

141513.

EEN BESCHRIJVING VAN DRIJVERS BANEN VOOR DE ZUID
HOLLANDSE KUST

door

R. MULDER en R. MANUELS

INHOUD

1.	Inleiding	2
2.	Beschrijving metingen	3
	2.1. Drijvers	3
	2.2. Stroommeters	4
	2.3. Vertikaal getij	4
	2.4. Windkarakteristieken	4
	2.5. Golfhoogte	4
	2.6. Zoutgehaltes	5
3.	Resultaten	5
4.	Discussie	5
	4.1. Euler-Lagrange transformatie	5
	4.1.1. Eén stroommeter	6
	4.1.2. Waarnemingen (één stroommeter)	7
	4.1.3. Conclusies (één stroommeter)	8
	4.1.4. Drie stroommeters	9
	4.1.5. Waarnemingen (drie stroommeters)	10
	4.1.6. Conclusies (drie stroommeters)	11
	4.2. Snelheidsgradient in "turbulente" snelheid	11
	4.2.1. Drijveroppervlak	11
	4.2.2. Waarnemingen (drijveroppervlak)	15
	4.2.3. Stroommeter driehoek	17
	4.2.4. Conclusies	17
5.	Resumé	18
6.	Referenties	18
7.	Figuren	19
	7.1. Drijver experiment 19 juni 1979	19
	7.2. Drijver experiment 21 juni 1979	27
	7.3. Stroommeters	35

1. INLEIDING

In 1979 startte het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (N.I.O.Z.) een onderzoek met drijvers en verankerde stroommeters in de Zuidelijke Noordzee, teneinde de twee dimensionale Eulerse en Lagrangeaanse eigenschappen van de waterbeweging te vergelijken.

In juni 1979 verrichtte de Rijkswaterstaat, Afdeling Hellevoetsluis, stroommetingen voor de Nederlandse kust ter hoogte van 'sGravenhage, in de punten DD1, DD2, 12 en X van Figuur 1.

In overleg met het N.I.O.Z. werd besloten binnen de vier stroommeetpunten die de Eulerse eigenschappen van de waterbeweging geven, ook 6 drijvers te volgen. Deze drijvers geven de twee dimensionale Lagrangeaanse eigenschappen van de waterbeweging.

Zowel op 19 juni 1979 als op 21 juni 1979 werden gedurende een periode van ongeveer 12 uur drijvermetingen verricht.

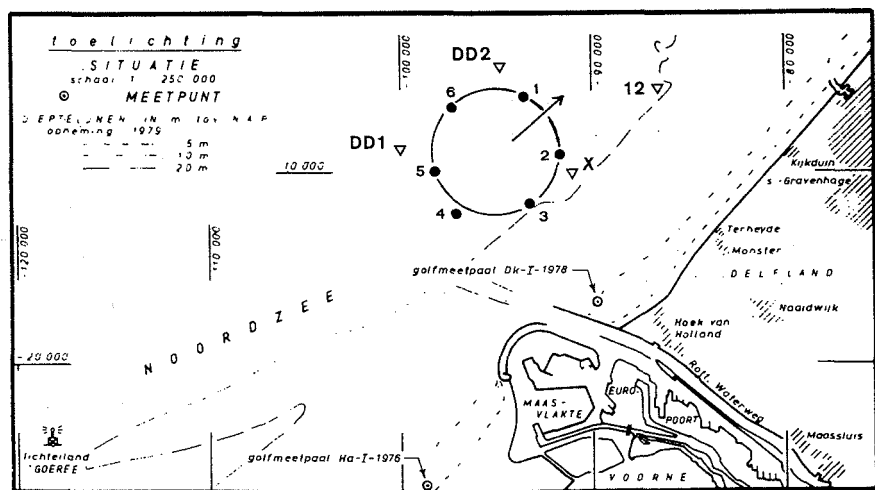


Fig. 1. Meetgebied

De auteurs willen hierbij ir. J.J. Pilon van de Rijkswaterstaat afdeling Hellevoetsluis danken voor het verzamelen van de gegevens verricht in dit rapport.

Het totale Euler/Lagrange onderzoek is mogelijk gemaakt met een subsidie verleend door de Nederlandse Organisatie voor Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (Z.W.O.).

2. BESCHRIJVING METINGEN

2.1. Drijvers

Een compleet drijversysteem bestond uit een stalen opvlakte drijver met een diameter van 0.34 m en hieraan op 10 onder het wateroppervlak een cylindervorming weerstandslichaam (hoogte 0.70 m, staal 0.35 m). Een schatting van de windin op deze drijvers kan gemaakt worden door de windkracht op oppervlakte drijver gelijk te stellen aan de kracht op het weerstandslichaam t.g.v. zijn slip door het water. (KIRWAN et al., 1975),

ofwel:

$$\frac{1}{2} \rho_l C_{d_l} A_l V_l^2 = \frac{1}{2} \rho_w C_{d_w} A_w V_w^2,$$

waarin ρ het soortelijk gewicht, C_d de "drag" coëfficiënt, het oppervlak loodrecht op de snelheid en v de snelheid is. De indices l en w betekenen respectievelijk lucht in water (oppervlakte drijver en weerstandslichaam). Stel $C_{d_l} \approx C_{d_w}$ dan $v_w = 0.01 v_l$, ofwel de storende snelheid van de drijvers t.g.v. de windvloed is ongeveer 1% van de windsnelheid.

De positie bepaling van een drijver geschiedde met een vaartuig uitgerust met Decca plaatsbepalingsapparatuur.

Op 19 juni 1979 zijn halfuurlijkse posities bepaald v

6 drijvers tussen 08.45 uur en 20.15 uur (drijver 3 tot 19.45 uur).

Op 21 juni 1979 zijn halfuurlijkse posities bepaald van 6 drijvers tussen 10.10 uur en 23.10 uur.

2.2. Stroommeters

In de punten DD1, DD2, en 12 van Figuur 1 lagen continue metende stroommeters van het type Flachsee op een diepte van ongeveer 10 m. beneden het wateroppervlak. Voorts werd in de punten DD2, 12 en X van Figuur 1 tijdens beide drijverexperimenten een 13 uren meting van de hele vertikaal uitgevoerd vanaf een vaartuig. Op 19 juni startte de vertikaal meting in punt X echter om 11.45 uur.

Zowel op 19 juni als op 21 juni 1979 waren de gegevens van stroommeter DD1 onbetrouwbaar vanwege het vastlopen van het kompas.

2.3. Vertikaal getij

Het vertikaal getij werd tijdens de drijverexperimenten gemeten d.m.v. een registrerende peilschaal in Hoek van Holland, Scheveningen en golfmeetpaal DK-I-1978. (Figuur 1.).

2.4. Windkarakteristieken

De windkracht en windrichting werd tijdens de drijverexperimenten gemeten op het KNMI station Hoek van Holland, op het lichteiland "Goeree" en op de golfmeetpaal Ha-I-1976. (Figuur 1.).

2.5. Golfhoogte

De golfhoogte $H_{1/3}$ werd gemeten tijdens de drijverexperimenten bij de golf meetpalen DK-I-1978 en Ha-I-1976. (Figuur 1.).

2.6. Zoutgehalte

Chloorgehaltemetingen werden tijdens de drijverexperimenten verricht bij de punten DD2, 12 en X (Figuur 1).

3. RESULTATEN

Voor een compleet overzicht van alle meetresultaten verwezen worden naar de brief van 3 maart 1980, kenmerk 6 van de Rijkswaterstaat, directie waterhuishouding en waterbeweging, afdeling Hellevoetsluis. Bij deze brief behoren mappen, map I voor de resultaten van 19 juni, en map II voor de resultaten van 21 juni 1979 (Rijkswaterstaat afdeling Hellevoetsluis, 1980).

De hyperbolische Decca-coördinaten van de drijvers werden herleid tot rechthoekige R.D.M. coördinaten. De positie van alle zes drijvers werd ieder halfuur in deze R.D.M. coördinaten uitgedrukt.

Drijverbanen apart, samen in 1 tekening en iedere 3 het oppervlak ingesloten door de drijvers zijn getekend in Figuren 3, 4 en 5a t/m 10a voor 19 juni 1979, en in de Figuren 15, 16 en 17a t/m 22a voor 21 juni 1979.

4. DISCUSSIE

De volgende discussie dient als een eerste analyse van de meetresultaten.

4.1. Euler-Lagrange transformatie

De eerste vraag die zich voordoet bij een vergelijking van drijver gegevens met stroommetergegevens, is of het mogelijk is uit deze stroommeetgegevens drijverbanen te construeren. Een drijver geeft de snelheid van een waterdeel

als een functie van de tijd (Lagrangeaanse snelheid), terwijl een stroommeter de snelheid - van verschillende waterdeeltjes - geeft op een vaste plaats als functie van de tijd (Eulerse snelheid).

Noem de Lagrangeaanse snelheid $\vec{v}(\vec{\alpha}, t)$, waarin $\vec{\alpha}$ de label van het waterdeeltje is (zijn positie op $t=0$), en de Eulerse snelheid $\vec{u}(\vec{x}, t)$, waarin $\vec{x}$ de positie vector is:

Er geldt:

$$\vec{v}(\vec{\alpha}, t) = \vec{u}(\vec{y}(\vec{\alpha}, t), t), \quad (1)$$

met

$$\vec{y}(\vec{\alpha}, t) = \vec{\alpha} + \int_0^t \vec{v}(\vec{\alpha}, t') dt' \quad (2)$$

Dit is de Euler-Lagrange transformatie.

Indien het Eulerse snelheidsveld $\vec{u}$ compleet bekend is, kunnen de Lagrangeaanse snelheden in principe bepaald worden door (1) en (2).

Met een paar stroommeters echter is het Eulerse veld slechts bekend op de stroommeetpunten. In hoeverre kunnen nu waterdeeltje banen uit deze Eulerse gegevens bepaald worden? Het antwoord ligt opgesloten in de Euler-Lagrange transformatie die in een meer hanteerbare vorm omgezet dient te worden.

4.1.1. Eén stroommeter

Als eerste kan men aannemen dat de enige ruimtelijke variatie in het Eulerse veld zit in de fase van het getij.

Uit (1) en (2) kan men dan afleiden (LONGUET-HIGGINS, 1969, ZIMMERMAN, 1979) de relatie:

$$\Delta \vec{y}(\vec{\alpha}, t) = \{ \vec{u}_p(\vec{\alpha}, t) + \vec{u}_s(\vec{\alpha}, t) \} T, \quad (3)$$

of in woorden:

Lagrangeaanse rest verplaatsing = Eulerse rest verplaatsing + Stokes' drift.

T is de periode van het getij; $\Delta \vec{y}(\vec{\alpha}, t)$, is de Lagrangeaanse netto (rest) verplaatsing van het waterdeeltje (of drijver) in een periode T ; $\vec{u}_p(\vec{\alpha}, t)$ is de Eulerse rest snelheid in een periode T , berekend uit stroommeter waarnemingen in positie $\vec{\alpha}$; $\vec{u}_s(\vec{\alpha}, t)$ is de zogenaemde Stokes' snelheid, een correctie veroorzaakt door de ruimtelijke variatie van het Eulerse snelheidsveld door de fase van het getijd.

De formule voor de Stokes' snelheid is:

$$\vec{u}_s = \frac{\overline{\vec{U}(t) \vec{\xi}(t)}}{H},$$

waarin $\vec{U}$ is de getijsnelheid, $\vec{\xi}$ de positie van het wateroppervlak (vertikaal getij) en H de waterdiepte, gemeten in $\vec{\alpha}$ op het tijdstip t . De streep betekent een gemiddelde over een periode T .

De relatie Lagrange = Euler + Stokes is natuurlijk een grove benadering, omdat men aanneemt dat het snelheidsveld uniform in de ruimte is, behalve een gradient ten gevolge van de fase van het getijd.

4.1.2. Waarnemingen (één stroommeter)

Berekent men de Stokes drift uit de vertikaal getijstroommeter gegevens, dan komt men op een Stokes' snelheid van ongeveer $0,01 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ in de richting van de getij, ongeveer 30° in het onderhavige gebied.

Hierbij is de amplitude van de getijsnelheid $0,60 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ gesteld en de amplitude van het vertikaal getij $0,85 \text{ m}$. Het fase verschil tussen beide grootheden is gesteld op 30° , terwijl als waterdiepte 20 m genomen is.

Van de drijverbanden is op 19 juni 1979 de periode tussen 08.45 uur en 20.15 (drijver 3 van 08.45 - 19.45), 11½ uur lang en op 21 juni 1979 de periode tussen 10.10 uur en 22.40, 12½ uur lang, gebruikt om de relatie Lagrange = Euler + Stokes te verifiëren.

Gedurende deze periodes is de gemiddelde positie van iedere drijver berekend. In deze posities zijn diverse vectoren getekend in de figuren die hierna genoemd worden.

De Lagrangeaanse rest verplaatsing werd aangegeven door een vector L . De drie Eulerse rest verplaatsingen zijn aangegeven door een vector Ei ($i = DD2, 12$ of X), waarin i het symbool van de stroommeter is.

De Eulerse rest verplaatsingen zijn berekend door het maken van een progressief vector diagram uit de stroommeter gegevens gedurende de zelfde periode waarin de Lagrangeaanse verplaatsing was bepaald.

Aan iedere vector Ei is de Stokes' drift toegevoegd, aangegeven door een vector S , welke uniform is voor alle drijvers

De drijverbanden en vectoren zijn gegeven in de figuren 5^b tot/m 10^b voor het experiment van 19 juni 1979 en in de figuren 17^b tot/m 22^b voor het experiment van 21 juni 1979.

4.1.3. Conclusies (één stroommeter)

In alle gevallen bestaat een verschil tussen de Eulerse rest verplaatsing met Stokes' correctie en de werkelijke Lagrangeaanse rest verplaatsing.

Het verschil kan veroorzaakt worden door het onjuist weergeven van Lagrangeaanse banen door de gebruikte drijvers en/of door ruimtelijke variabeliteiten in het snelheidsveld, anders dan die in de fase van de getijgolf.

Zoals is genoemd onder 2.1. ondervindt een drijver een geschatte verplaatsing door de wind van 1% van de windsnelheid in the windrichting. De windrichting was voor 19 juni globaal NNO en de windsnelheid globaal 5 m s^{-1} . Dit levert een storende snelheid van $.05 \text{ m s}^{-1}$. Dat is in 690 minuten een verplaatsing van ruim 2000 m in ZZW richting. De windrichting was voor 21 juni globaal W en de windsnelheid globaal 6 m s^{-1} . Dit levert een storende snelheid van $.06 \text{ m s}^{-1}$ op. In 750 minuten is er een verplaatsing van 2700 m in O richting.

Rekening houdend met deze windcorrecties, gedragen op 19 juni de drijvers 1, 3 en 6 zich zoals is voorspeld door stroommeter 12 en de drijvers 2, 4 en 5 zoals is voorspeld door stroommeter DD2.

Op 21 juni gedragen de drijvers 1, 5 en 6 zich, zoals ongeveer is voorspeld door stroommeter 12. De drijvers 2, 4 en 5 echter ondervonden een te kleine rest verplaatsing naar zuidoosten. De verschillen die na de toepassing van geschatte windcorrecties overblijven in de betrekking Lagrange = Euler + Stokes moeten worden toegeschreven aan ruimtelijke variabeliteiten in het snelheidsveld, anders dan die in de fase van de getijgolf.

Daar tijdens beide experimenten de zes drijvers zich droegen als twee groepjes van drie drijvers, kan gesteld worden dat de ruimtelijke variabiliteit selectief werkt binnen een gebied door de drijvers omsloten oppervlak van ongeveer 5000 m.

4.1.4. Drie stroommeters

Tijdens beide experimenten beschreven de drijvers een baan in of in de nabijheid van een viertal stroommeetpunten. Alleen tijdens het gehele drijverexperiment op 21 juni hadden de drijvers de beschikking over de gegevens van drie stroommeters.

(zie 2.2.). Uit deze gegevens kan een Eulers veld geconstrueerd worden d.m.v. een lineaire interpolatie tussen de snelheidscomponenten in de drie stroommeterposities. Dus dezelfde snelheidscomponenten op het zelfde tijdstip t in de 3 stroommeterposities worden gebruikt om een snelheidsveld te construeren dat lineair in de ruimte varieert. Op elk willekeurig punt kan nu een Eulerse snelheid $\vec{u}$ op elk tijdstip t uit de 3 stroommetergegevens berekend worden.

Door toepassing van (1) en (2) op zo'n geïnterpoleerd Eulers veld kan men drijverbanen simuleren.

In principe moet deze methode betere resultaten geven dan de relatie Lagrange = Euler + Stokes, omdat een ruimtelijke gradient in rekening wordt gebracht. In deze gradient is in principe ook aanwezig de gradient t.g.v. de ruimtelijke variatie van de fase van het getij, dus in dit geval hoeft geen Stokes drift meegenomen te worden.

4.1.5. Waarnemingen (drie stroommeters)

Dezelfde drijverbanen van 21 juni als genoemd onder 4.1.2. zijn nu gebruikt om een vergelijking te maken tussen de werkelijke Lagrangeaanse rest verplaatsing en gesimuleerde drijver baan uit het geïnterpoleerde Eulerse veld (die een gesimuleerde rest verplaatsing geeft).

In de hieronder gegevens zijn 2 vectoren getekend in de gemiddelde positie van iedere drijver. Als eerste is de werkelijke Lagrangeaanse rest verplaatsing gegeven door een vector D . Ten tweede is de gesimuleerde rest verplaatsing gegeven door een vector C .

De gesimuleerde rest verplaatsing is berekend uit een gesimuleerde drijver baan die men krijgt door een fictieve drijver te starten in hetzelfde punt als de werkelijke drijver,

maar nu het geïnterpoleerde Eulerse veld te laten volgen.

De werkelijke drijverbanen en vectoren D en C zijn gegeven in de figuur 17c t/m 22c voor het experiment van 21 juni 197. Hierbij werd gebruik gemaakt van de gegevens van de stroommeters DD2, 12 en X.

4.1.6. Conclusies (drie stroommeters)

Ook nu bestaat er een verschil tussen de geconstrueerde rest verplaatsing en de werkelijke Lagrangeaanse rest verplaatsing. Een vergelijking met de resultaten van één stroommeter leert dat de 3 stroommeter interpolatie een lichte verbetering te zien geeft. Nu gedragen de drijvers 1,5 en 6, na een windcorrectie, zich ongeveer zoals de stroommeter interpolatie aangeeft. De drijvers 2, 3 en 4 echter blijven een te kleine restverplaatsing houden in noordoostelijke richting. Geconcludeerd kan ook nu worden dat laatstgenoemde drijvers een inhomogeniteit in het snelheidsveld ondervonden hebben.

Uit het feit dat de interpolatie tussen drie stroommeters waarbij een ruimtelijke gradient tussen deze stroommeters in rekening wordt gebracht, en lichte verbetering geeft t.o.v. de resultaten met één stroommeter, blijkt dat de invloed van de gradient over de stroommeter driehoek en bijdrage levert in het verschil tussen de Eulerse vectoren E_i en de Lagrangeaanse vector L .

4.2. Snelheidsgradient en "turbulente" snelheid

4.2.1. Drijveroppervlak

Indien men aanneemt (OKUBO, 1976) dat de schaal van het oppervlak ingesloten door de drijvers zich bevindt tussen de grootschalige inhomogeniteiten van het snelheidsveld en klei

schalige "turbulente" wervels, waartussen, naar aangenomen wordt, een gat in het energiedichtheidspectrum bestaat, manifesteren de grootschalige inhomogeniteiten zich als een lineair (in de ruimte) snelheidsveld over het oppervlak tussen de drijvers (verder drijveroppervlak te noemen)

Als de grootschalige inhomogeniteiten zich niet voordoen als een lineair veld over het drijveroppervlak, dan toch construeert men een lineair veld over het drijveroppervlak en noemt dit de shear snelheid. Afwijkingen van deze lineariteit worden nu verondersteld deel uit te maken van de "turbulente" snelheid, daarbij aannemend dat het snelheidsveld $\vec{u}(\vec{x}, t)$ over het drijveroppervlak opgebouwd is uit een veld $\vec{u}(\vec{x}, t)$ dat lineair varieert in de ruimte en een storingsveld $\vec{u}'(\vec{x}, t)$. In deze visie is gedacht dat het gemiddelde veld $\vec{u}(\vec{x}, t)$ de grootschalige inhomogeniteiten representeert en dat het storingsveld $\vec{u}'(\vec{x}, t)$ de kleinschalige "turbulente" wervels representeert, hoewel het hogere orde shear componenten van het grootschalig veld kan bevatten.

In formule:

$$\vec{u}(\vec{x}, t) = \vec{u}(\vec{x}, t) + \vec{u}'(\vec{x}, t) \quad (5)$$

De bijdrage van het lineaire veld $\vec{u}(\vec{x}, t)$ kan worden gedacht te bestaan uit de som van de snelheid $\vec{u}(\vec{z}, t)$ van dit veld in het zwaartepunt $(\vec{z})$ van het drijveroppervlak, en een snelheid ten gevolge van de gradient van dit veld over het drijveroppervlak:

$$\vec{u}(\vec{x}, t) = \vec{u}(\vec{z}, t) + \left\{ (\vec{x} - \vec{z}) \cdot \nabla \right\} \vec{u}(\vec{x}, t) \Big|_{\vec{x} = \vec{z}} \quad (6)$$

substitutie van (6) in (5) levert:

$$\vec{u}(\vec{x}, t) = \vec{u}(\vec{z}, t) + \left\{ (\vec{x} - \vec{z}) \cdot \nabla \right\} \vec{u}(\vec{x}, t) \Big|_{\vec{x} = \vec{z}} + \vec{u}'(\vec{x}, t)$$

of in woorden:

drijversnelheid = snelheid zwaartepunt + snelheid t.g.v. ∇ dient over drijveroppervlak (shear) + "turbulente" snelheid.

Op een bepaald tijdstip t , geven n drijvers n punten in het snelheidsveld $\vec{u}(\vec{x}, t)$. Door gebruikmaking van lineaire regressie methodes kan men het lineaire veld $\vec{u}(\vec{x}, t)$ en de turbulente snelheidscomponenten van iedere drijver berekenen (OKUBO, 1976).

Laat x en y de twee componenten van de positievector zijn en u en v de twee componenten van de snelheid $\vec{u}$ in de respectievelijk richtingen. De shear matrix S en de turbulente matrix T worden dan op de volgende manier gedefinieerd:

$$S(t) = \begin{pmatrix} \frac{\delta \bar{u}}{\delta x} & \frac{\delta \bar{v}}{\delta x} \\ \frac{\delta \bar{u}}{\delta y} & \frac{\delta \bar{v}}{\delta y} \end{pmatrix} ; \quad T(t) = \begin{pmatrix} u_1' & v_1' \\ u_2' & v_2' \\ \vdots & \vdots \\ u_n' & v_n' \end{pmatrix} ; \quad n \text{ drijver}$$

De shear matrix geeft 4 grootheden die het gedrag van het drijveroppervlak beheersen ter gevolge van de shear van het grootschalige snelheidsveld $\vec{u}(\vec{x}, t)$. Deze 4 grootheden zijn:

$$\text{Horizontale divergentie} = \frac{\delta \bar{u}}{\delta x} + \frac{\delta \bar{v}}{\delta y}$$

$$\text{Relatieve vorticititeit} = \frac{\delta \bar{v}}{\delta x} - \frac{\delta \bar{u}}{\delta y}$$

$$\text{Strekings deformatie} = \frac{\delta \bar{u}}{\delta x} - \frac{\delta \bar{v}}{\delta y}$$

$$\text{Scherings deformatie} = \frac{\delta \bar{v}}{\delta x} + \frac{\delta \bar{u}}{\delta y} \quad (10)$$

In Figuur 2 is de invloed van deze 4 grootheden op een vierkant getekend. Divergentie geeft de veranderingen in oppervlakte van het vlak (vorm en vorticititeit veranderen niet). Vorticititeit geeft de rotatie van het vlak (oppervlakte en vorm veranderen niet).

Stretchings deformatie en scherings deformatie geven de veranderingen in vorm van het vlak (oppervlakte en oriëntatie veranderen niet).

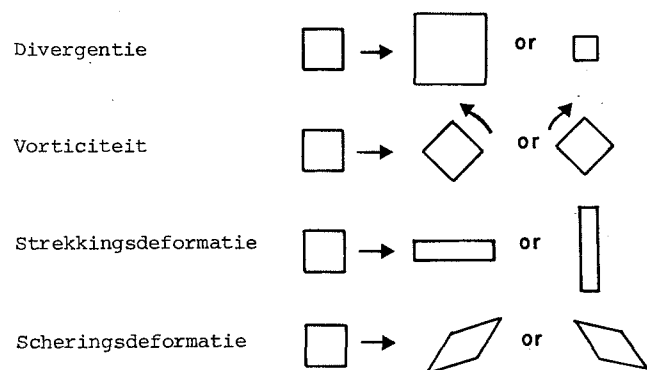


Fig. 2. Verandering in oppervlakte, oriëntatie en vorm van een vlak.

Uit de matrix van turbulente snelheidscomponenten kan men de standaard deviatie van deze componenten berekenen:

$$\hat{\sigma}_u = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n u_i^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

en

$$\hat{\sigma}_v = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Op dezelfde manier berekend men de standaard deviatie van de drijverposities t.o.v. het zwaartepunt:

$$\hat{\sigma}_x = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

en

$$\hat{\sigma}_y = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

waarin $\begin{pmatrix} \bar{x} \\ \bar{y} \end{pmatrix} = \vec{z}$ is de positie van het zwaartepunt.

Nu neemt men aan dat de turbulente diffusie coëfficiënten evenredig zijn met het product van $\hat{\sigma}_u$ en $\hat{\sigma}_x$, en met $\hat{\sigma}_v$ en $\hat{\sigma}_y$, en men definieert:

$$K_x = c \hat{\sigma}_u \hat{\sigma}_x$$

$$K_y = c \hat{\sigma}_v \hat{\sigma}_y$$

waarin c een evenredigheidsconstant is; K_x en K_y zijn de twee componenten van de turbulente diffusie coëfficiënt.

In deze formules is aangenomen dat de turbulente diffusie coëfficiënten K_x en K_y evenredig zijn met een representatieve turbulente snelheidsschaal en een mengings lengte schaal, dat deze schalen gerepresenteerd worden door $\hat{\sigma}_u$, $\hat{\sigma}_v$ en $\hat{\sigma}_x$, $\hat{\sigma}_y$ (OKUBO, 1976).

4.2.2. Waarnemingen (drijveroppervlak)

Teneinde het gedrag van het drijveroppervlak waar toemen onafhankelijk van de absolute positie van het drijveroppervlak, is de positie van ieder drijvers t.o.v. het zwaartepunt als functie van de tijd getekend in fig. 11 voor 19 en in fig. 23 voor 21 juni. In deze figuren werden slech

posities getekend als gegeven van 6 drijvers beschikbaar waren. De gepresenteerde figuren geven de veranderingen van het drijveroppervlak als functie van de tijd.

Deze veranderingen kunnen toegeschreven worden aan divergentie, rotatie, strekkings en scherings deformatie, en turbulente diffusie.

De volgende stap is al deze grootheden apart te berekenen. In deze berekeningen heeft men de snelheden van alle drijvers op hetzelfde tijdstip nodig.

Snelheden kunnen uitgerekend worden uit de 30 minuten posities van de drijvers. Natuurlijk kan een tijdfilter gemaakt worden door de snelheden uit de rekenen uit 2 posities met een tijdsverschil groter dan 30 minuten. Bijvoorbeeld een interval van 60 minuten filtert de bewegingen met een tijdschaal kleiner dan een uur uit.

De absolute snelheid van het zwaartepunt, de divergentie, de vorticititeit, de strekkings deformatie, de scherings deformatie en de diffusie coëfficiënten ($c=1$ genomen in (15)), zijn gegeven in de figuren 12 t/m 14 voor 19 juni en in de figuren 24 t/m 26 voor 21 juni. Alle grootheden zijn uitgerekend met een filter van een uur. Ook moet men in gedachten houden dat alle grootheden berekend zijn langs de getij baan van het drijveroppervlak.

Natuurlijk bepaalt de diameter van het drijveroppervlak of het lineaire snelheidsveld $\vec{u}(\vec{x}, t)$ slechts de shear van het georganiseerde grootschalig snelheidsveld bevat en het storingsveld $\vec{u}'(\vec{x}, t)$ slechts het turbulente deel.

Als de diameter veel groter is dan de schaal waarover de georganiseerde shear varieert, bevat het $\vec{u}'$ veld ook bijdragen die essentieel behoren bij het grootschalige snelheidsveld $\vec{u}$.

Een diameter kleiner dan de schaal van de grootste turbulante wervels geeft een contaminatie van de geschatte georganiseerde shear door turbulentie, als de shear verondersteld wordt gegeven te zijn door een lineair variërend snelheidsveld. Dus moeten we voor deze analyse aannemen dat een diameter van ongeveer 5000 m voldoet aan deze restricties

4.2.3. Stroommeter driehoek

De shear grootheden en de diffusiecoëfficiënten berekend uit drijver gegevens geven deze grootheden langs het pad van het drijveroppervlak.

Ook kan men de 4 shear grootheden uitrekenen in een stroommeter driehoek door gebruik te maken van een lineair (in de ruimte) variërend snelheidsveld zoals is beschreven onder 4.1.4. Dit veld geeft een shear matrix S en deze opbeurt bepaalt divergentie, vorticititeit, strekkings en scherings deformatie op de plaats van de stroommeter driehoek. In de figuren 27 en 28 zijn deze grootheden gegeven voor een konstantie van de stroommeters DD2, 12 en X.

4.2.4. Conclusies

De divergentie, rotatie, strekkingsdeformatie en scherings deformatie berekend uit stroommeter gegevens vergeleken met dezelfde grootheden berekend uit drijver gegevens gedurende dezelfde tijdintervallen, geven aan dat er periodes zijn in de grootheden van dezelfde orde van grootte zijn, maar dat er ook periodes zijn waarin ze volledig verschillen.

Dus het drijveroppervlak ondervond niet altijd dezelfde snelheidsgradiënten als die verkregen uit stroommeters

Dit geeft weer het bestaan van inhomogeniteiten aan

een schaal kleiner dan de stroommeter driehoek.

In de figuren is ondanks de vrij korte tijdseries een getijkarakter te herkennen, bijvoorbeeld in de divergentie van de drijvers.

5. RESUMÉ

Twee methoden zijn gebruikt om drijverbanen te simuleren uit stroommetergegevens. Het resultaat van de methode die gebruik maakt van 1 stroommeter wordt slechts licht verbeterd door gebruik te maken van 3 stroommeters. Fouten in de simulaties worden gemaakt omdat ruimtelijk variabiliteiten in het snelheidsveld bestaan die niet herkend worden door de stroommeters. De invloed van de variabiliteiten is groter dan de invloed van de snelheidsgradient over de stroommeter driehoek. Divergentie, vorticititeit, strekkings en scheringsdeformatie uit drijvergegevens hebben hetzelfde karakter als deze grootheden berekend uit 3 stroommetergegevens, maar soms komen verschillen van. Deze verschillen geven ook het bestaan van variabiliteiten in het snelheidsveld aan.

6. REFERENTIES

KIRWAN, A.D. Jr., G. McNALLEY, M.S. CHANG & R. MOLINARI, 1975. The effect of wind and surface currents on drifters. J. Phys. Oceanogr., 5, 361-368.

RIJKSWATERSTAAT afdeling Hellevoetsluis, brief d.d. 3 maart 1980, kenmerk 682.

LONGUET & M.S. HIGGINGS, 1969. On the transport of mass by time varying ocean currents. Deep Sea Research, 16, 431-447.

OKUBO, A. & C.C. EBBESMEYER, 1976. Determination of vorticity, divergence, and deformation rates from analysis of drogue observations. Deep Sea Research, 23, 349-352.

VACHON, W.A. 1974. Improved drifting buoy performance by scale model drogue testing M.T.S. Journal v. 8 n. 8, 58-62.

ZIMMERMAN, J.T.F., 1979. On the Euler-Lagrange transformation and the Stokes' drift in the presence of oscillatory and residual currents. Deep Sea Research, 26A, 505-520.

7. Figuren
7.1. Drijver experiment 19 juni 1979

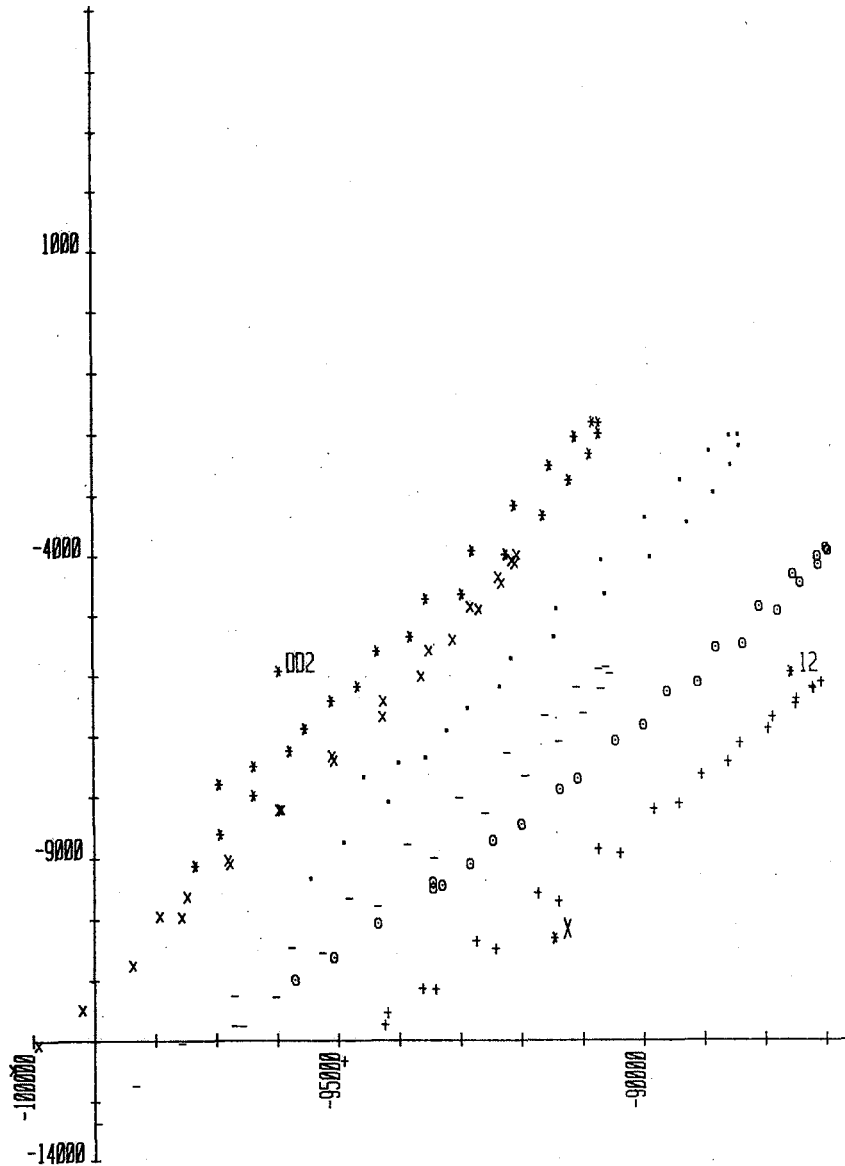


Fig. 3. 19 juni 1979. Drijverbanen.

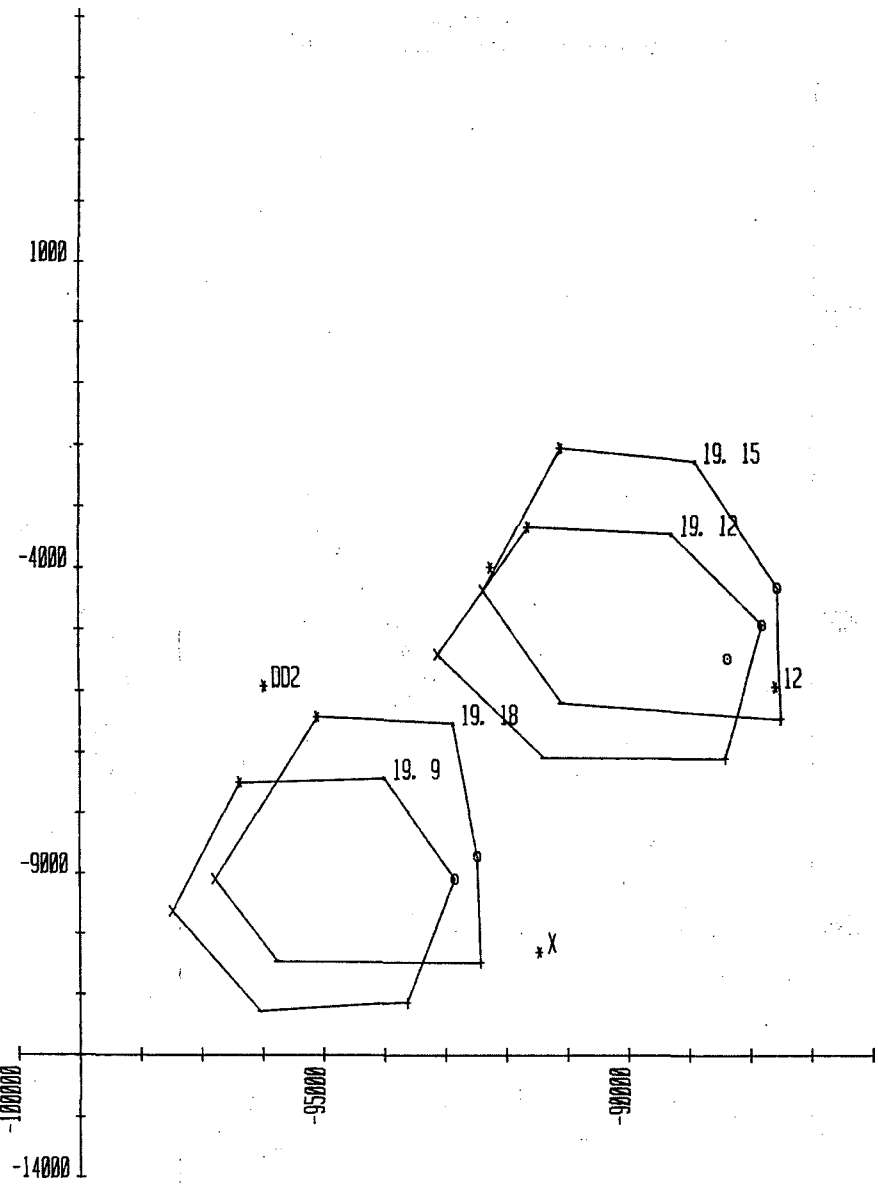


Fig. 4. 19 juni 1979. Vorm van het drijveroppervlak, elke 3 uur.

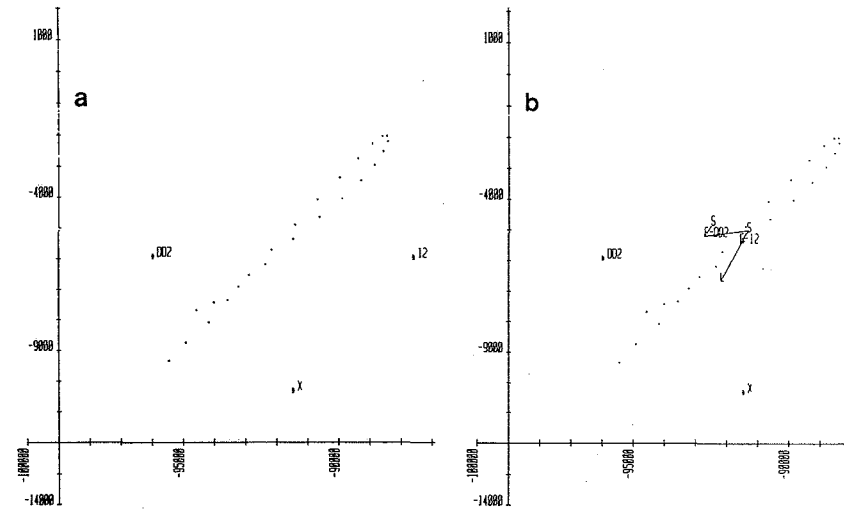


Fig. 5. 19 juni 1979. Drijver 1.
a) Drijverbaan van 08.45 uur tot 20.15 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, 12, en de Lagrangiaanse vector L, geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 08.45 uur tot 20.15 uur, 690 minute

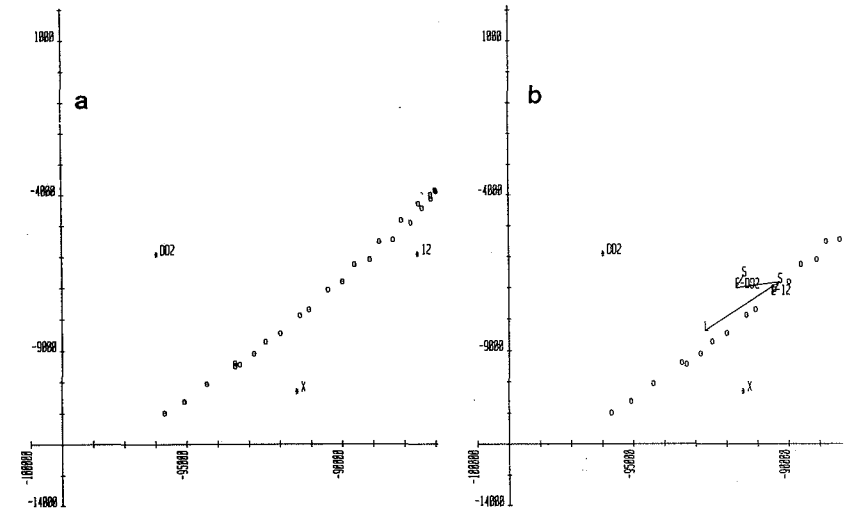


Fig. 6. 19 juni 1979. Drijver 2.
a) Drijverbaan van 08.15 uur tot 20.15 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X, 12, en Lagrangiaanse vector L, geplaatst in het zwaartepunt de drijverbaan. Van 08.45 uur tot 20.15 uur, 690 minuten.

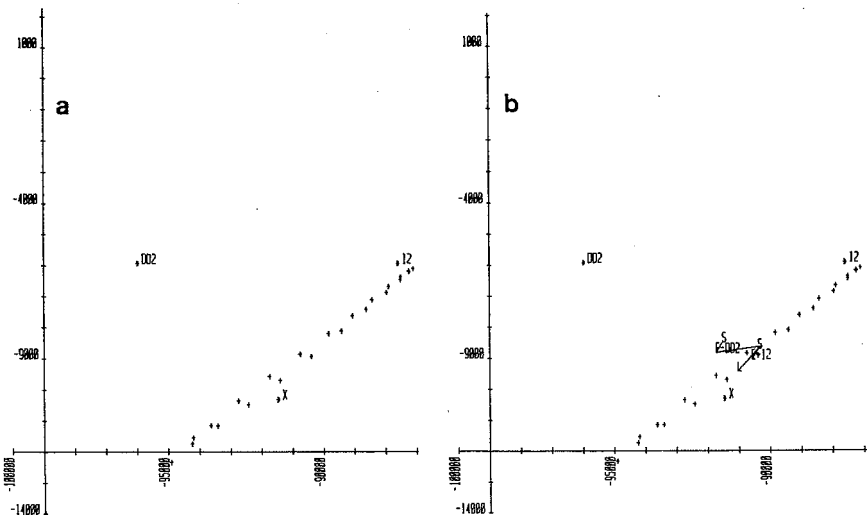


Fig. 7. 19 juni 1979. Drijver 3.
a) Drijverbaan van 08.45 uur tot 19.45 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X en 12, en de Lagrangiaanse vector L, geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 08.45 uur tot 19.45 uur, 660 minuten.

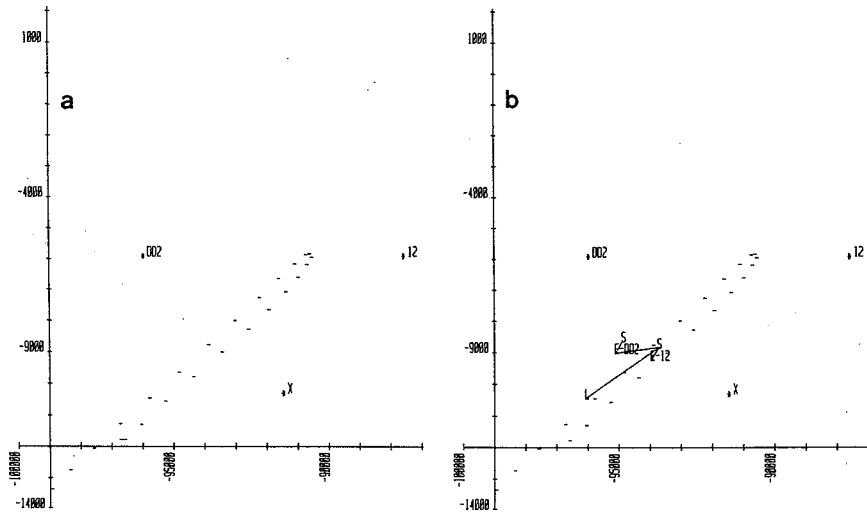


Fig. 8. 19 juni 1979. Drijver 4.
a) Drijverbaan van 08.15 uur tot 20.15 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X en 12, en de Lagrangiaanse vector L, geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 08.45 uur tot 20.15 uur, 690 minuten.

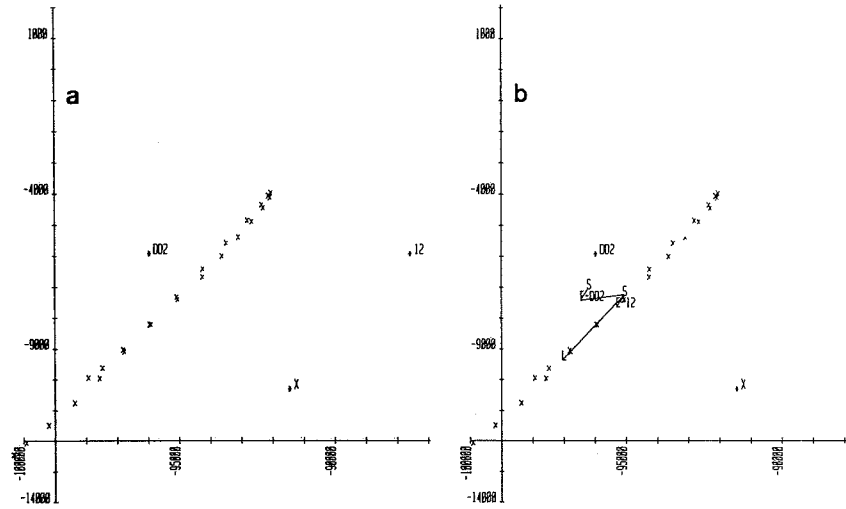


Fig. 9. 19 juni 1979. Drijver 5.
a) Drijverbaan van 08.45 uur tot 20.45 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X 12, en de Lagrangiaanse vector L, geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 08.45 uur tot 20.15 uur, 690 minuten

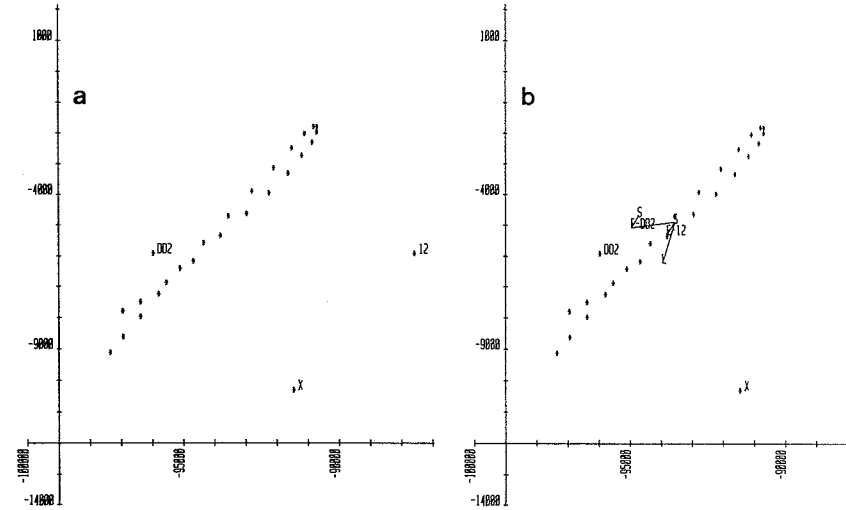


Fig. 10. 19 juni 1979. Drijver 6.
a) Drijverbaan van 08.45 uur tot 20.15 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, 12, en de Lagrangiaanse vector L, geplaatst in het zwaarte van de drijverbaan. Van 08.15 uur tot 20.15 uur, 690 minut

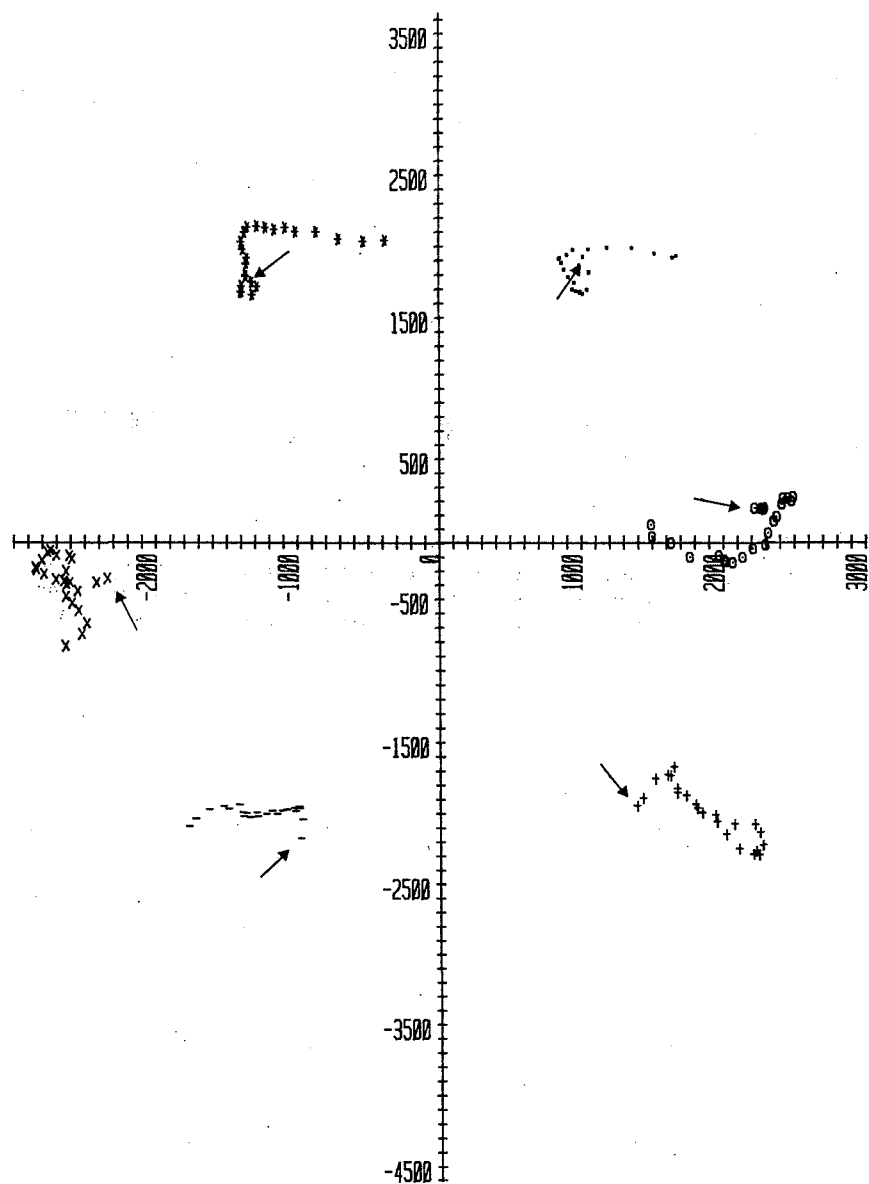


Fig. 11. 19 juni 1979. Verplaatsing van elke drijver ten opzichte van het zwaartepunt van het drijveroppervlak. Van 08.45 uur tot 19.45 uur.
→ Startpunt.

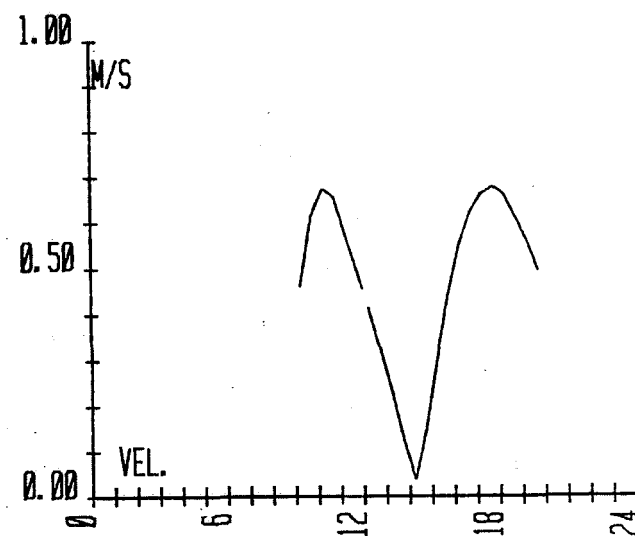


Fig. 12. 19 juni 1979. Absolute waarde van de snelheid van het zwaartepunt van de drijvers.

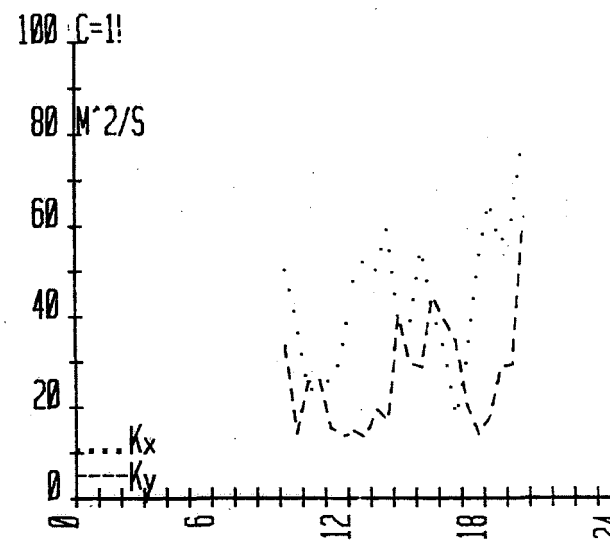


Fig. 13. 19 juni 1979. Turbulente diffusiecoëfficiënt van het drijveroppervlak, in de x- en y richting.

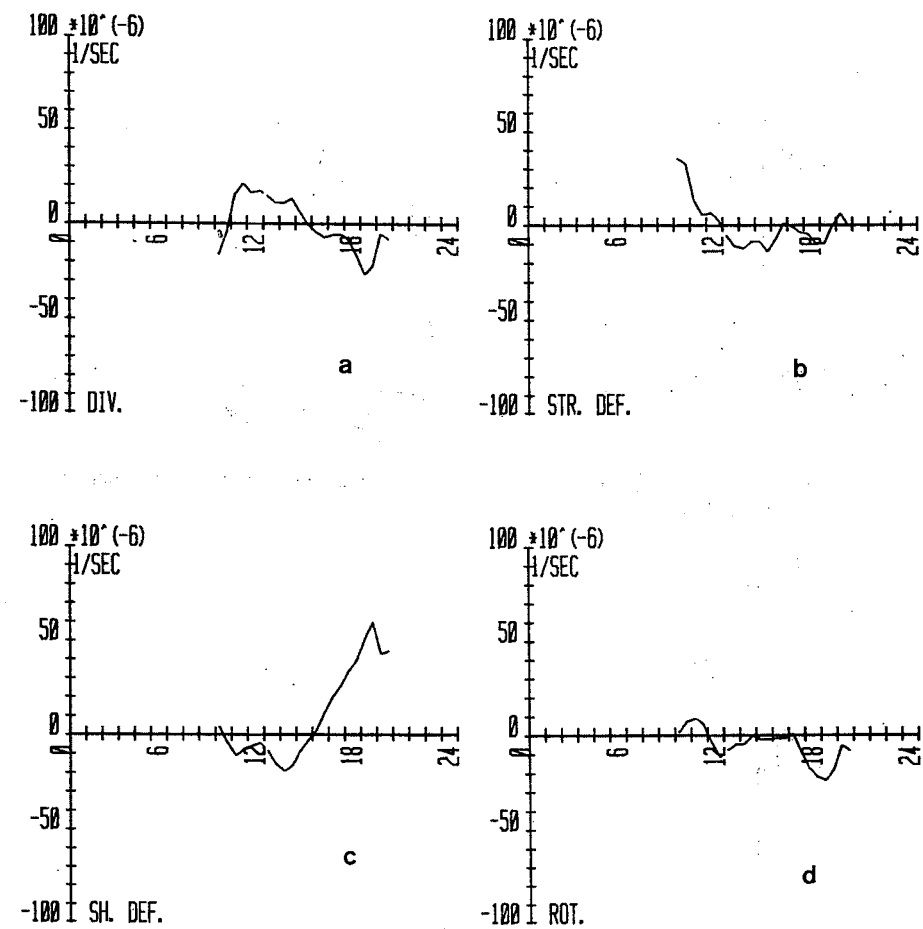


Fig. 14. 19 juni 1979. Drijvers.

a) Divergentie. b) Strekkingsdeformatie. c) Scheringsdeformatie.
d) Vorticiteit.

7.2. Drijver experiment 21 juni 1979

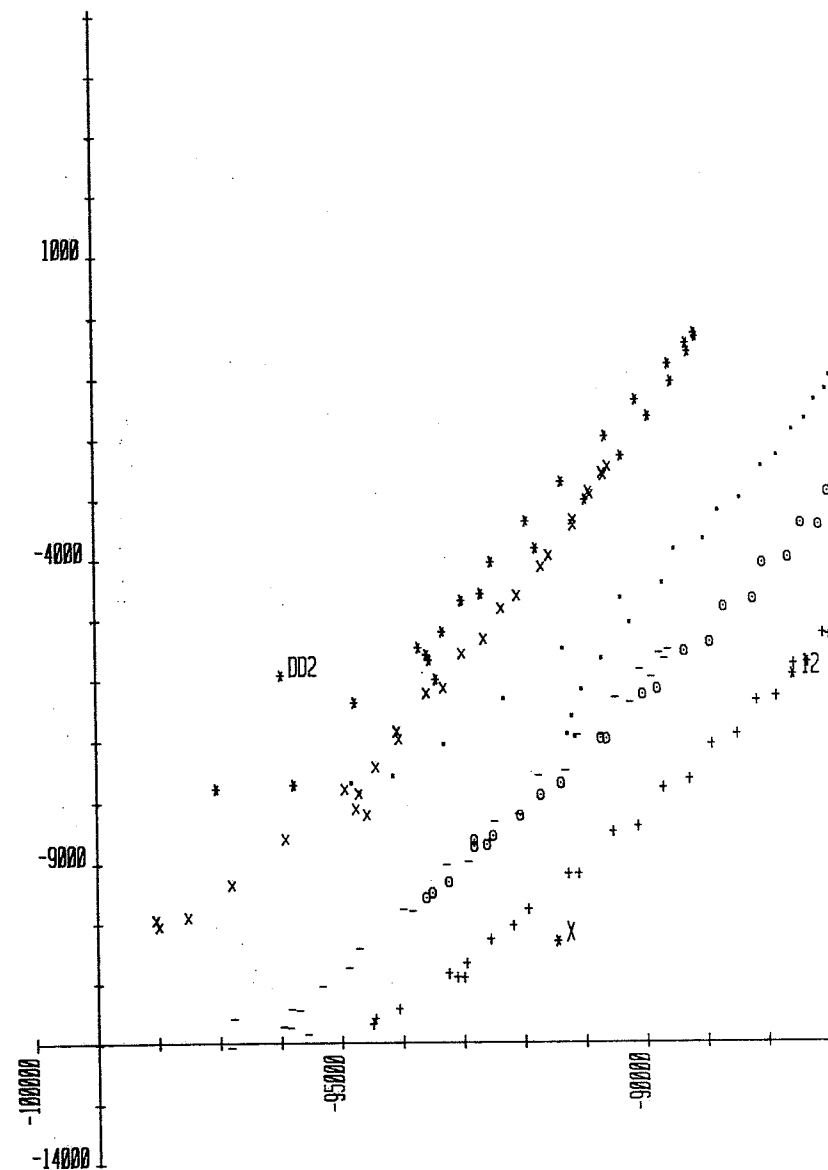


Fig. 15. 21 juni 1979. Drijverbanen.

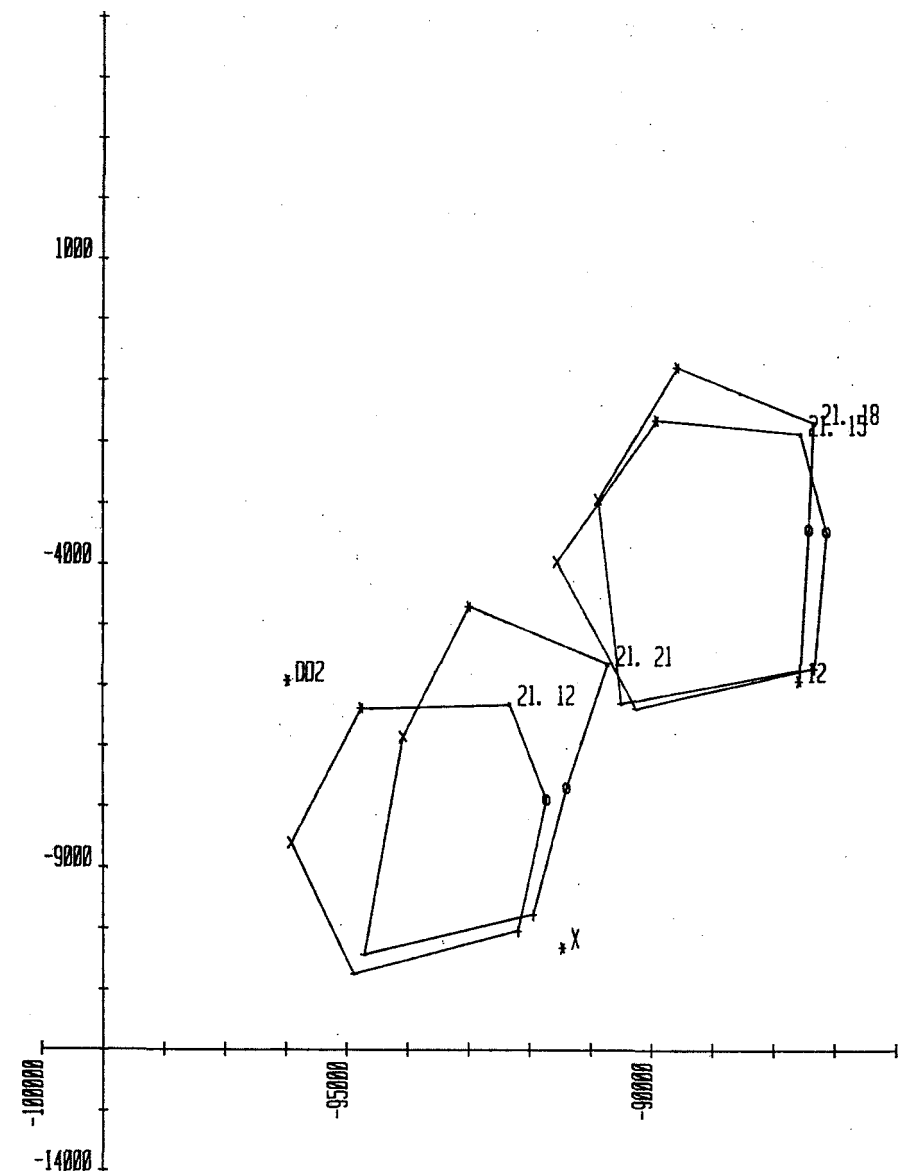


Fig. 16. 21 juni 1979. Vorm van het drijveroppervlak, elke 3 uur.

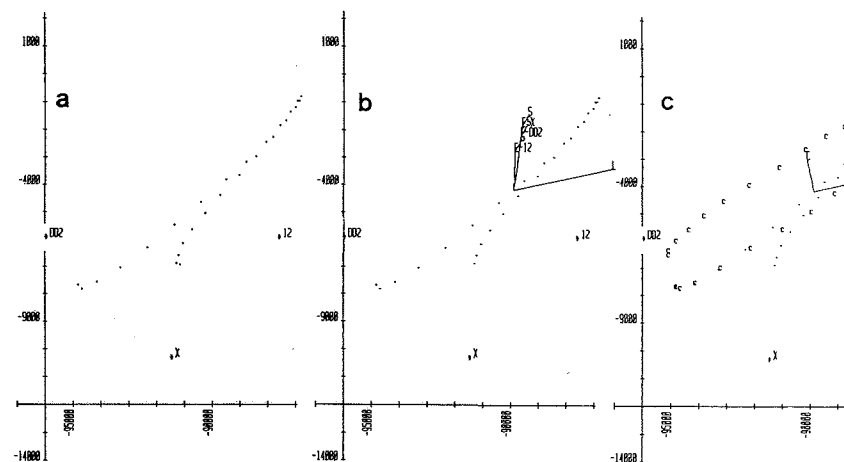


Fig. 17. 21 juni 1979. Drijver 1.

- a) Drijverbaan van 10.10 uur tot 23.10 uur.
- b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X 12, en de Lagrangiaanse vector L.
- c) Stroommeters DD2, X en 12 interpolatievector C en Lagrangia vector D.

Alle vectoren zijn geplaatst in het zwaartepunt van de drijver Van 10.10 uur tot 22.40 uur, 750 minuten.

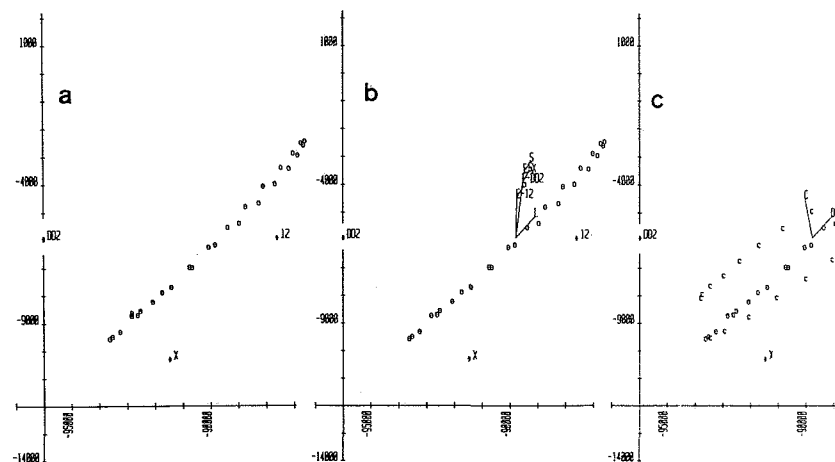


Fig. 18. 21 juni 1979. Drijver 2.

- a) Drijverbaan van 10.10 uur tot 23.10 uur.
- b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, 12, en de Lagrangiaanse vector L.
- c) Stroommeters DD2, X en 12 interpolatievector C en Lagrangia vector D.

Alle vectoren zijn geplaatst in het zwaartepunt van de drijver Van 10.10 uur tot 22.40 uur, 750 minuten.

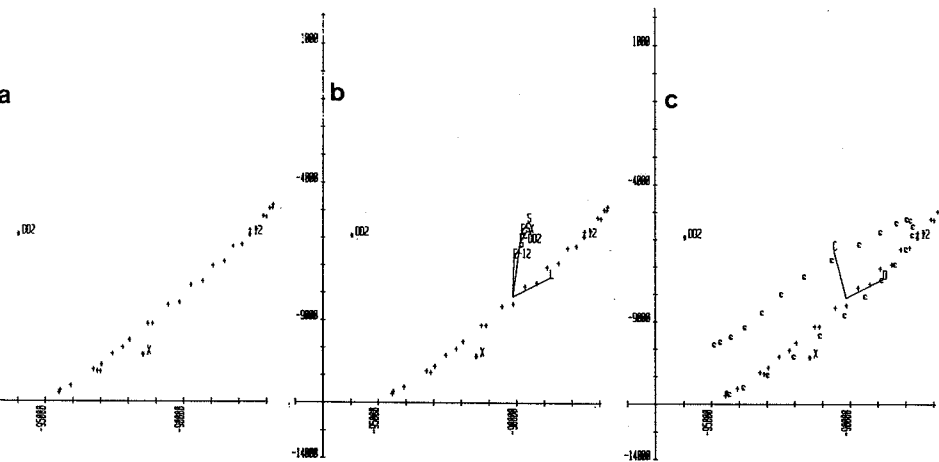


Fig. 19. 21 juni 1979. Drijver 3.
a) Drijverbaan van 10.10 uur tot 23.10 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X en 12, en de Lagrangiaanse vector L.
c) Stroommeters DD2, X en 12 interpolatievector C en Lagrangiaanse vector D.
Alle vectoren zijn geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 10.10 uur tot 22.40 uur, 750 minuten.

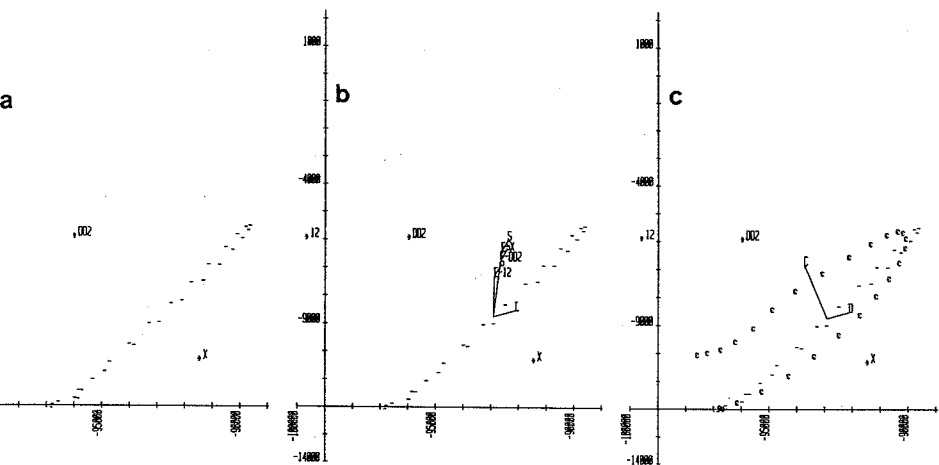


Fig. 20. 21 juni 1979. Drijver 4.
a) Drijverbaan van 10.10 uur tot 23.10 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X en 12, en de Lagrangiaanse vector L.
c) Stroommeters DD2, X en 12 interpolatievector C en Lagrangiaanse vector D.
Alle vectoren zijn geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 10.10 uur tot 22.40 uur, 750 minuten.

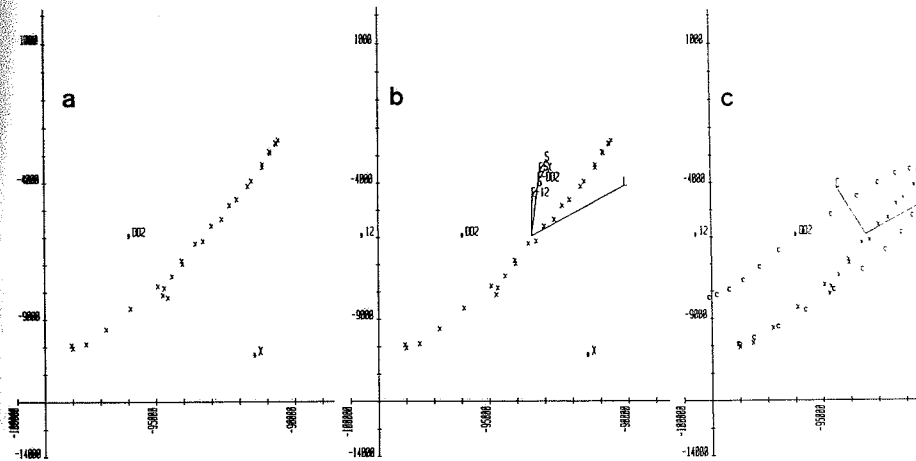


Fig. 21. 21 juni 1979. Drijver 5.
a) Drijverbaan van 10.10 uur tot 23.10 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X en 12, en de Lagrangiaanse vector L.
c) Stroommeters DD2, X en 12 interpolatievector C en Lagrangiaanse vector D.
Alle vectoren zijn geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 10.10 uur tot 22.40 uur, 750 minuten.

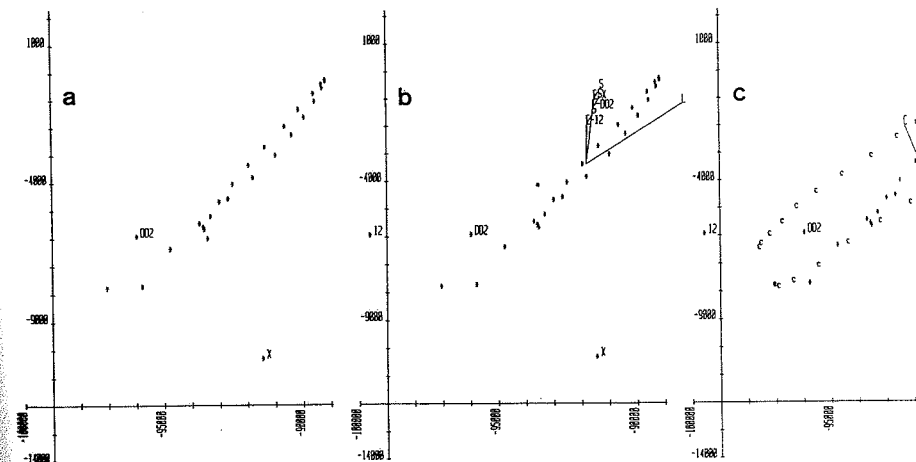


Fig. 22. 21 juni 1979. Drijver 6.
a) Drijverbaan van 10.10 uur tot 23.10 uur.
b) Eulerse en Stokes vectoren, E en S, van stroommeters DD2, X en 12, en de Lagrangiaanse vector L.
c) Stroommeters DD2, X en 12 interpolatievector C en Lagrangiaanse vector D.
Alle vectoren zijn geplaatst in het zwaartepunt van de drijverbaan. Van 10.10 uur tot 22.40 uur, 750 minuten.

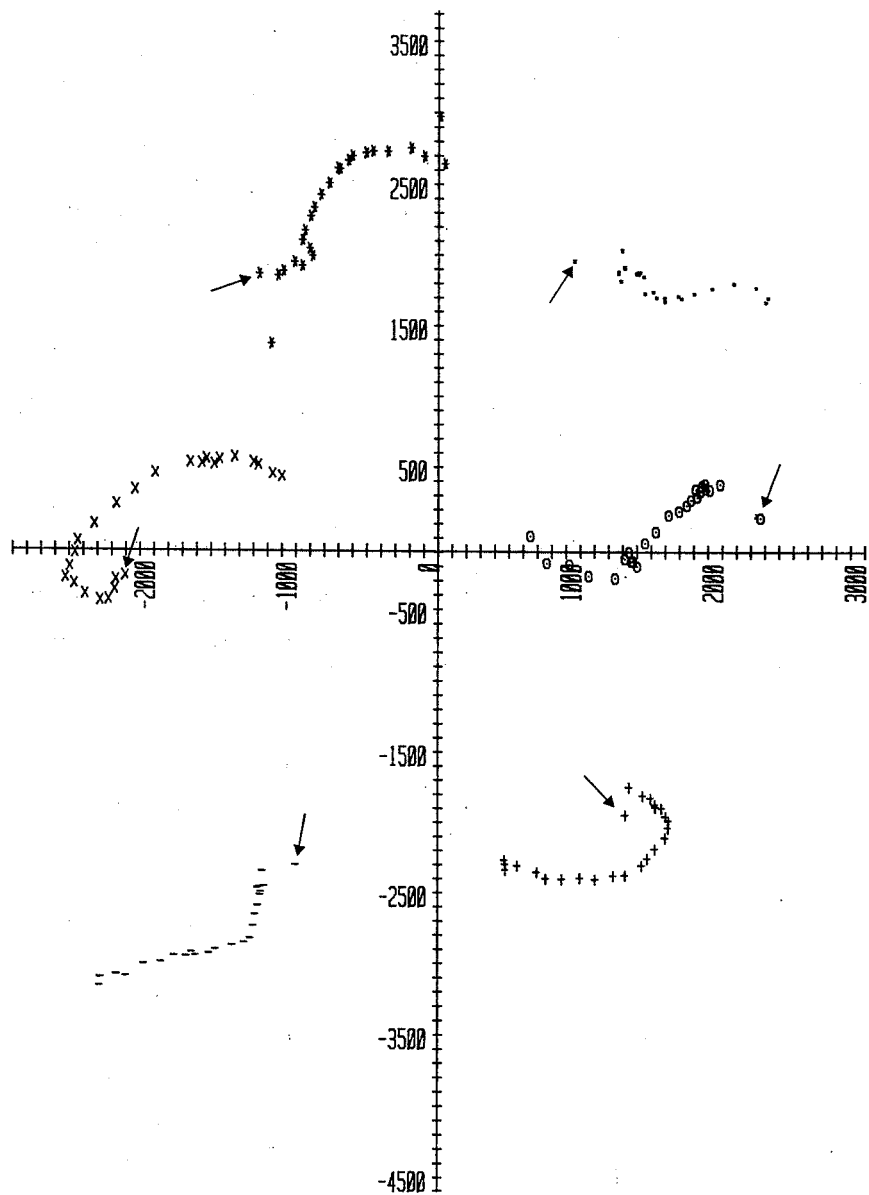


Fig. 23. 21 juni 1979. Verplaatsing van elke drijver ten opzichte van het zwaartepunt van het drijveroppervlak. Van 10.10 uur tot 23.10 uur.
→ Startpunt.

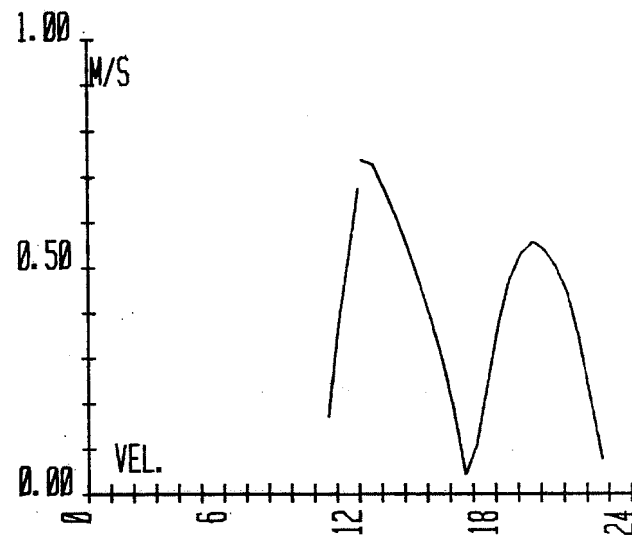


Fig. 24. 21 juni 1979. Absolute waarde van de snelheid van het zwaartepunt van de drijvers.

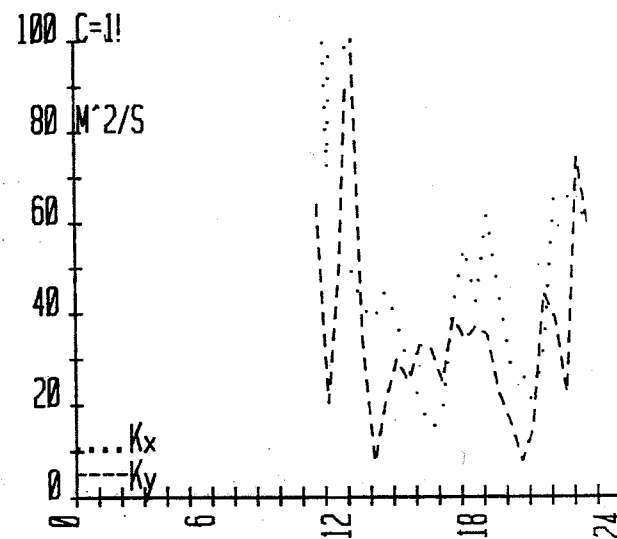


Fig. 25. 21 juni 1979. Turbulente diffusiecoëfficiënt van het drijveroppervlak, in de x- en y richting.

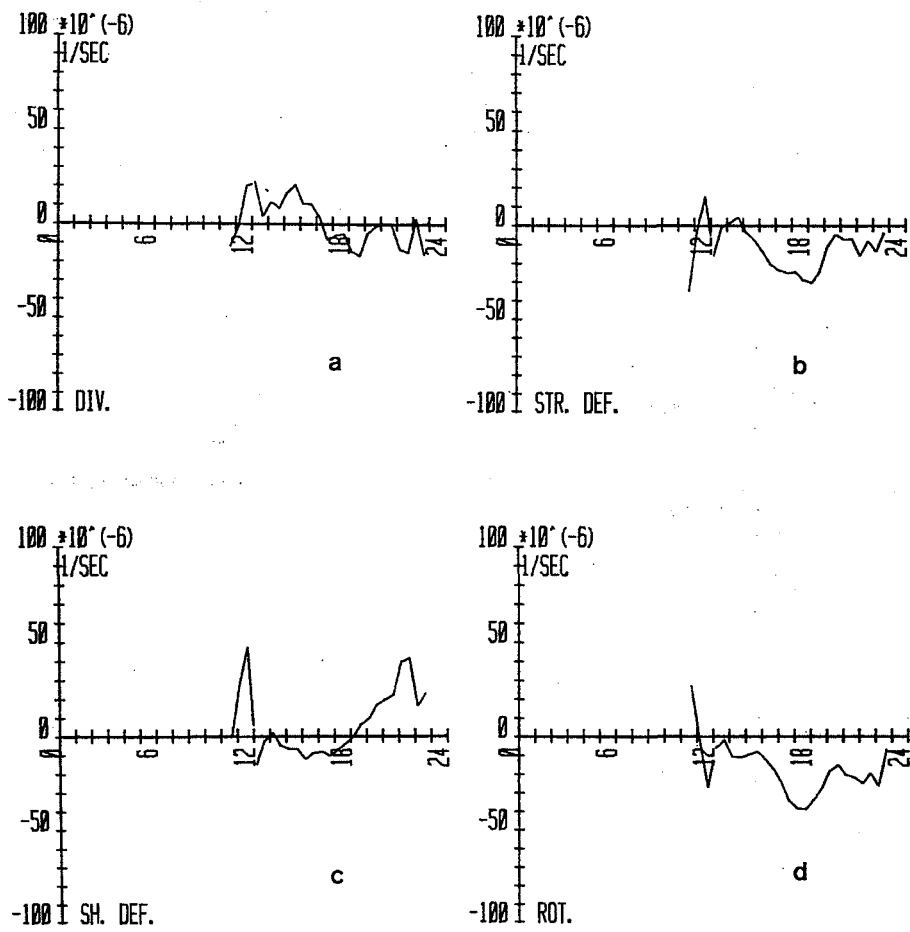


Fig. 26. 21 juni 1979. Drijvers.
a) Divergentie. b) Strekkingsdeformatie. c) Scheringsdeformatie.
d) Vorticiteit.

7.3. Stroommeters

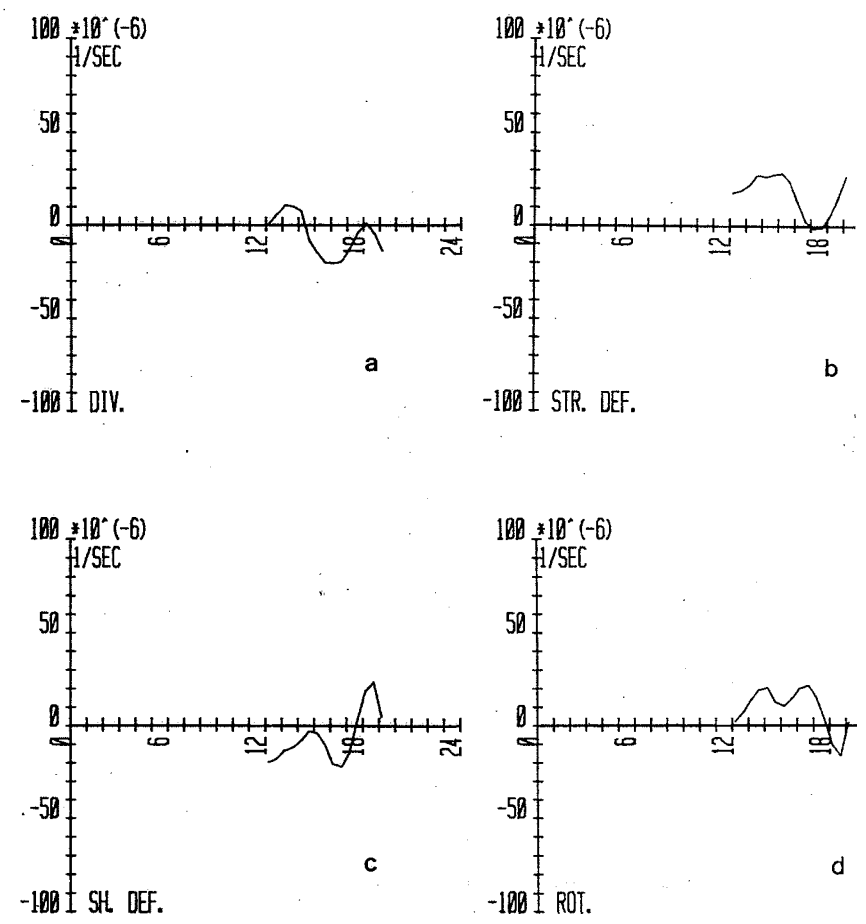


Fig. 27. 19 juni 1979. Stroommeters DD2, X en 12.
a) Divergentie. b) Strekkingsdeformatie. c) Scheringsdeformatie.
d) Vorticiteit.

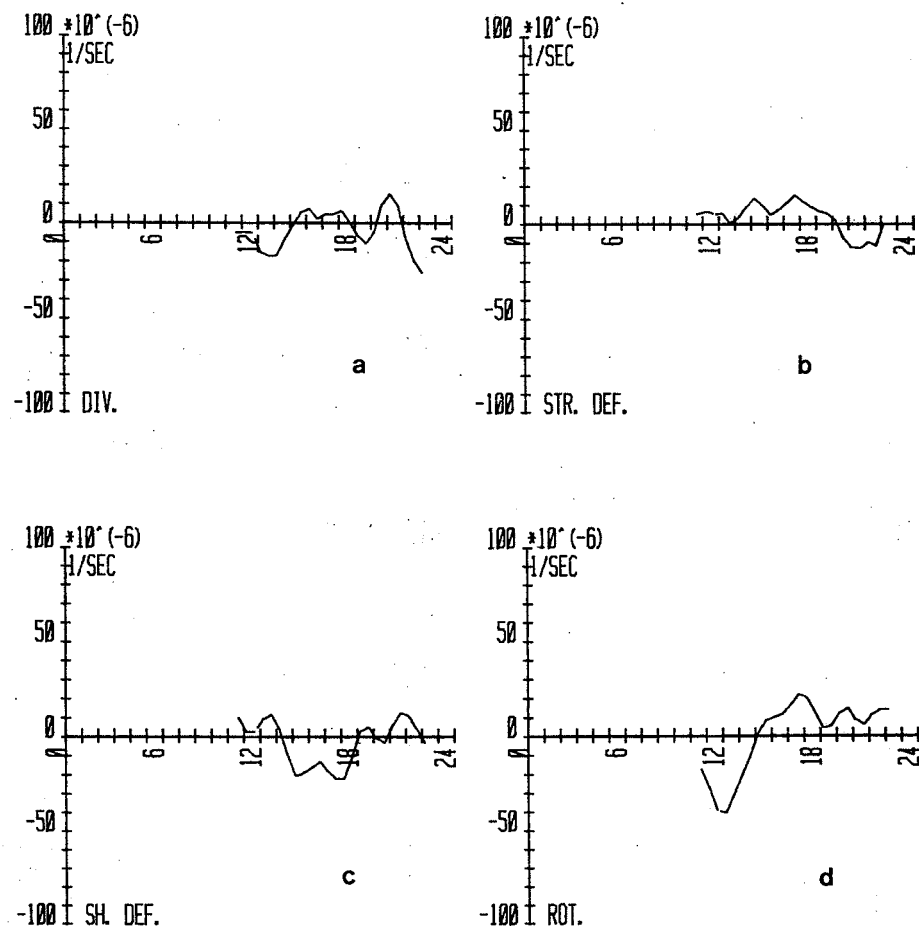


Fig. 28. 21 juni 1979. Stroommeters DD2, X en 12.

- a) Divergentie. b) Strekkingsdeformatie. c) Scheringsdeformatie.
d) Vorticiteit.