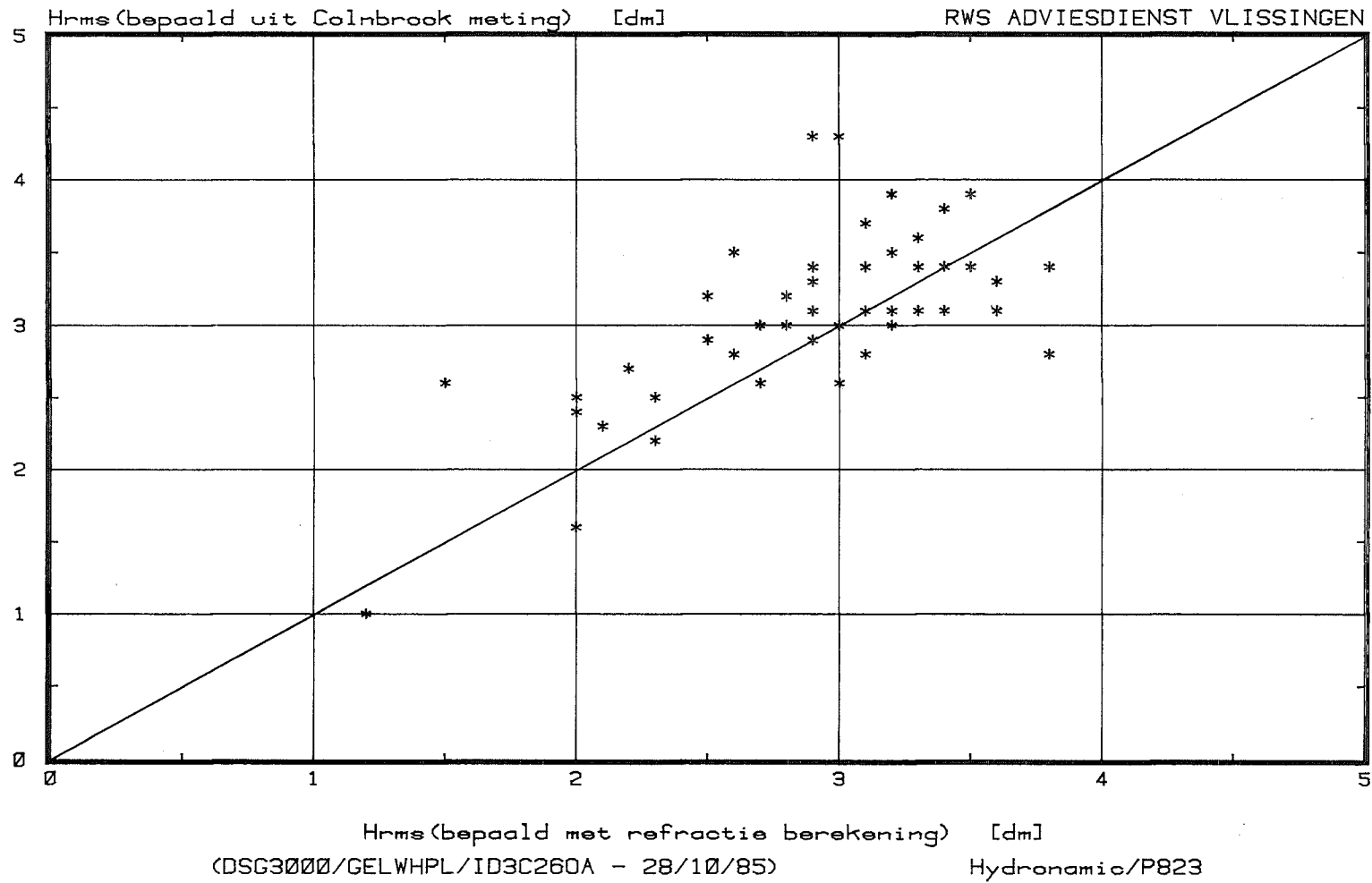
Vergelijking golfhoogten

Meting 28/03/85 tijd 4:30- 8:30 raai 2 colnbr. 1-4



### Vergelijking golfhoogten

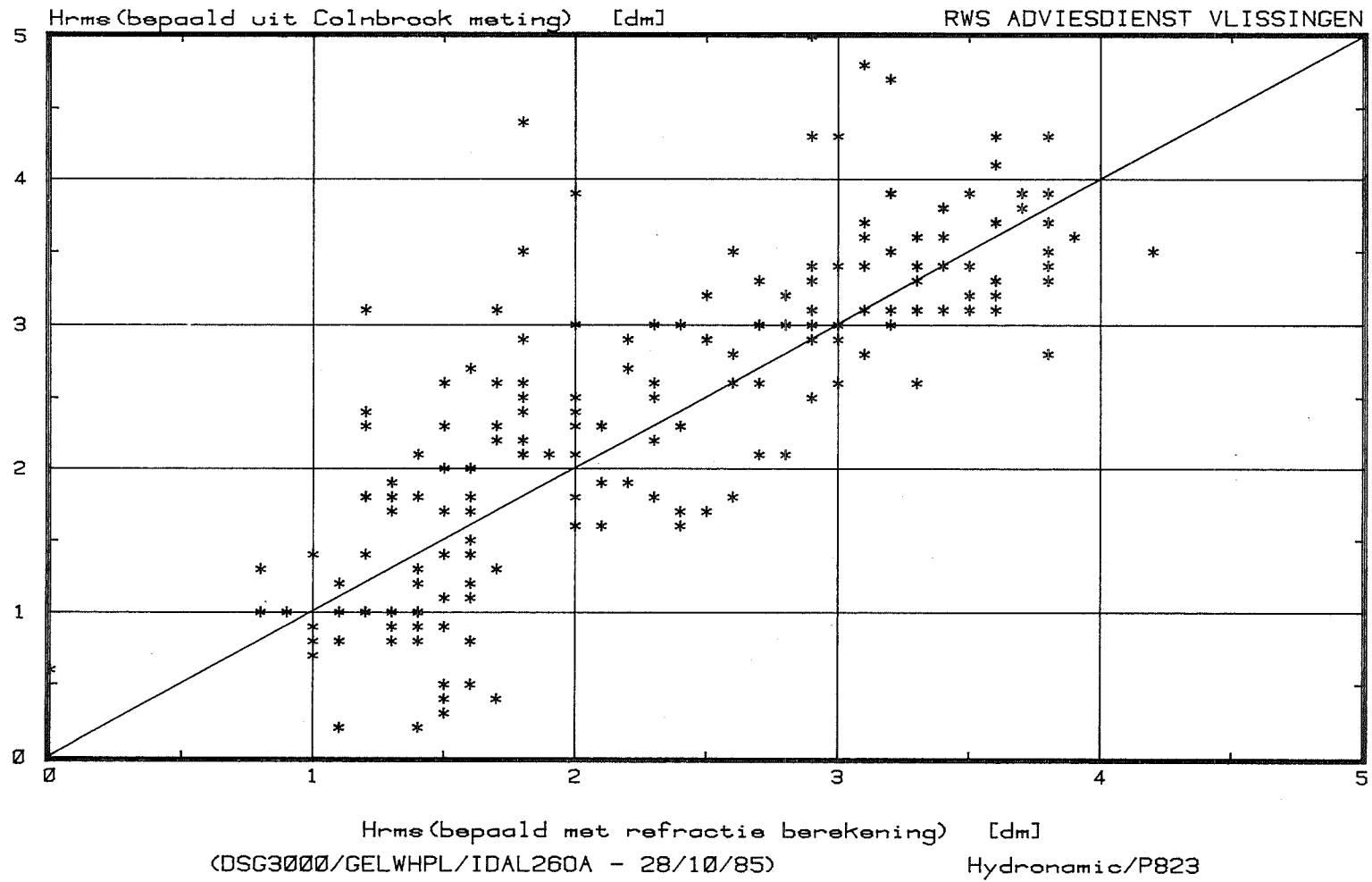
Meting 28/03/85 tijd 15:00-21:30 raai 3 colnbr. 1-4





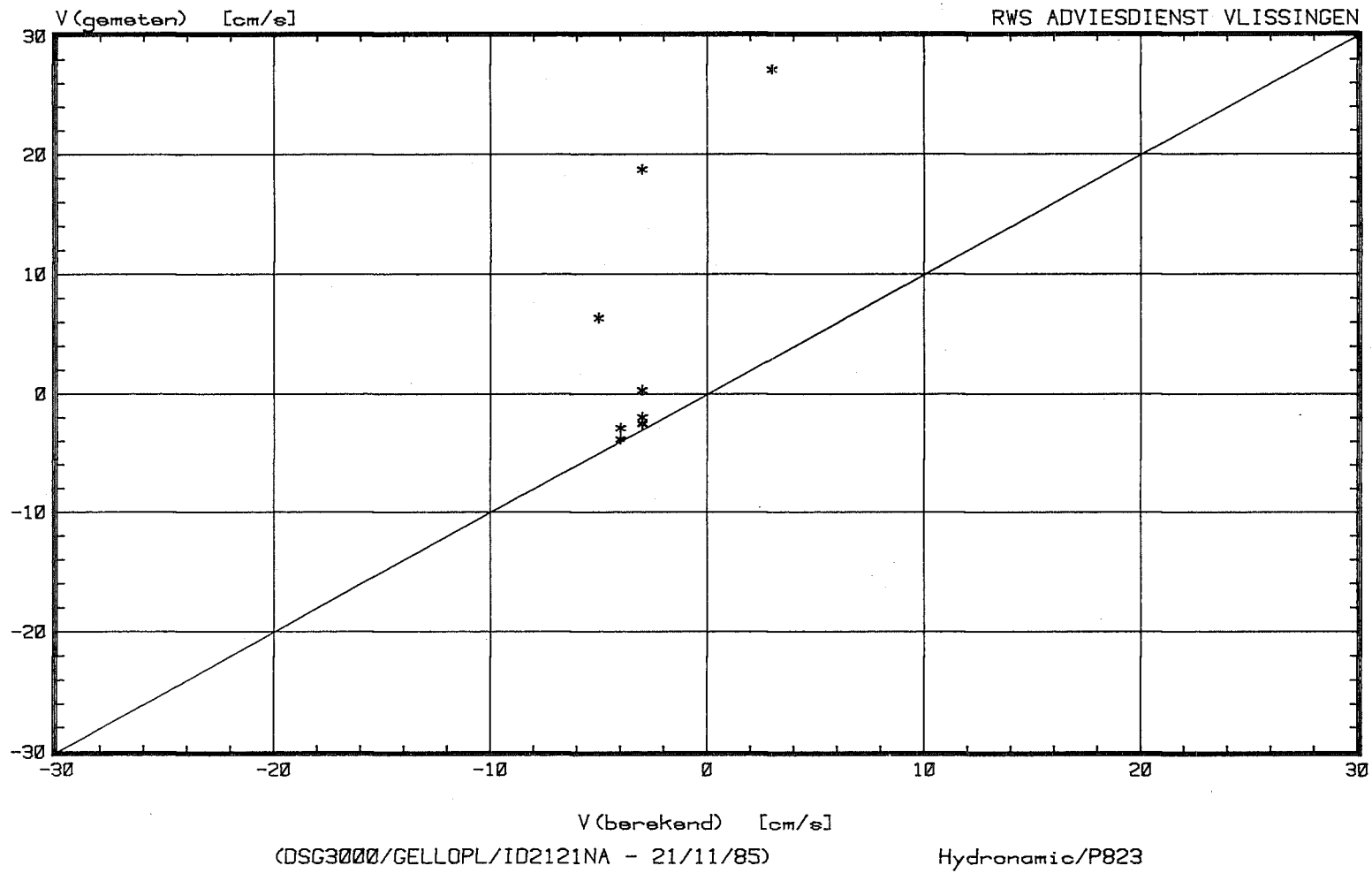
Vergelijking golfhoogten

Meting 26/03/85 - 28/03/85 raai 1-3 colnbr. 1-4



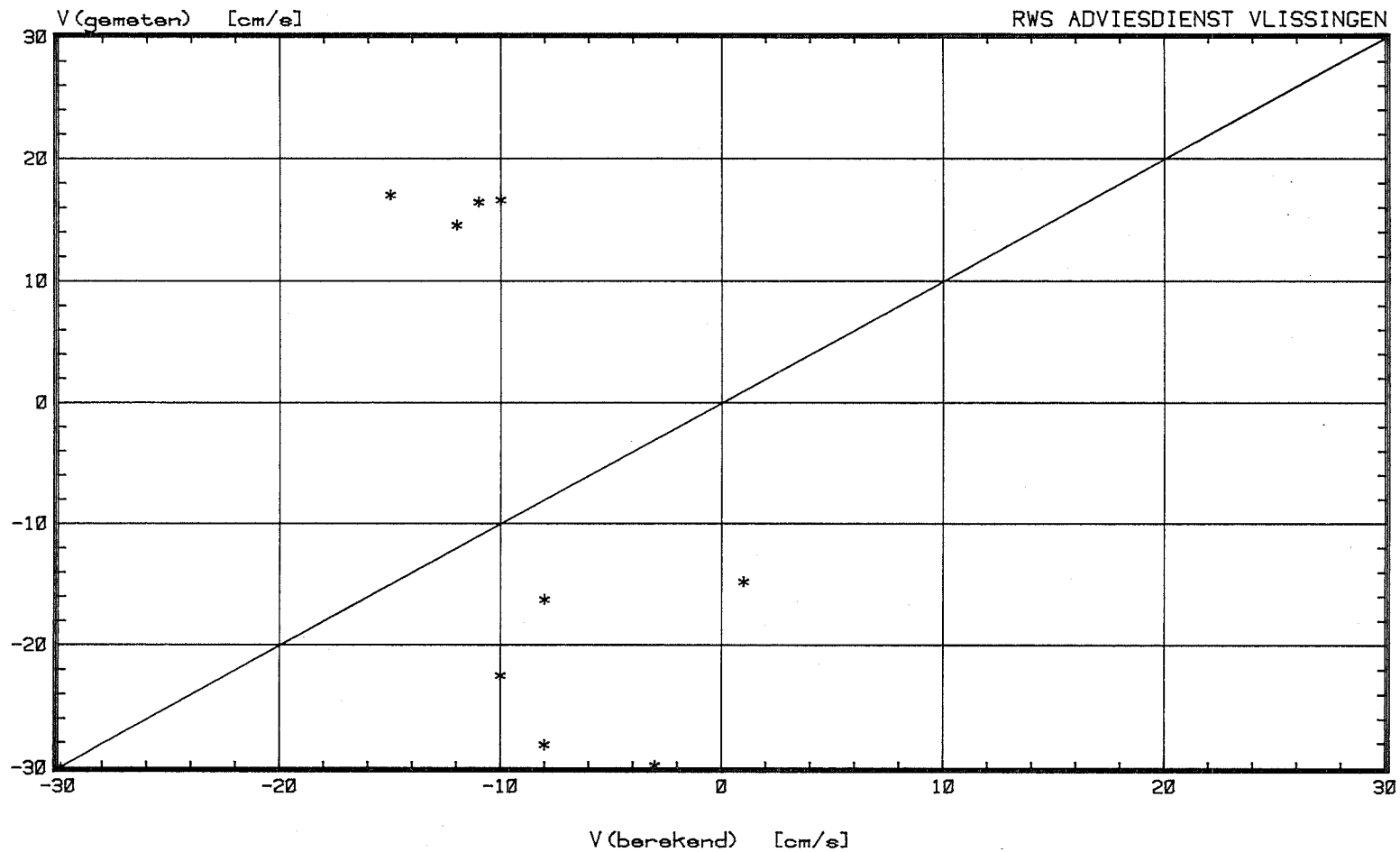
Vergelijking langstroom snelheden

Meting 28/03/85 raai 2 colnbr. 1



Vergelijking langsstroom snelheden

Meting 28/03/85 raai 2 colnbr. 3

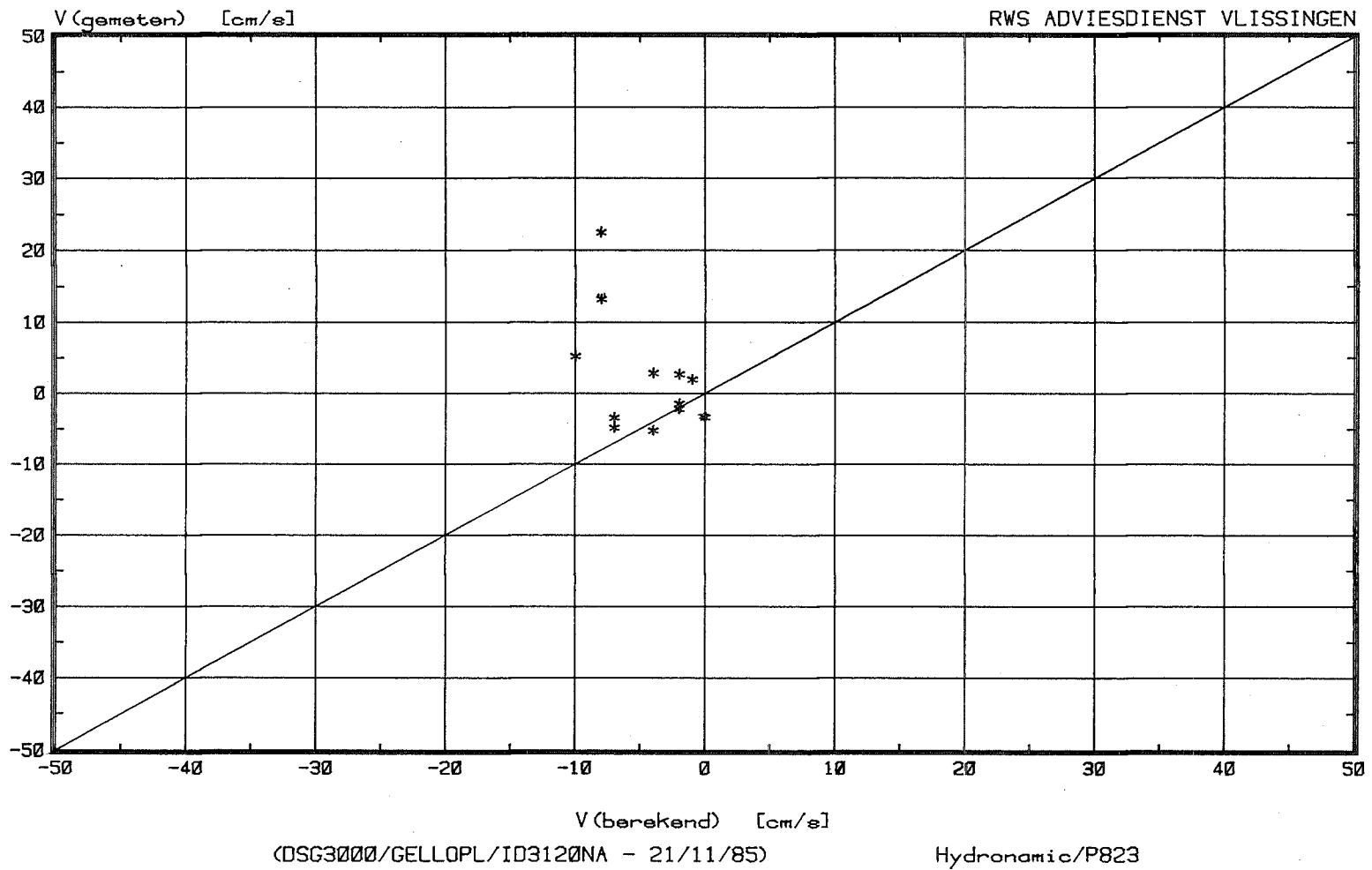


(DSG3000/GELLOPL/ID2320NC - 21/11/85)

Hydronamic/P823

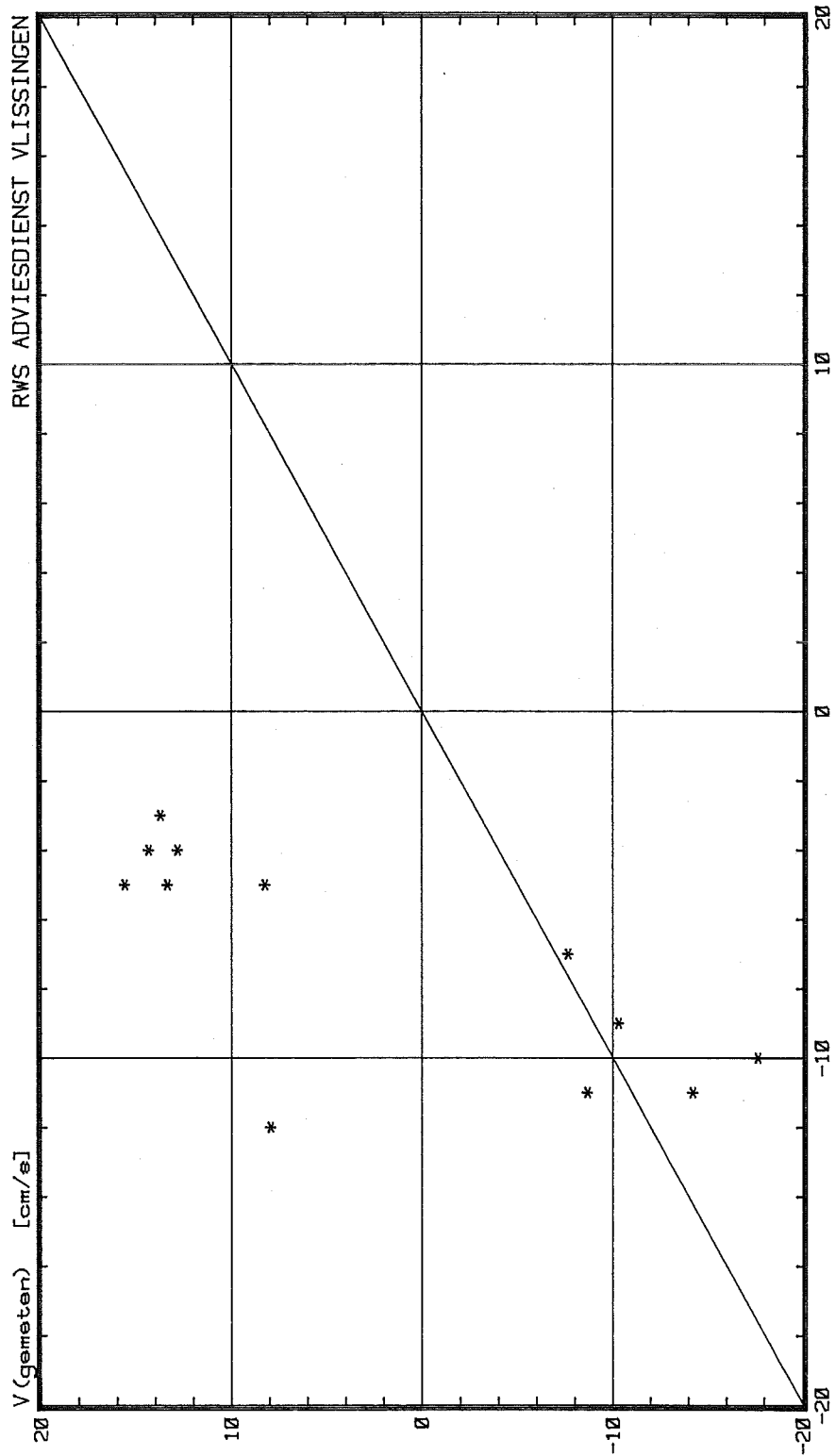
### Vergelijking langsstroom snelheden

Meting 28/03/85 raai 3 colnbr. 1



# Vergelijking langstroom snelheden

Meting 28/03/85 raai 3 colnbr. 3



V (berekend) [cm/s]

(DSG3000/GELLOPL/ID3320NB - 21/11/85)

Hydronic/P823

FIGUUR 61

Vergelijking stroomsnelheid componenten

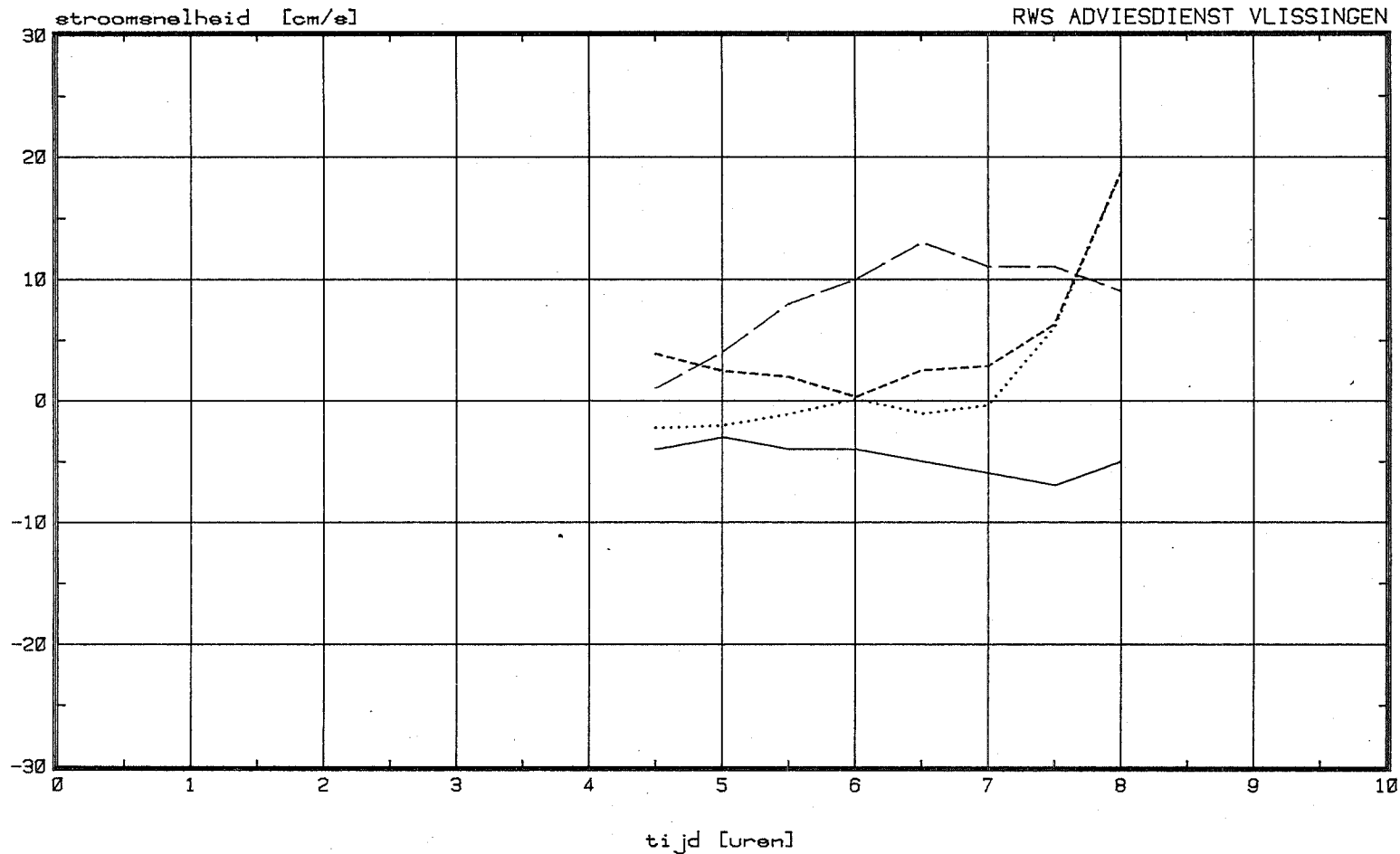
Meting 28/03/85 raai 2 meetpunt 1

Brandingsetroom  
(berekening)

Getijetroom  
(berekening)

Stroomsnelheid  
Colnbrook meting

x-component  
stroomsnelheid  
Colnbrook meting



Vergelijking stroomsnelheid componenten

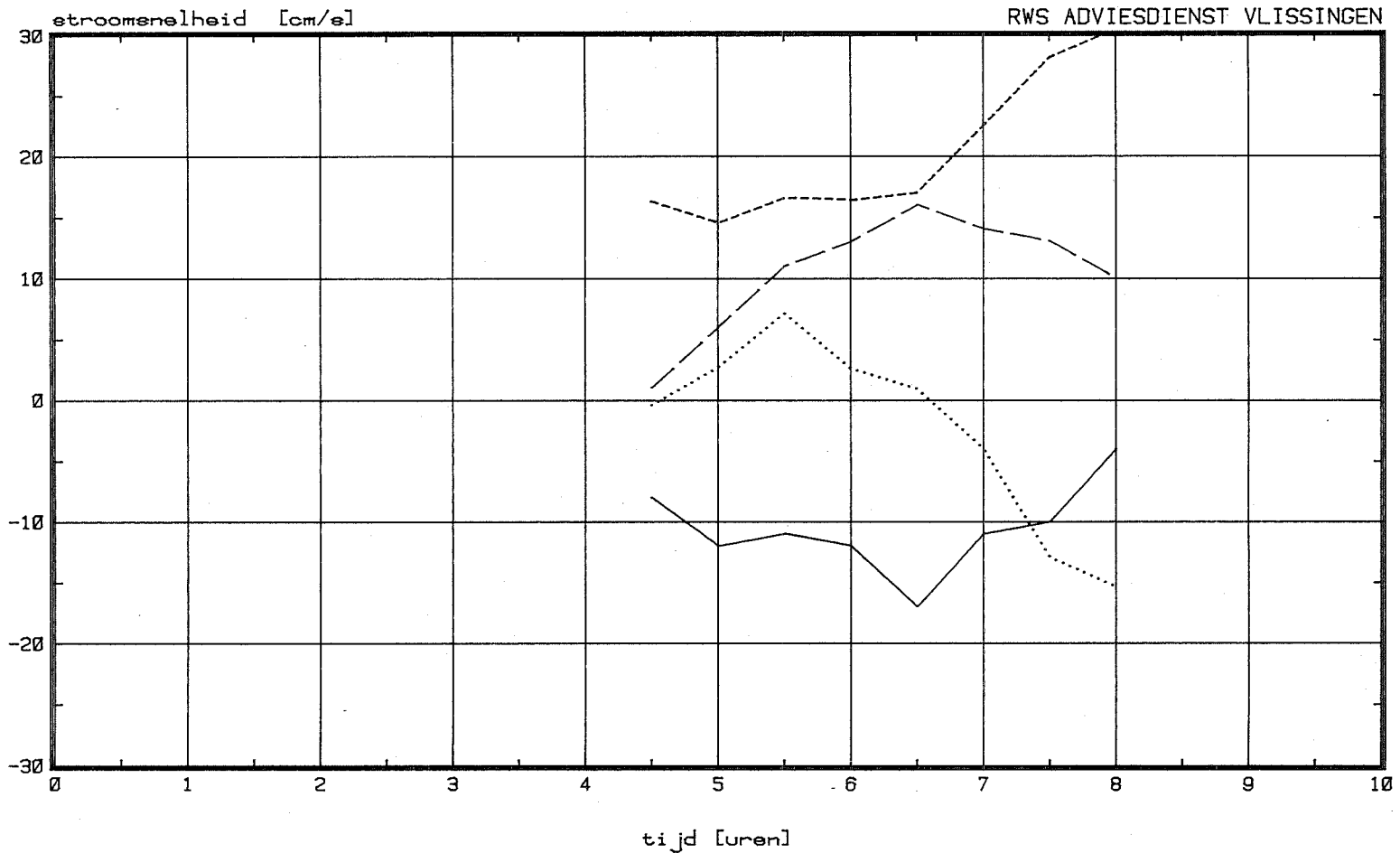
Meting 28/03/85 raai 2 meetpunt 3

Brandingsstroom  
(berekening)

Getijstroom  
(berekening)

Stroomsnelheid  
Colbrook meting

x-component  
stroomsnelheid  
Colbrook meting



Vergelijking stroomsnelheid componenten

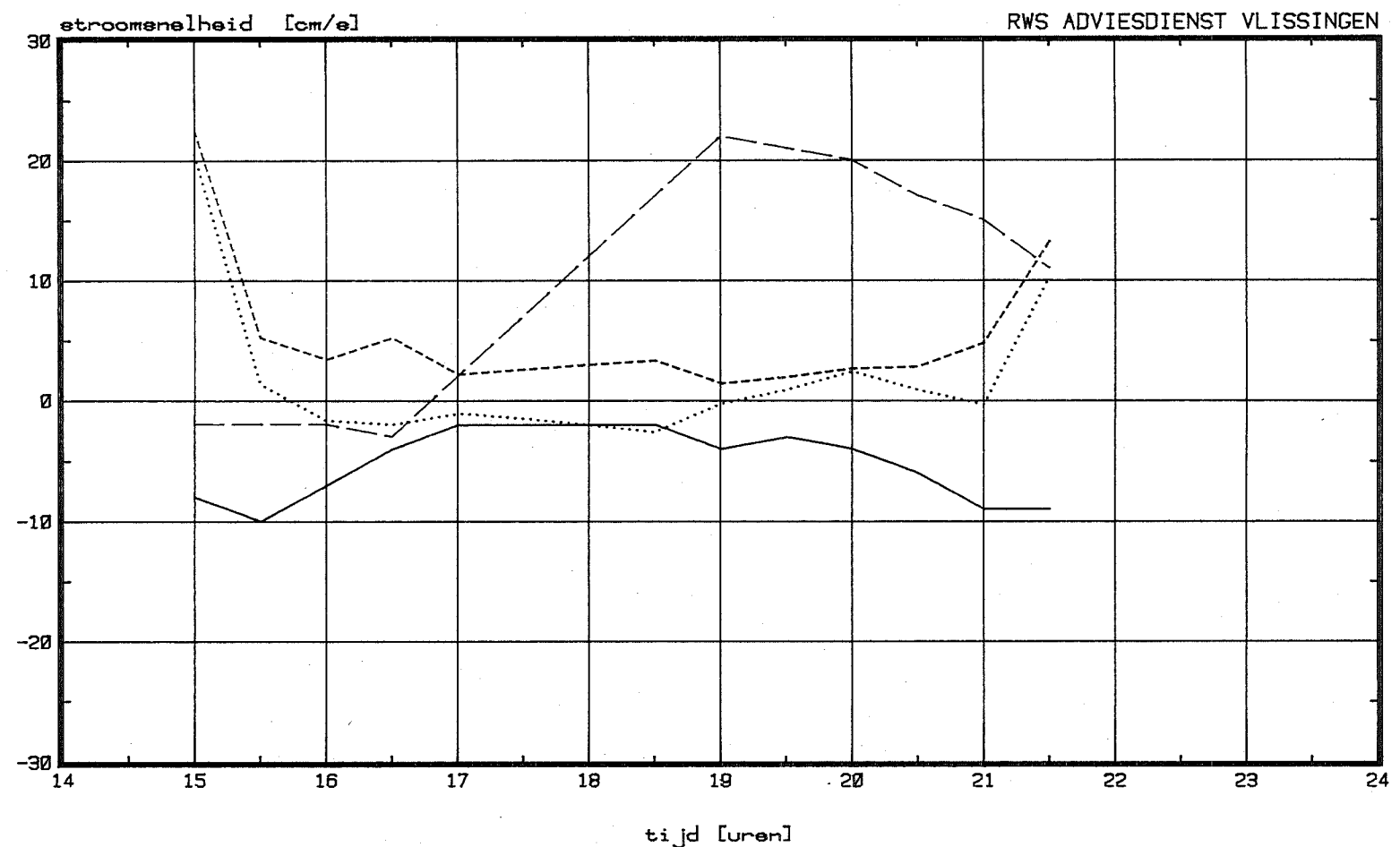
Meting 28/03/85 raai 3 meetpunt 1

Brandingsstroom  
(berekening)

Getijetroom  
(berekening)

Stroomsnelheid  
Colbrook meting

x-component  
stroomsnelheid  
Colbrook meting





### Vergelijking stroomsnelheid componenten

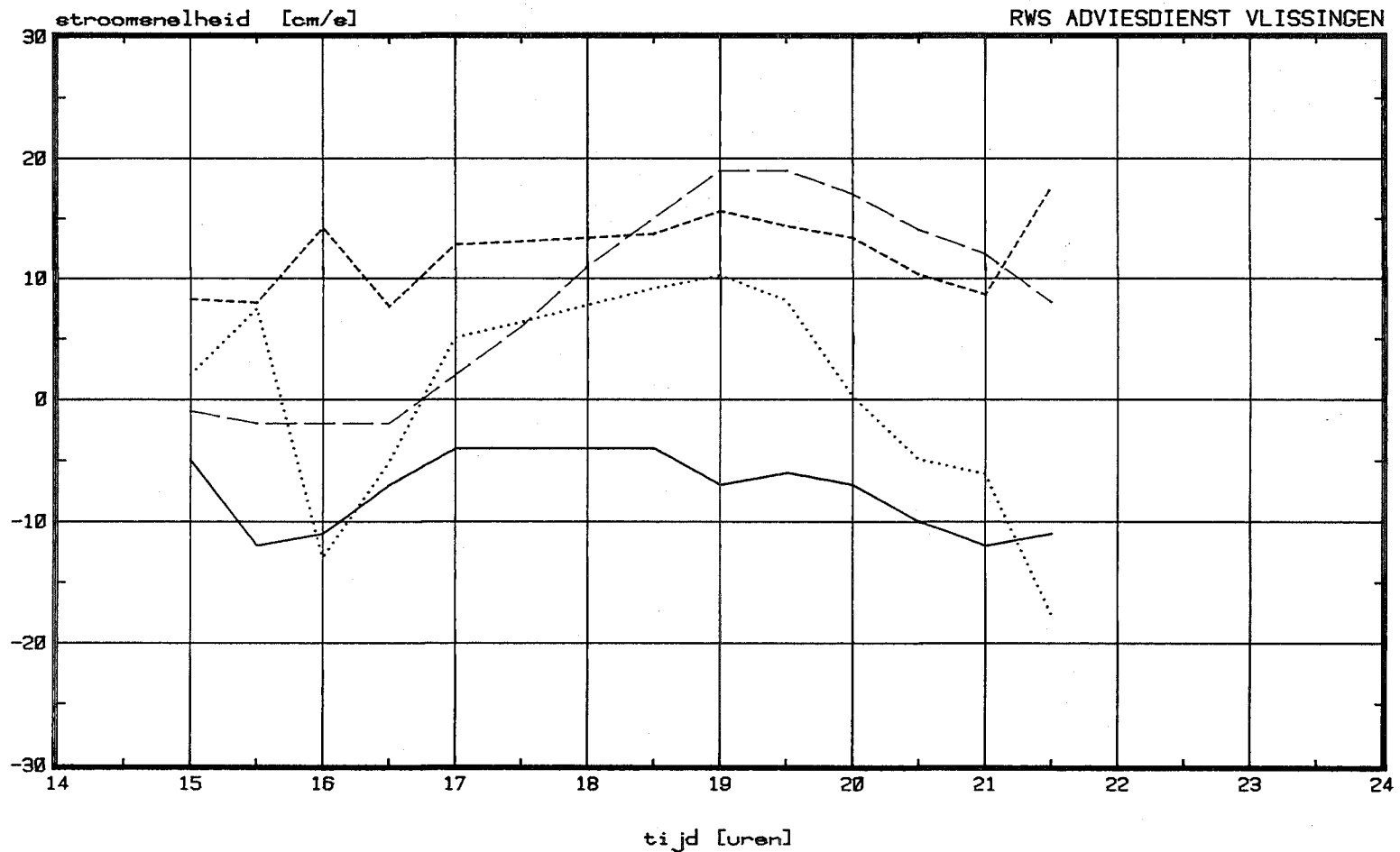
Meting 28/03/85 raai 3 meetpunt 3

Brandingsetroom  
(berekening)

Getijetroom  
(berekening)

Stroomsnelheid  
Colbrook meting

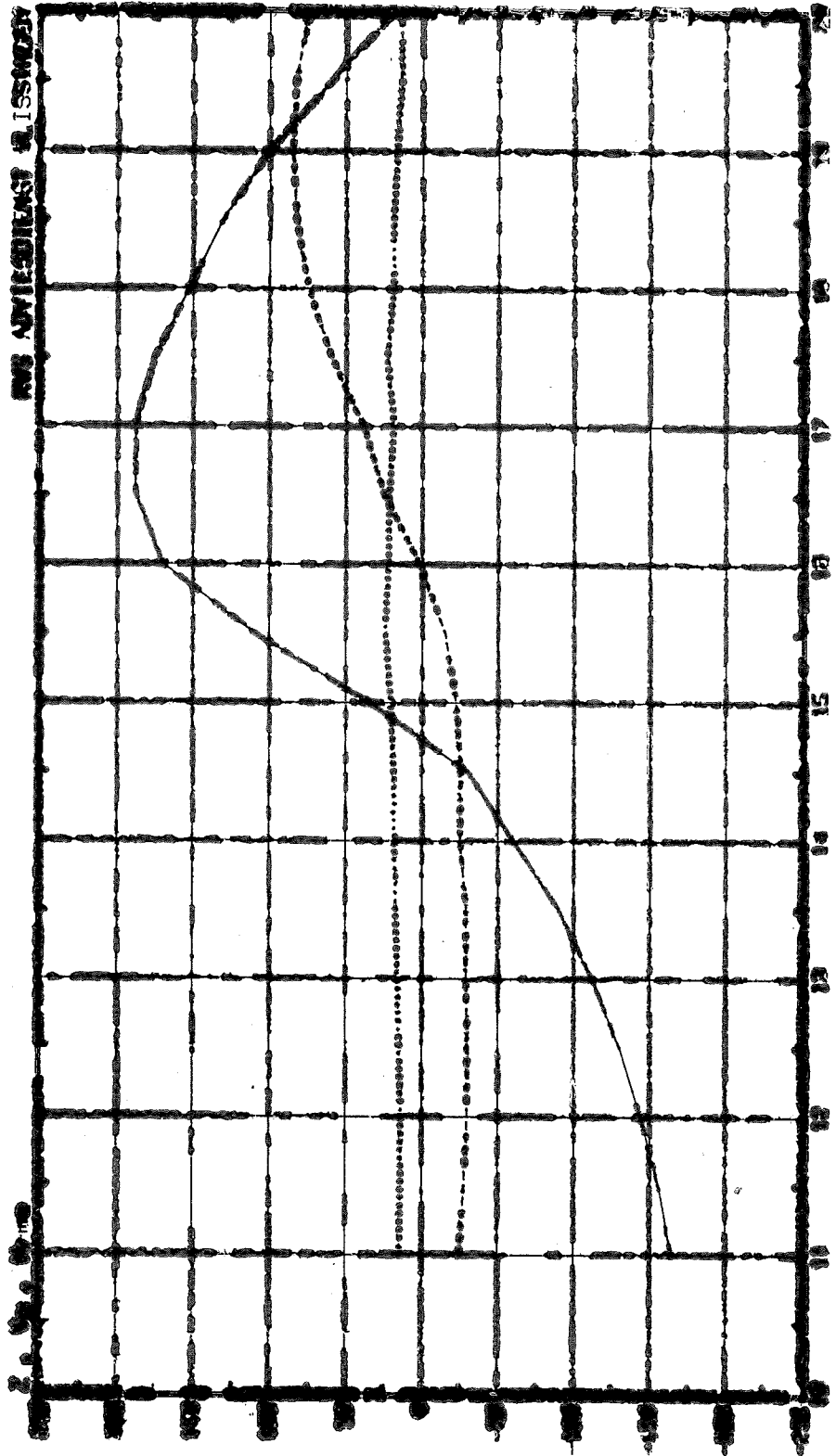
x-component  
stroomsnelheid  
Colbrook meting



**Calc. of streamings on gulf conditions**

Rating 20/23/05 at 11:00-24:00 hr

Substance 2 Streamlined by Gulfstream (hr)   
 (containing) (containing) (containing)



20/23/05 11:00-24:00 hr  
 11:00-24:00 hr  
 11:00-24:00 hr

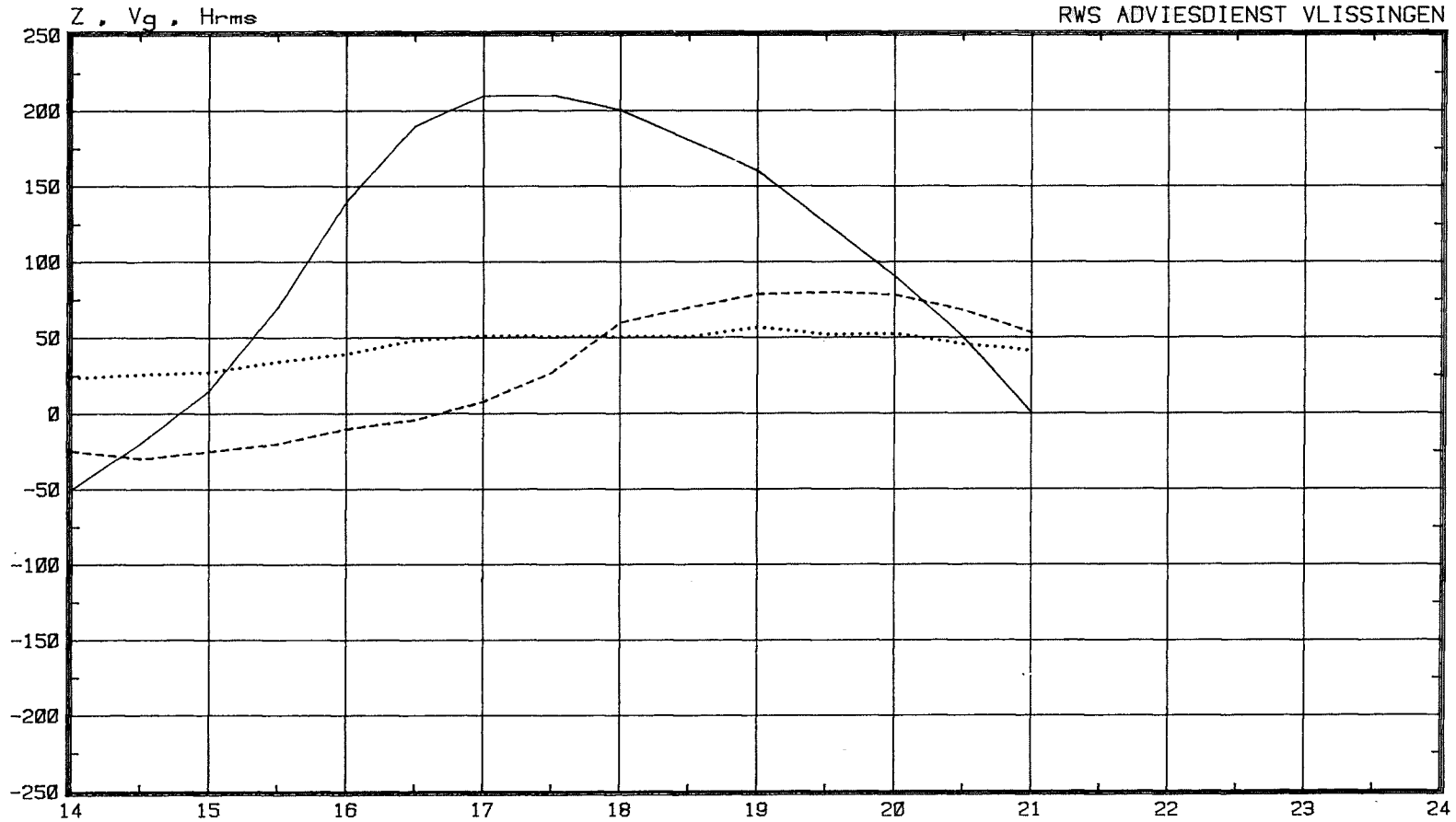
# Getij-, stromings- en golfcondities

Meting 27/03/85 tijd 14:00-21:00 uur

Waterstand Z  
[cm+NAP]

Stroomsnelheid Vg  
Oostgat [cm/s]

Golfhoogte Hrms  
Oostgat [cm]



RWS ADVIESDIENST VLISSINGEN

tijd [uren]

(DSG3000/GELWVPL/IDWV1C - 10/12/85)

Hydronamic/P823

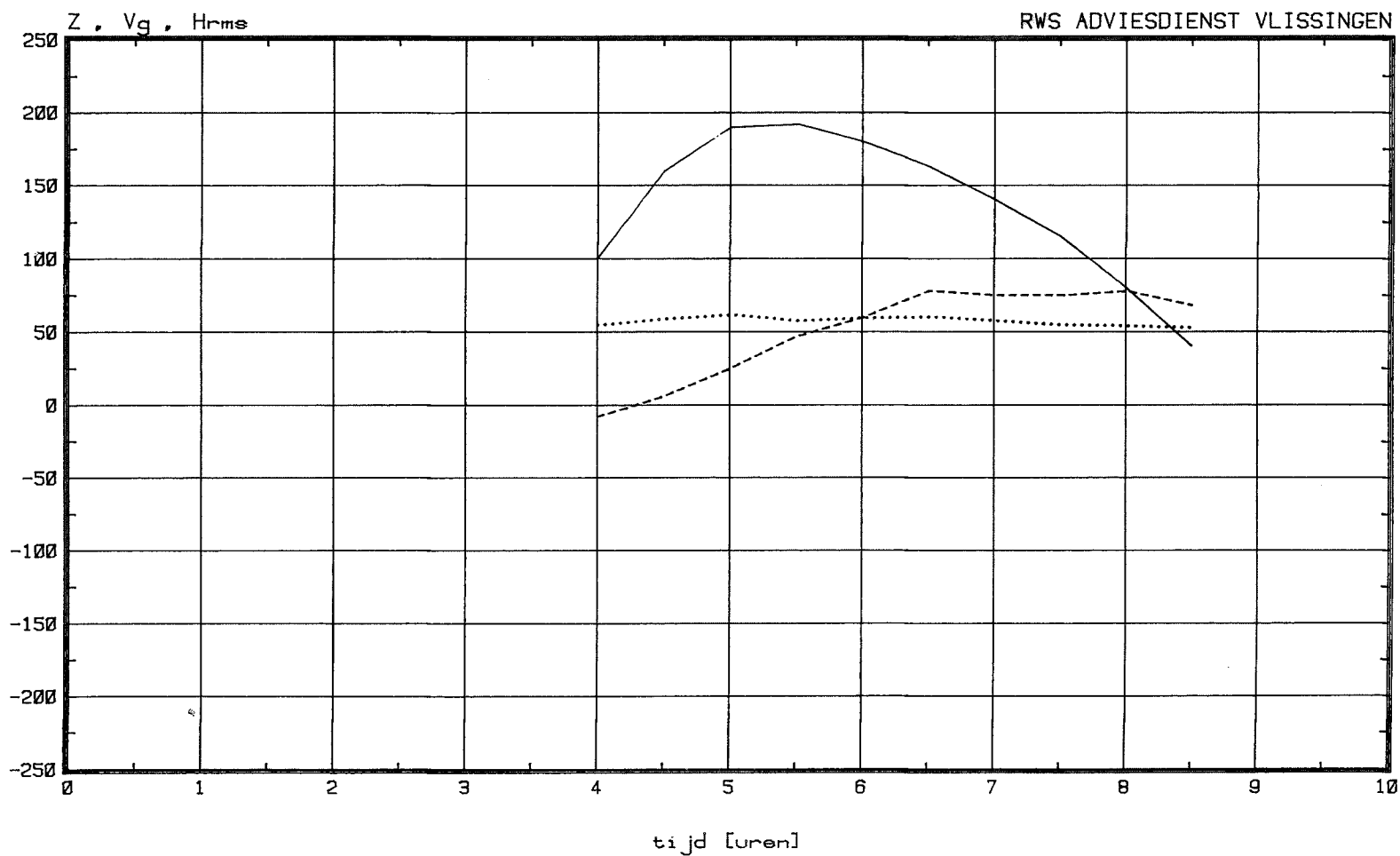
# Getij-, stromings- en golfcondities

Meting 28/03/85 tijd 4:00-8:30 uur

Waterstand Z  
[cm+NAP]

Stroomsnelheid Vg  
Oostgat [cm/s]

Golfhoogte Hrms  
Oostgat [cm]



# Getij-, stromings- en golfcondities

Meting 28/03/85 tijd 15:00-22:00 uur

Waterstand Z  
[cm+NAP]

Stroomnelheid Vg  
Oostgat [cm/s]

Golfhoogte Hrms  
Oostgat [cm]

—————

-----

.....

