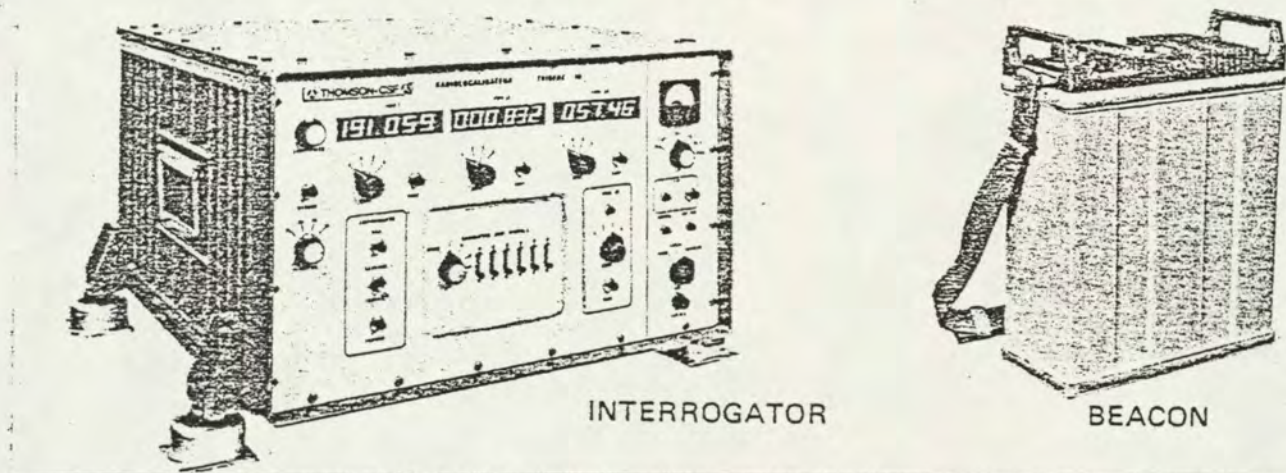


meetnetwerk een integratiesysteem (sommatie) toegevoegd dat ervoor zorgt, dat tracking mogelijk blijft gedurende een periode van 2 sek. (zgn. memory mode).

In figuur 8.5 is het Trident III systeem afgebeeld.



FIGUUR 8.5

8.10 Toepassing in het S.V.K.O. projekt

8.10.1 Bakenopstelling

In figuur 8.6 zijn de opstelpunten van de bakens voor het Trident III systeem afgebeeld.

Arvankelijk is begonnen met vijf walbakens, maar door o.a. het opwerpen van hoge zanddepots, pijlerbouw bleek een uitbreiding tot acht bakens noodzakelijk.

8.10.2 Aard van het gebruik

De plaatsbepaling met behulp van het Trident III systeem wordt gebruikt door :

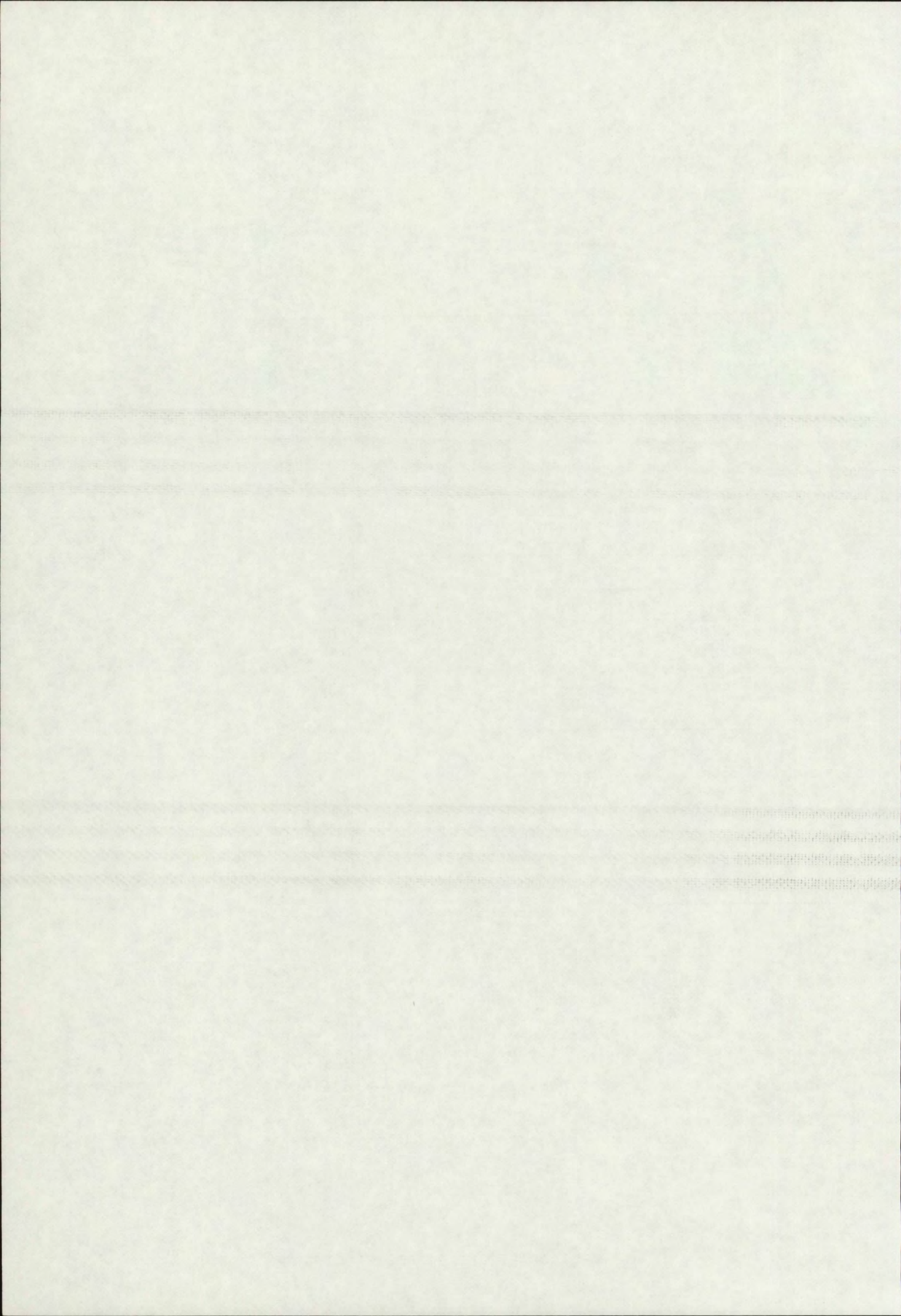
- het pijlerhefschip Ostrea voor navigatie in groot vaargebied.
- de Schollevaer en Scholekster t.b.v. lodingswerkzaamheden
- de Katse Veer, t.b.v. duikwerkzaamheden.
- hopperzuigers, t.b.v. baggerwerkzaamheden.
- de Steenvliet, t.b.v. stroom-, drijver- en sonarmetingen.
- het ankerbehandelingsvaartuig Arca.
- de Wijker Rib t.b.v. de onderwaterinspectie met de Portunus.

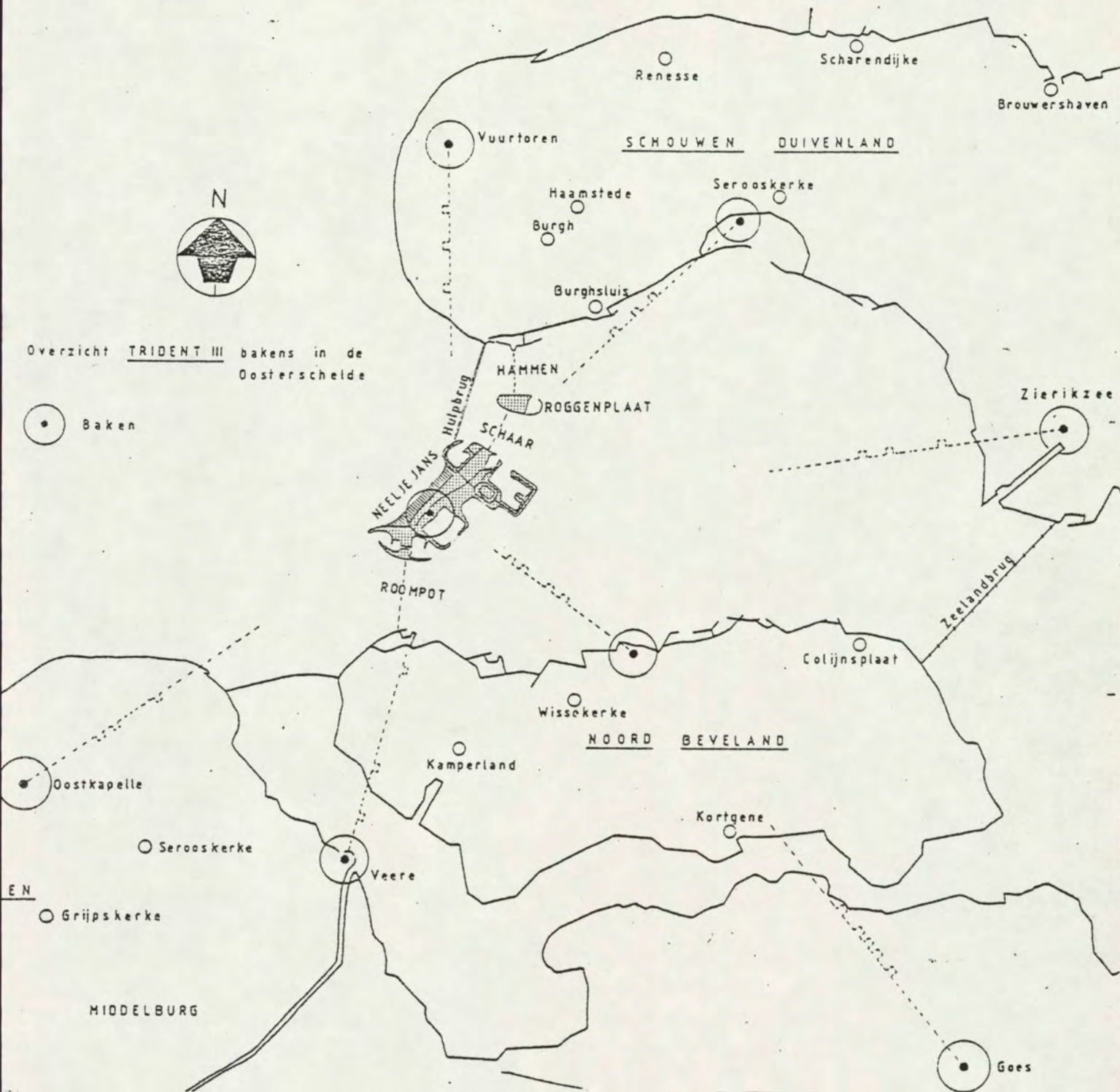
8.10.3 Survey systemen

De Trident III systemen worden alle gebruikt in combinatie met een komputer en randapparatuur, waarvan de samenstelling afhangt van de toepassing. In het S.V.K.O. projekt zijn tien Trident III systemen in bedrijf, waarvan een systeem gekoppeld is, als een van de vele sensoren, aan de PDP 11/34 komputer op het hefschip Ostrea.

De overige Trident III systemen zijn gekoppeld aan een Hewlett Packard HP 9825.

De plaatsbepalingsgegevens worden in het door de gebruikers opgegeven assenstelsel berekend, gepresenteerd of doorgegeven naar een ander data acquisitiesysteem.





FIGUUR 8.6

Afhankelijk van het doel kan de presentatie geschieden op :

- een IP 1 of HP 9872 plotter
- een HP 2621 beeldscherm
- een IEE Argus type maxi 256 karakters display
- een HP 9876 A printer
- het 31 karakterdisplay van de HP 9825

8.10.4 Monitor

Een belangrijk hulpmiddel bij het operationeel houden van het Trident III systeem is de bewaking van het systeem via de z.g.

monitor interrogator.

Met een speciaal daarvoor ontwikkeld programma kan men onafhankelijk van het wel of niet aanwezig zijn van personeel, alle bakens worden ondervraagd op elk gewenst tijdstip, ook in de weekeinden. Het Trident III systeem kent behalve voor de bakens ook voor de interrogator een standby optie, die door de komputer kan worden bestuurd. Dit heeft tot voordeel, dat de zendbron alleen dan in gebruik hoeft te zijn, als de gebruiker een controle wenst van het systeem. De meetgegevens van de bakens kunnen naar keuze worden gepresenteerd op een HP 2621 beeldscherm, een HP 9872 80 karakter printer, en worden altijd opgeslagen op een tape. Het operator programma is zodanig ingericht dat allerlei handelingen, zoals het beproeven van interrogators, het testen van softwareprogramma's, het prepareren van tapes voor de vaartuigen, kunnen plaatsvinden zonder dat de monitor gegevens verloren gaan.

8.10.5 Testen

Het Trident III systeem voor de S.V.K.O. is in juni 1979 opgericht en is vanaf dat moment gegroeid naar de huidige grootte van 10 interrogators en 8 walbakens. Voor het Trident III systeem was het gebruik van de 1219 MHz en het daarbij behorende zendgedeelte nieuw, wat aanvankelijk nogal wat problemen heeft opgeleverd bij het verkrijgen van een redelijke levensduur van de zendbron. Er hebben vele testmetingen plaatsgehad om zekerheid te krijgen omtrent de kwaliteit van het systeem.

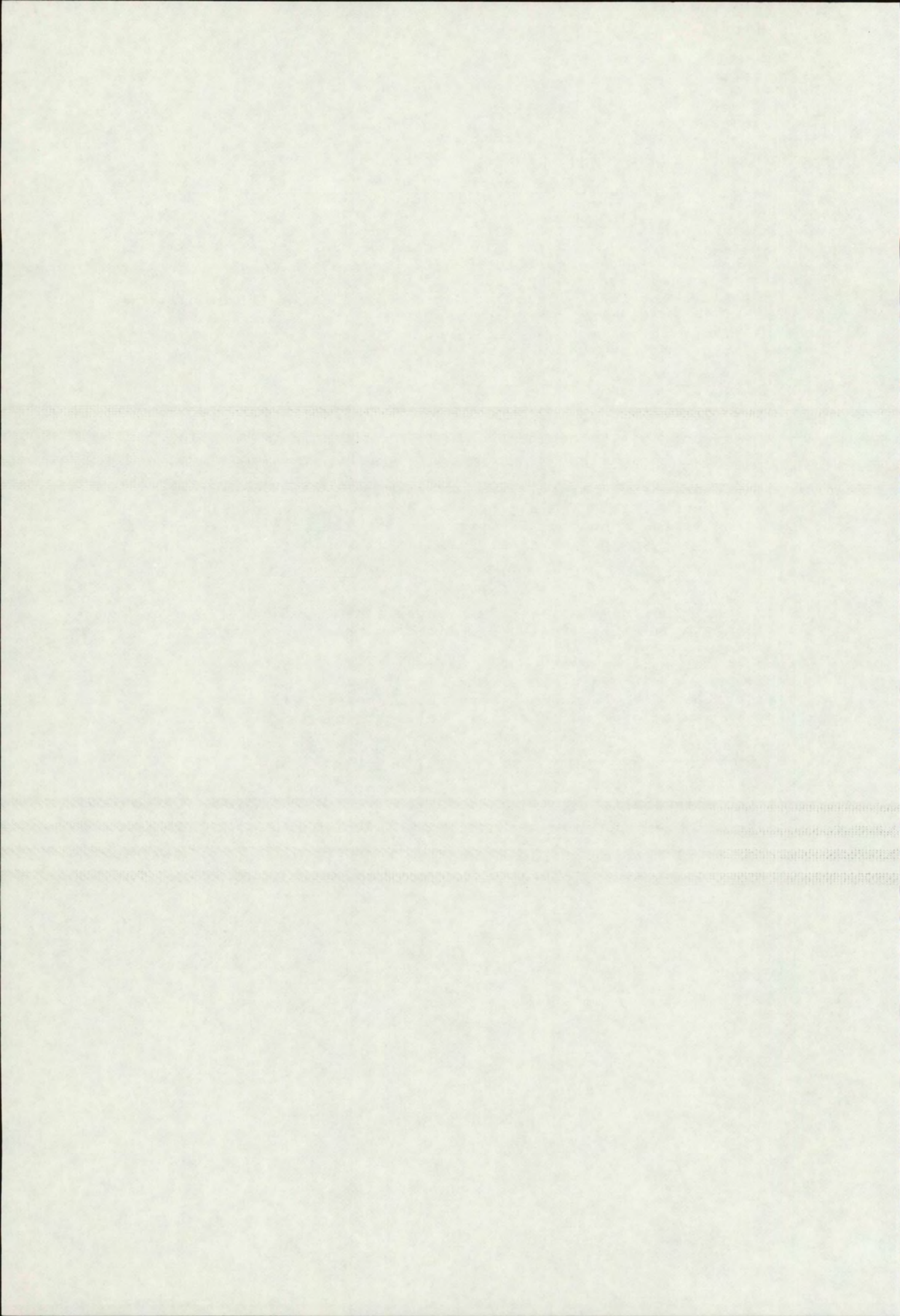
De testmetingen bestonden uit :

- stabiliteitsmetingen met een vast opgestelde ontvanger
- bepalen van de reflektiegevoeligheid door rondom werkpontons (Jan Heijmans) te varen
- duurmeting om de levensduur van de zendbron te bepalen
- bepalen van de invloed van afscherming
- bepalen van de invloed van meteorologische effecten
- bepalen van de nauwkeurigheid uit kalibratiemetingen.

8.10.6 Interne apparatuur testen

Het systeem heeft de mogelijkheid om een aantal apparatuur functies te controleren zoals :

- het uitgezonden vermogen door de interrogator
- de ontvangen signaalsterkte van de walbakens
- m.b.v. gekalibreerde afstanden kan een controle verkregen worden op de werking van de meetkanalen



8.13 Ervaringen

8.13.1 Inzet

De algemene indruk is, dat als de apparatuur met kennis van zaken wordt gebruikt, goed inzetbaar is.

Het werken met de 10 interrogators rond de stormvloedkering en 4 in andere delen van het Oosterscheldebekken op dezelfde walbakens en op dezelfde frequentie, heeft geheel volgens de verwachting geen problemen gegeven. De verwachting is dat tot 25 gebruikers kan worden gegaan. Van de 10 interrogators worden er enkele mobiel gebruikt o.a. op de hoppervaartuigen en de ankerbehandelingsvaartuigen.

Het gebruik van een systeem, zoals Trident III dat 4 in plaats van de noodzakelijke 2 afstanden meet, heeft duidelijk haar voordelen in het gebruik aangetoond.

8.13.2 Storingen

De storingen die kunnen optreden zijn :

- frequentiestoringen
- meteorologische storingen
- storingen a.g.v. afscherming
- storingen a.g.v. reflecties
- storingen a.g.v. interferentie

8.13.2.1 Frequentiestoringen

Tot nu toe is, voor zover dat kan blijken uit meetgegevens, nooit last ondervonden van eventuele onbekende medegebruikers in dezelfde frequentieband van 1219 MHz, voor andere dan plaatsbepalingsdoelinden.

8.13.2.2 Meteorologische storingen

Meteorologische condities blijken weinig of geen invloed te hebben op de werkbaarheid van het systeem, ondanks het feit, dat de afstanden van 20 km voorkomen. Gezien het toegediende vermogen van 1000 Watt mag dat ook niet verwacht worden.

8.13.2.3 Storing, als gevolg van afscherming

De werking van het systeem houdt niet direkt op bij een direkt zicht verbinding tussen interrogator en walbaken, maar loopt enige afstand door in het "schaduw" gebied van het afschermende objekt. Dit gaat echter wel gepaard met sterke signaaldaling en enig verlies in nauwkeurigheid van enkele meters.

8.13.2.4 Storing, als gevolg van reflecties

Alhoewel het systeem in vele situaties het hoofd biedt aan reflecties zijn er situaties, waarin men daar degelijk rekening mee moet houden. De afgelegde weg tussen de pulsen van een kodetrein is ca. 400 m. Als het weglengteverschil tussen het rechtstreeks ontvangen signaal en het door een achterliggende obstakel gereflekteerde signaal ook ca. 400 m is, zal er vermindering van de kode plaatsvinden en de afstand naar het betreffende baken een ongeldige status hebben.

8.13.2.5 Storing, als gevolg van interferentie

Elk radioplaatsbepalingssysteem kent het verschijnsel van interferenties. Afhankelijk van frequentie, zender/ontvanger hoogten en werkafstand kan men daar meer of minder last van ondervinden. Voor het Oosterschelde gebied geeft de huidige opzet in het geheel

geen problemen voor vaartuigen met een gangbare hoogte van ca. 20 m. Voor hogere antenne opstelling op de schepen kunnen bij bepaalde zeekondities interferenties optreden. In de praktijk levert dit echter geen werkbaarheidsproblemen op, omdat dergelijke vaartuigen met een hoge antenne opstelling, elke gewenste keuze kunnen maken uit de acht opgestelde bakens.

8.14 Apparatuur

De ervaring heeft geleerd dat de antennesignaalkabel aansluitingen met veel zorg waterdicht moeten worden gemaakt, aangezien anders veel energie verloren gaat door vocht in de signaalkabel.

8.15 Onderhoud

Het Trident III systeem heeft als zendbron een keramische triode, welke een beperkte levensduur, gegarandeerd tot 2000 uur, heeft. De praktijk heeft aangetoond, dat deze levensduur juist is. Zendbronnen in apparatuur, die continue in bedrijf zijn, blijken echter een langere levensduur te kunnen hebben.

Vanwege deze beperkte levensduur, welke geen problemen oplevert ten aanzien van de inzetbaarheid, wordt de apparatuur regelmatig aangeboden voor het monteren van nieuwe zendbronnen en voor preventief onderhoud.

In de praktijk blijkt dat op de 10 Tridents, 1 Trident nodig is als wissel interrogator, terwijl met betrekking tot de bakens uitgegaan wordt van de filosofie dat in de overvloedigheid van de beschikbare afstanden (4 per meting) voldoende reserve zit om een korte reparatie duur van 1 of 2 dagen op te vangen.

8.16 Tellurometer

8.16.1 Inleiding

De Tellurometer model MRA 3-MK II is een afstandmeter vervaardigd door Tellurometer (UK) Ltd, deel uitmakend van de Plessey groep. Het is een instrument, bedoeld voor landmeetkundige toepassingen, werkend in de band van 106 Hz. Dit type tellurometer is niet meer in productie.

8.16.2 Principe

Om een afstand te meten is een set van 2 apparaten nodig. De een is het hoofdinstrument, de ander het neveninstrument. Het neveninstrument doet dienst als actieve reflektor. In het hoofdinstrument vindt de fasemeting plaats, die een maat is voor de afstand. Omdat beide instrumenten gelijktijdig uitzenden, is onderscheid nodig in de uitgezonden draaggolffrequenties.

De eigenlijke afstandmeting gebeurt door de uitgezonden draaggolf te moduleren met ander signaal. Met een modulatiefrequentie van ca. 7,5 MHz. Dit betekent, dat de modulatie patronen zich elke 40 m herhalen. Het hoofdinstrument meet het faseverschil tussen de fase, van het uitgaande gemoduleerde en de fase van het door het neveninstrument teruggezonden signaal.

Verplaatst het hoofdinstrument zich 20 m in de richting van het neveninstrument, dan zal de som van de heen- en terugmeting 40 m veranderen. Dit wil zeggen een faseverandering van 0 tot 360 graden van de modulatiefrequentie komt overeen met 20 m verplaatsing.

Men meet op deze wijze niet de hele afstand maar een deel ervan, namelijk de afstand verminderd met een geheel aantal keren 20 m. De eenduidigheid van het systeem op deze wijze gebruikt, is dan 20 m.

Voor landmeetkundige doeleinden kan men, om de volledige waarde van de afstand te verkrijgen, metingen doen in nog 4 modulatiefrequenties, die zo gekozen zijn, dat de uitkomsten van de fasemetingen respectievelijk de ontbrekende 100, 1.000, 10.000 en 100.000-tallen geven.

8.16.3 Toepassing bij de S.V.K.O.

8.16.3.1 Rand van de werkzaamheden

Bij de Oosterscheldewerken zijn 4 tellurometersets in gebruik. Drie hiervan, eigendom van de fa. Bitumarin te Zaltbommel, zijn vanaf het allereerste begin van de werken ingezet om de plaatsbepaling te verzorgen van de Jan Heijmans bij het aanbrengen van de asfaltmastiek op de bodem.

Twee sets dienen als reserve plaatsbepaling van het werkpunton Cardium. Het ligt niet in de bedoeling om met dit systeem "kwaliteitswerk" te maken, het is uitgelegd om tijdens het matleggen in geval van een ernstige storing in het hoofdplaatsbepalingssysteem of plotselinge slecht zicht condities toch de mat in het al opengebroken cunet verder te kunnen leggen.

Voor de Jan Heijmans, die uitgerust is met een jet-, stort- en peilinstallatie dient het tellurometersysteem als back-up systeem.

8.16.3.2 Opstelling

Voor het werk in het sluitgat Hammen is een opstelling gemaakt op de de omloop van de vuurtoren Haamstede en in een kantelpaal bij het gehucht Heerenkeet tussen Burghsluis en Zierikzee.

Het opstellen van de neveninstrumenten op wat grotere afstanden respectievelijk 3 en 10 km heeft het voordeel dat de bundelhoek (9 graden) van de walapparaten een groter werkingsgebied bestrijken zodat bijstellen van de antenne richting voor dit sluitgat niet meer nodig is.

Op beide lokaties staan 2 neveninstrumenten naast elkaar opgesteld.

8.16.3.3 Frequenties

Omdat het Cardium en de Jan Heijmans gelijktijdig plaatsbepaling nodig hebben, zijn er 4 verschillende sets van elk 2 instrumenten in gebruik. Goed afspraken in het gebruik van de frequenties voorkomen dat er "overspraak" plaats heeft tussen de 8 instrumenten.

8.16.3.4 Werkwijze

De tellurometer van het type MRA 3 is eigenlijk een landmeetkundig instrument dat in de Oosterschelde voor hydrografische werkzaamheden wordt ingezet.

Om een afstand eenduidig te bepalen is een meting in meerdere frequenties nodig onder statische omstandigheden. De bundelhoek van zowel het hoofd- als neveninstrument is ca. 9 graden, hetgeen betekent dat voor het gericht houden ook enigszins statische omstandigheden nodig zijn.

Toepassing van dit instrument is toch mogelijk vanwege de bijzondere werkwijze. Beide pontons "varen" met behoud van koers volgens vaste patronen en kunnen indien nodig nagenoeg onbeweeglijk in de ankerdraden worden gehouden.

De Cardium gebruikt haar hoofdplaatsbepalingssysteem (Minilir/AGA) om het gehele aantal 20 m eenheden te bepalen.

Indien op de Jan Heijmans de positie "onbekend" is, wordt soms wel van meerdere modulatie frequenties gebruik gemaakt, teneinde bij de start de 100- en 1000-tallen via de afstand te bepalen.

Voor beide werkpontons geldt dat als eenmaal de afstand bekend is, tijdens het meten wordt bijgehouden hoeveel eenheden van 20 m er gepasseerd zijn.

Het werken op korte afstanden zoals eerder gebruikelijk was vroeg aan de wal veelvuldig bijstellen van de richting van het walinstrument, hetgeen veel personeelsinspanningen vergde.

Met opstelpunten op 5 tot 10 km afstand werd dit probleem van gericht houden opgelost. Aan boord van de Cardium kan de tellurometer met behulp van afstandbediening worden gedraaid in de richting van het walinstrument. Om elektrisch te kunnen richten, is de signaalsterkte meter uit de tellurometer gehaald en in het bedieningshuis geplaatst.

Het zo goed mogelijk afstemmen van de frequentie en andere controles moet wel aan de apparatuur zelf gedaan.

8.16.3.5 Survey systeem

Op de Cardium is de tellurometer onderdeel van een opzichzelf staand noodstelsel, waarin een HP 9825 en een alfa-numerieke display zijn opgenomen. Op het display bij de verhaallessenaar worden de X en Y coördinaten en de achterkant van de matrol gepresenteerd.

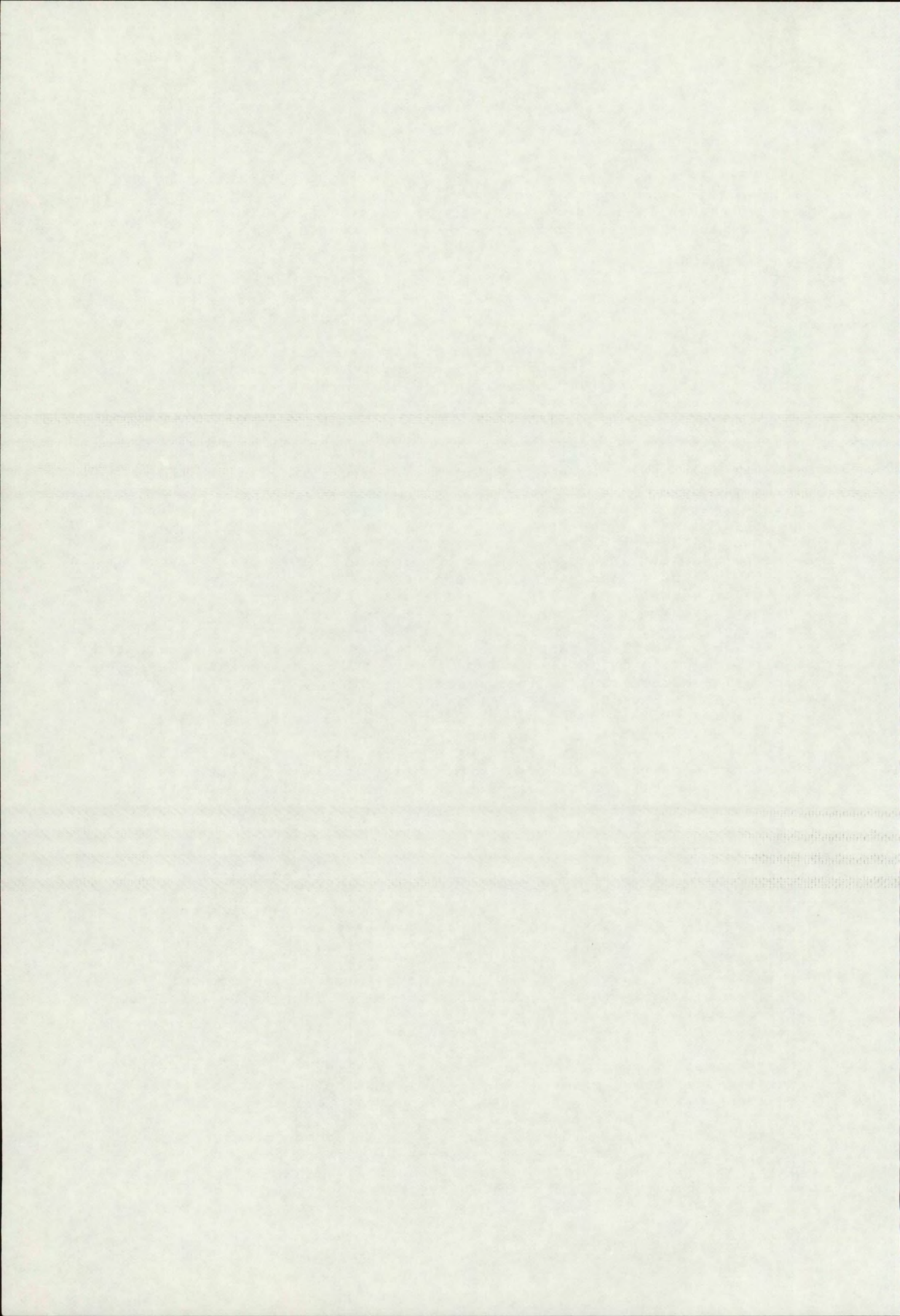
De Jan Heijmans gebruikt de tellurometer als back up op de enkelvoudige positiebepaling met een Minilir/AGA combinatie.

Het tellurometer systeem is een volledig geïntegreerde back up in het geheel en de wijze van presentatie is onafhankelijk van de apparatuur welke de positie levert.

De HP 9825 kan niet rechtstreeks lezen aan de tellurometer.

Uit een gemodificeerde MRA 3 komen twee signalen, namelijk twee 1 KHz signalen gesuperponeerd op ene gelijkspanning. Van deze twee signalen wordt door de interfaceschakeling het faseverschil bepaald en omgezet in een puls op T.T.L.-niveau.

Van deze T.T.L.-puls is de pulsduur bepalend voor de gemeten afstand. Deze T.T.L.-pulsen gaan van de Plessey-interface, via 50 ohm koaxiaal kabels, naar een VHF switch van HP (BNC - BNC). Vanaf de VHF switch naar een HP counter van HP en via deze counter over de HP bus naar een HP kalkulator (HP 9825 A). In de HP 9825 A worden de afstanden



gemeten door de MRR 3, omgezet in coördinaten.

8.16.4 Testen

8.16 Omgevingsconditie

Ten aanzien van het gebruik van de tellurometer op de Jan Heijmans is nooit de vraag gesteld of deze nauwkeurig genoeg waren, omdat de kwaliteit van het opgeleverde werk werd nagegaan en niet het plaatsbepalingssysteem.

Om de bruikbaarheid van de tellurometers voor het Cardiumbedrijf af te schatten, zijn enkele (kleine) proeven met het systeem uitgevoerd.

Deze proeven bestonden uit :

- het onderzoeken van de gevoeligheid voor reflecties als gevolg van obstakels in de direkte nabijheid van het scheepsinstrument. Hierbij bleek dat, zolang obstakels niet binnen de bundelhoek vallen, er geen problemen zijn.
- het onderzoeken van de juiste opstellingshoogten ter voorkomen van interferentie verschijnselen. Verschuivingen van een halve meter in hoogte bleken vaak al voldoende om interferentie op te heffen.

8.16.4.2 Interne apparatuur testen

De volgende functies kunnen worden gecontroleerd :

- kristaloventemperatuur
- batterijspanning
- kristalstromen
- signaalsterkte (extern uitgevoerd)
- draaggolffrequentie, modulatie niveau
- 1000 Hz verschil tussen de uitgezonden en ontvangen modulatiefrequentie.

8.16.5 Nauwkeurigheid

Bij de testmetingen, waarin een Minilir/AGA systeem als referentie heeft gediend, werd de volgende nauwkeurigheid in afstand berekend :
 $2 \text{ sigma} = 0,5 \text{ m.}$

8.16.5.1 Bereik

Het meetbereik van de tellurometer (50 km) is ruim voldoende. Wat vaak wel een probleem vormt, is het vinden van wal- en scheepsopstellingen die voldoende hoog, goed gelegen zijn en geen interferentie verschijnselen geven.

8.16.6 Kalibratie

Op de grove metingen, welke de 100 en 1.000-tallen bepalen, hebben nulpuntsfouten geen invloed.

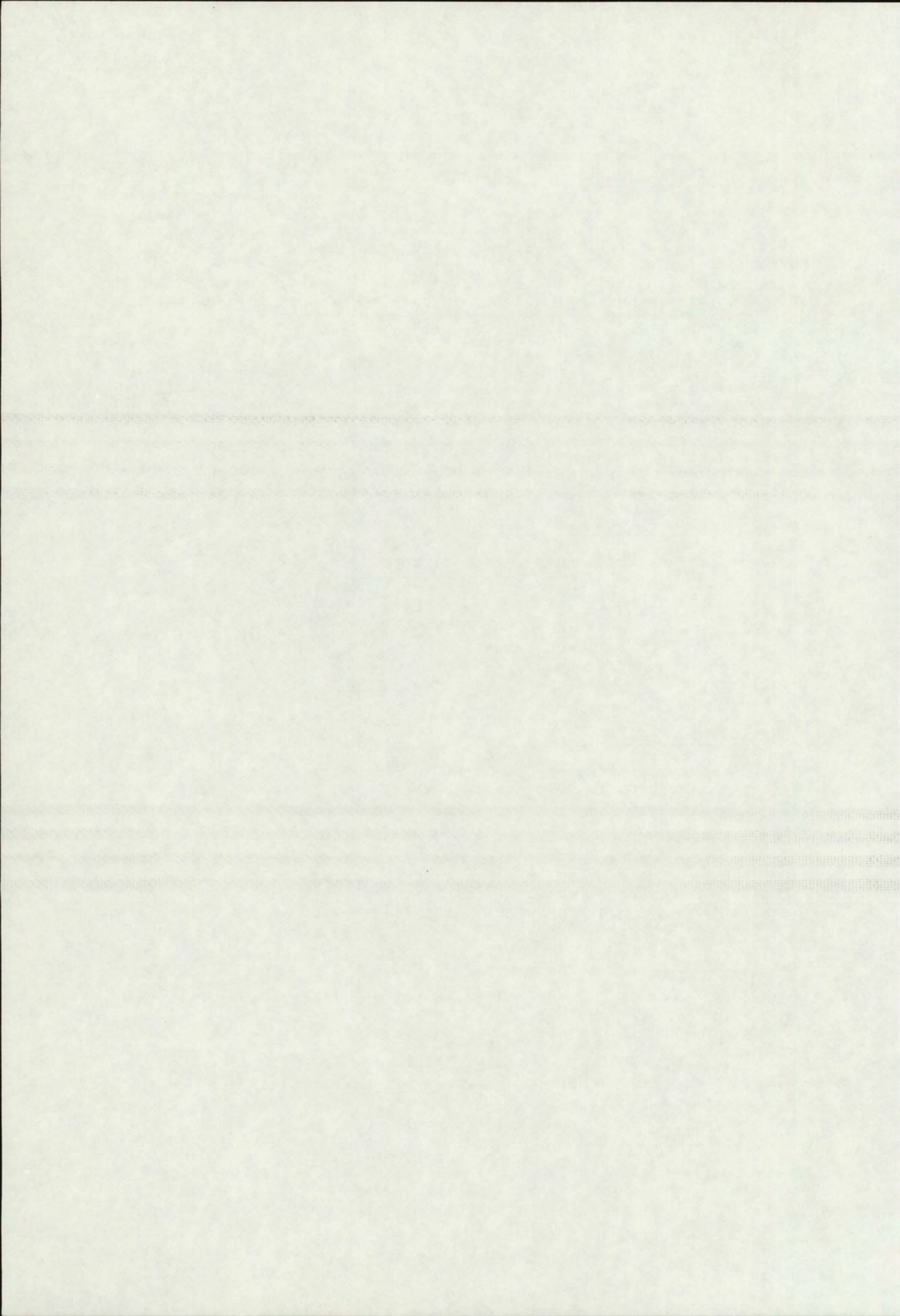
De afstandmeting in het bereik van nul tot 20 m moet wel gekalibreerd worden.

Dit wordt op de bekende wijze gedaan door een gemeten afstand uitgelezen door de HP 9825 te vergelijken met een bekende afstand. Het verschil wordt rekenkundig toegepast.

8.16.7 Ervaringen

Bitumarin heeft vanaf ongeveer 1970 ervaring met de tellurometers als plaatsbepalingssysteem voor het mastiek bedrijf.

Het werken met de tellurometers geeft weinig problemen. Storingen in



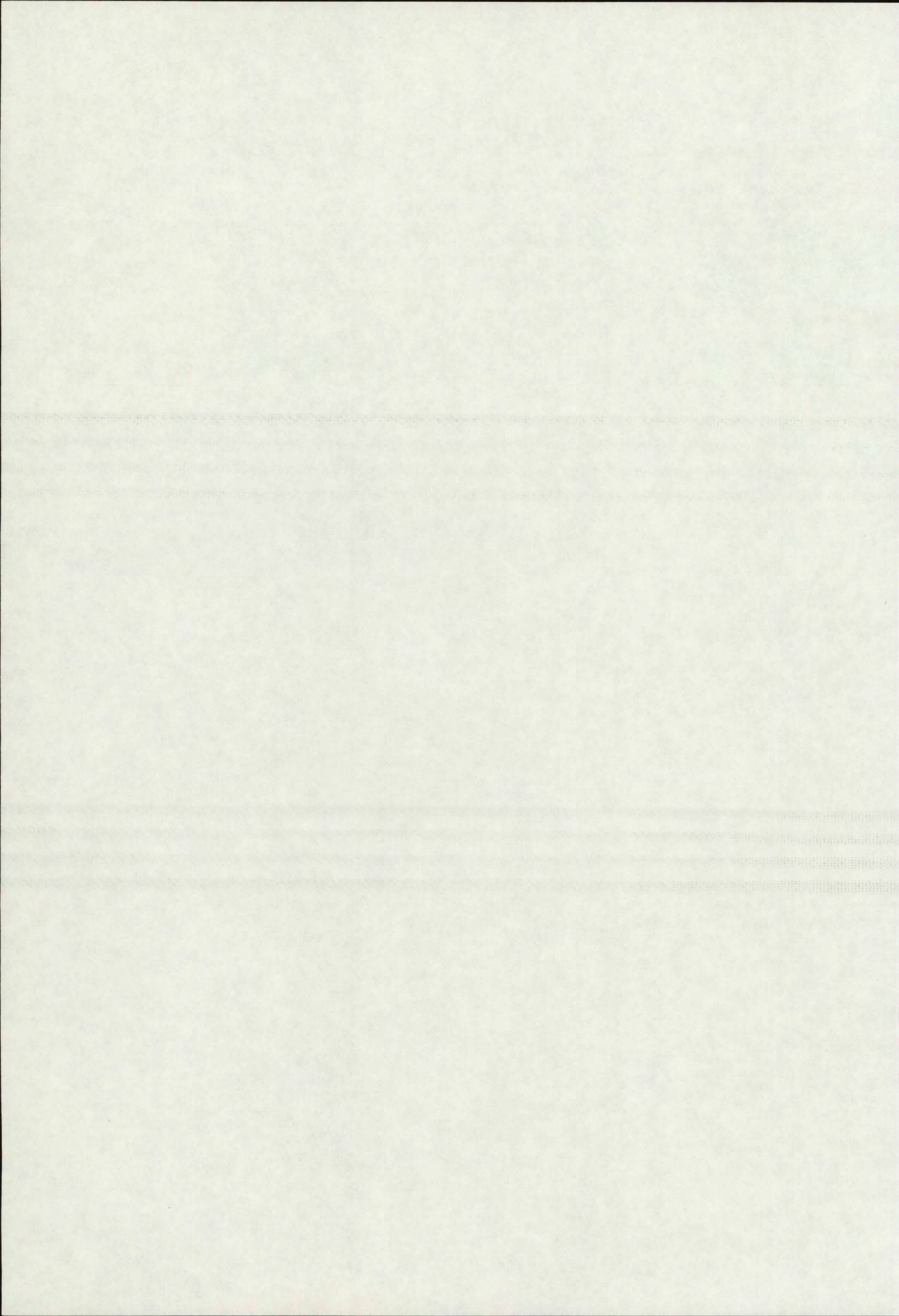
de apparatuur doen zich weinig voor.
Waar men wel aandacht aan moet schenken bij het werken over water is het voorkomen van interferentie zones. Aanvankelijk zijn veel storingen veroorzaakt door dit verschijnsel, ten onrecht aan apparatuur storingen toegeschreven.

8.16.8 Onderhoud

Het regelmatige onderhoud bestaat uit het 2x per jaar bijstellen van de frequenties. Dit gebeurt door de leverancier.

Groot onderhoud is slechts eenmaal uitgevoerd door de fabrikant in Engeland.

Voor de 4 operationele sets wordt een set in reserve gehouden.



9. AKOESTISCHE PLAATSBEPALING

9.1 Inleiding

Bij de S.V.K.O. zijn twee verschillende onderwaterplaatsbepalings systemen in gebruik, n.l.:

- Honeywell USB (Ultra Short Base Line)
- Simrad HPR SSBL (Super Short Base Line)

Deze systemen zullen kort beschreven worden.

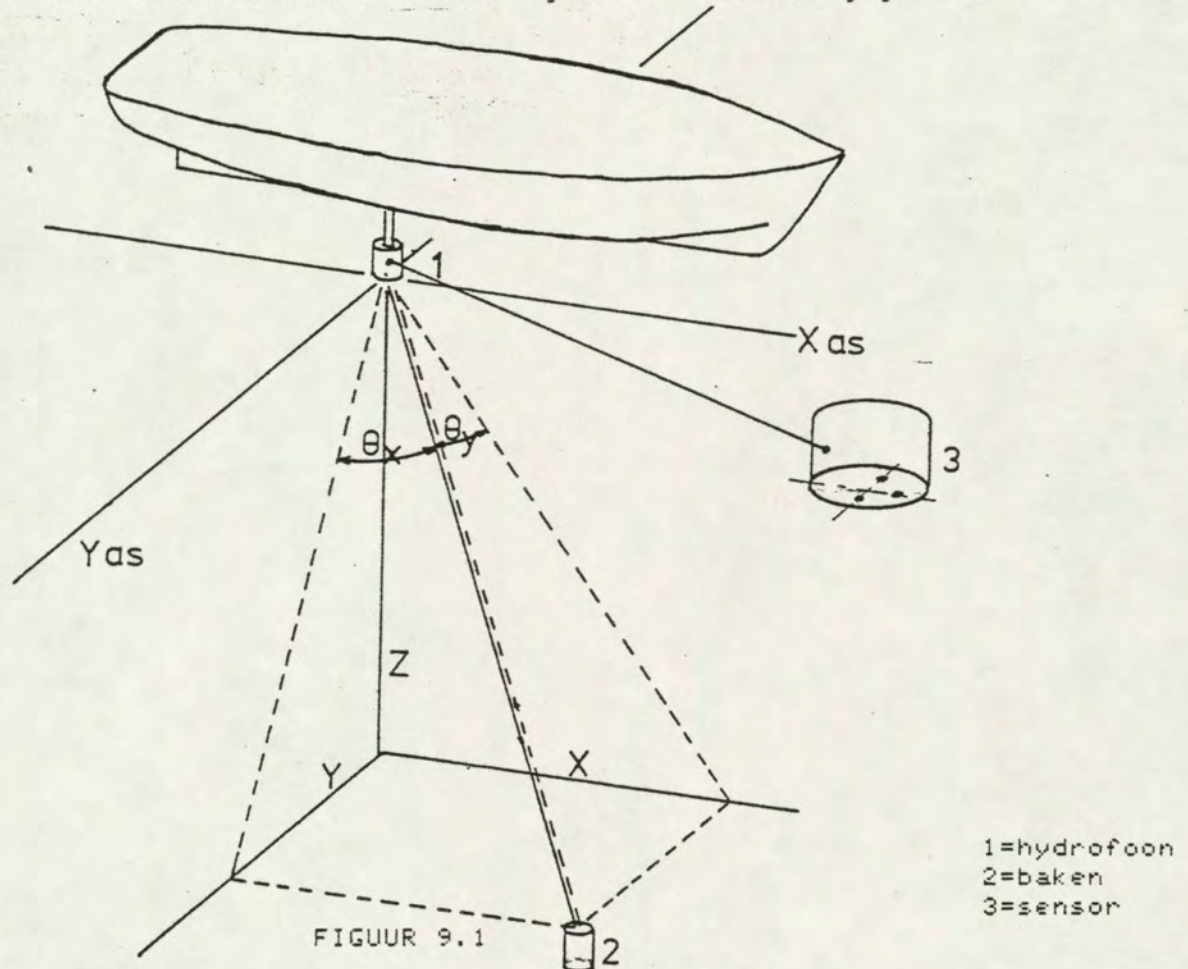
9.2 Honeywell USB

Het principe van een USB systeem is:

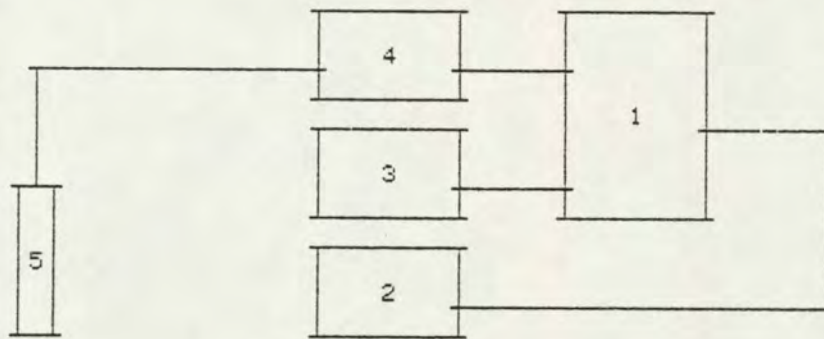
De hydrofoon (zender) zendt een geluidspuls uit, die ontvangen wordt door een bakken.

Dit bakken antwoordt door een geluidspuls met een andere frequentie uit te zenden. In de hydrofoon zijn drie sensoren gemonteerd. Het akoestische signaal van het bakken bereikt de sensoren niet gelijktijdig. Tussen de sensoren wordt dus een faseverschil geregistreerd. Uit dit faseverschil en uit een aantal vaste gegevens berekent het systeem twee hoeken, waaruit de richting van het bakken t.o.v. het schip berekend kan worden. Afhankelijk van het gebruikte soort bakken of van een extra operator invoer kan ook de afstand berekend worden, zodat de positie van het bakken ten opzichte van de hydrofoon bepaald is.

In figuur 9.1 is schematisch de werking van de USB weergegeven.



In figuur 9.2 zijn de diverse onderdelen van het systeem vermeld.



1. processor : verwerking van gegevens
2. display console : invoer gegevens
3. Vertical Reference Unit : hellingen schip
4. power amplifier
5. hydrofoon

FIGUUR 9.2

9.2.1 Toepassing in het S.V.K.O. projekt

Het USB systeem wordt toegepast aan boord van de Cardium en de Macoma/DOS I

Aan boord van de Cardium dient het USB systeem voor de plaatsbepaling onderwater van de kopbalk van de mat en van de verdichtingsbalk.

Aan boord van de Macoma/DOS I dient het USB systeem voor de plaatsbepaling onderwater van de kopbalk en van de staartbalk van de tegelmat.

Uit de hydrofooncoördinaten en de USB gegevens kan de positie van de bakens op de verschillende balken in R.D. coördinaten bepaald worden.

De afstand van de hydrofoon tot de bakens varieert tussen 20 en 40 m.

9.2.2 Nauwkeurigheid USB

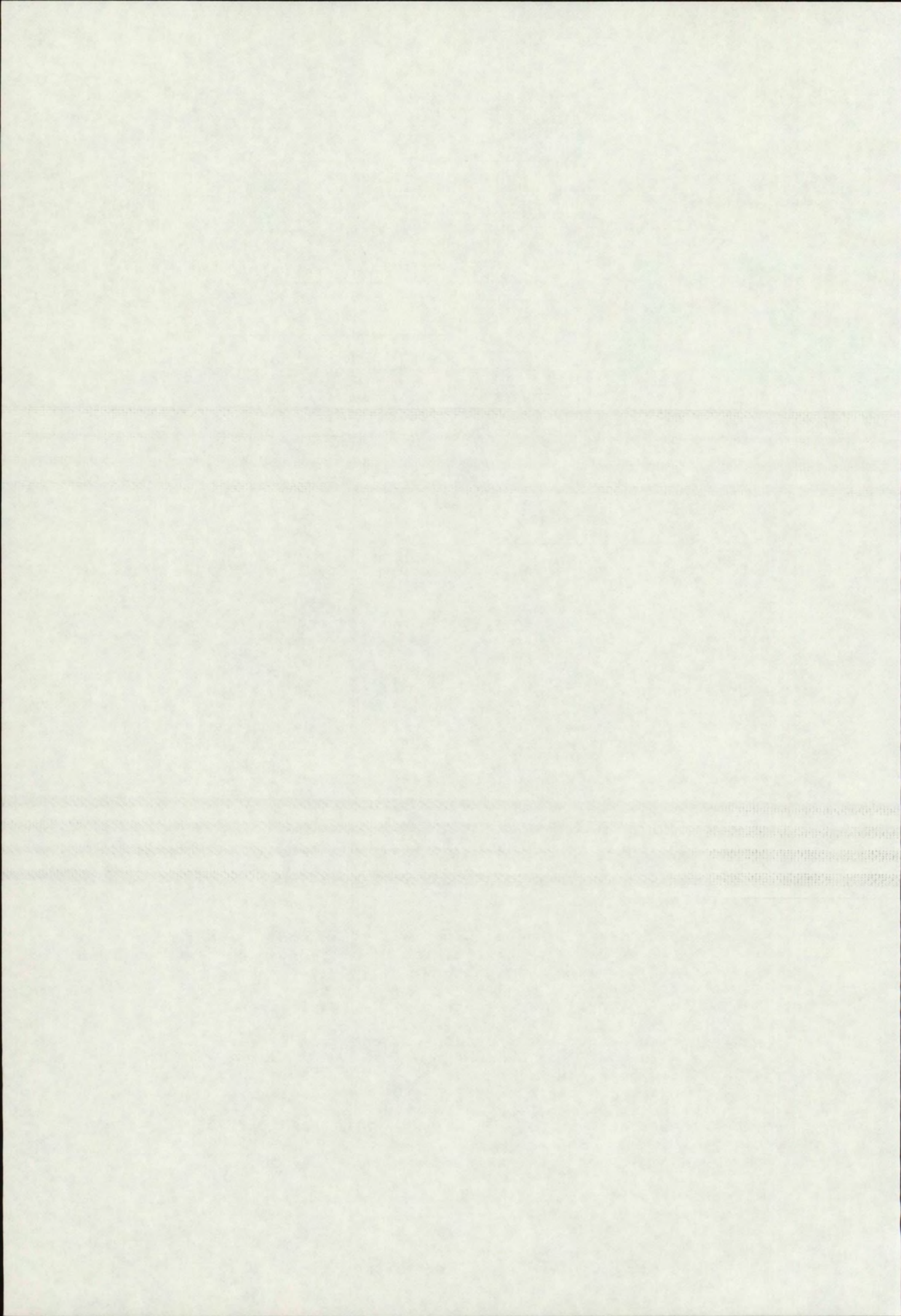
De nauwkeurigheid van de USB is vastgesteld uit een aantal proeven, waarbij de transponders op de kopbalk met de USB ingemeten zijn. De positie van de kopbalk transponders is tegelijkertijd bepaald uit lengtemeting en hellingmeting van de kopbalkhijsdraden.

De afstand van de werkelijke positie van de transponder tot de theoretisch gewenste positie van de kop- of staartbalk transponder op de bodem wordt gepresenteerd op de videobeeldschermen. De matlegoperators kunnen met behulp van deze informatie actie ondernemen om de transponders zo dicht mogelijk bij de theoretisch gewenste positie te plaatsen.

Deze proeven zijn uitgevoerd onder de volgende condities:

- redelijke weersomstandigheden
- kopbalk op bodem geplaatst en USB hydrofoon nauwelijks bewegend tijdens het inmeten van de transponders - statische meting.
- horizontale afstand van hydrofoon tot transponder kleiner dan de verticale afstand hydrofoon - transponder
- afstand van hydrofoon tot transponder kleiner dan 20 m.

Uit deze proeven zijn de volgende nauwkeurigheden (twee-sigma waarden) (X en Y richting volgens USB assenstelsel):



- willekeurige fout : X = 0,20 m
Y = 0,20 m
- lang periodische willekeurige fout : X = 0,40 m
Y = 0,15 m
- systematische fout : X = 0,15 m
Y = 0,15 m

9.2.3 Kalibraties

Ran boord van de Cardium en DOS I zijn enkele pijpen met een USB baken gemonteerd. Deze bakens hebben bekende X, Y en Z coördinaten in het scheepsassenstelsel.

De pijpen worden met het USB systeem ingemeten, waarna de rotatie van het USB assenstelsel ten opzichte van het scheepsassenstelsel bepaald wordt. Deze rotatie wordt in het systeem ingevoerd, waarna de meting herhaald wordt ter controle.

Na dit gedeelte van de calibratie wordt de trim- en slagzijhellingmeting gecalibreerd. De trim en slagzij van het schip worden bepaald en in het systeem ingevoerd. Het systeem berekend het verschil tussen de gemeten helling en de opgegeven helling en bewaart de correctie in het systeem geheugen.

In de hydrofoon bevinden zich ook twee hellingmeters waarmee de scheefstand van de hydrofoon ten opzichte van het nulvlak van het schip gemeten wordt. Ook deze waarde wordt als calibratiewaarde in het systeemgeheugen opgeslagen.

De hellingmeter calibraties kunnen alleen onder gunstige weersomstandigheden uitgevoerd worden. Het ponton mag namelijk niet bewegen.

De voortplantingssnelheid van geluid in water wordt berekend uit het zoutgehalte en de watertemperatuur of bepaald met een aparte geluidssnelheidsmeter, waarna deze snelheid ingevoerd wordt in het USB systeem.

Uit de voortplantingssnelheid wordt ook een watertemperatuur berekend. Deze temperatuur wordt in het USB systeem ingevoerd.

Met behulp van deze temperatuur berekent het USB systeem zelf een voortplantingssnelheid van het geluid, die gebruikt wordt voor het bepalen van de richting van het baken.

Voor deze berekening wordt in de USB een sterk vereenvoudigde formule gebruikt waarin zoutgehalte e.d. niet worden meegenomen.

Omdat de temperatuur ook met de vereenvoudigde formule uit de geluidssnelheid berekend is, zal de uit de temperatuur berekende geluidssnelheid correct zijn.

Indien de geluidssnelheid niet ingevoerd wordt, meet het systeem met behulp van een sensor in de hydrofoon de watertemperatuur.

Uit deze temperatuur wordt dan de voortplantingssnelheid berekend.

Omdat hiervoor de vereenvoudigde formule gebruikt wordt kan de geluidssnelheid afwijken van de werkelijke snelheid, vooral bij hogere temperaturen.

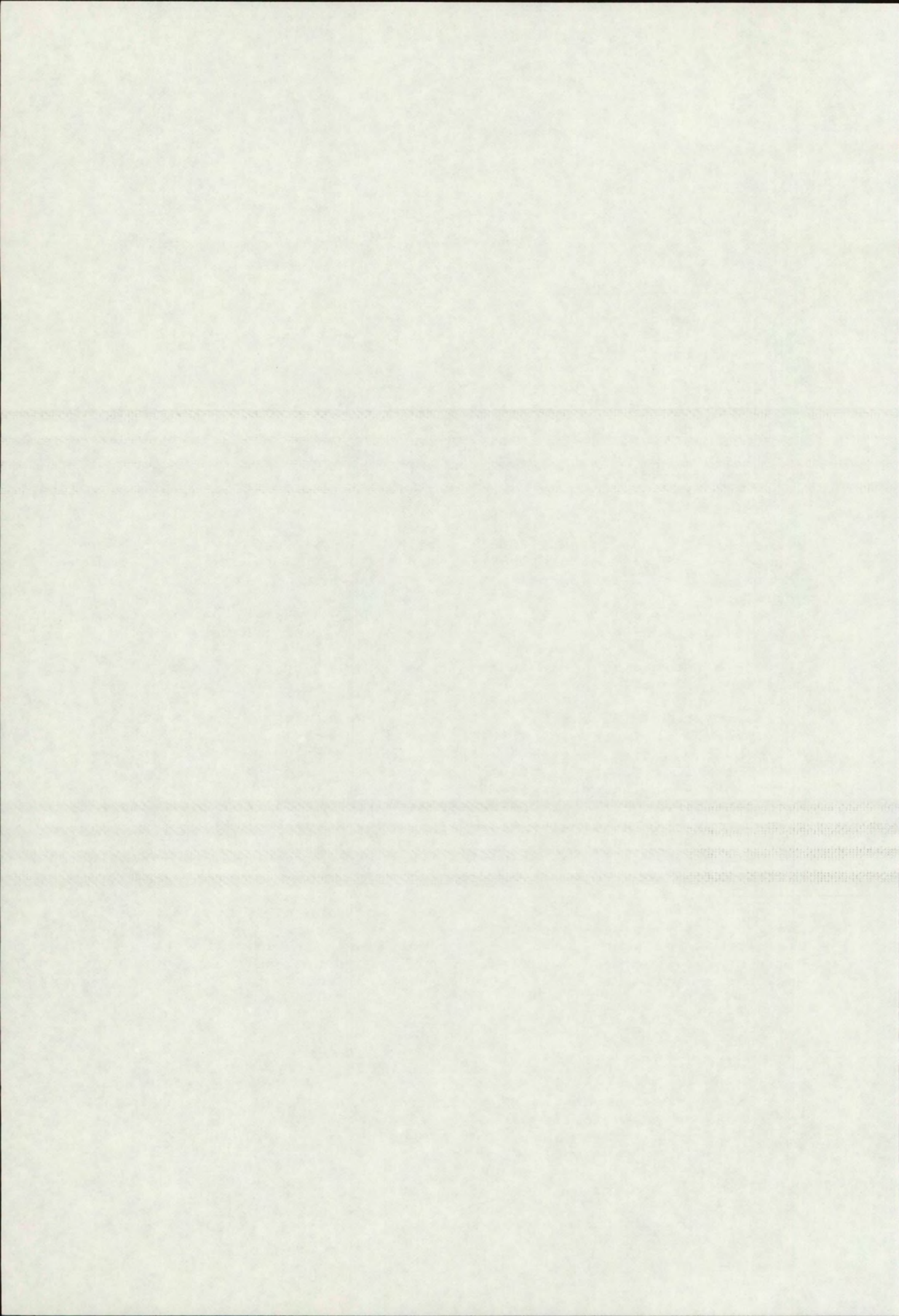
9.2.4 Algemeen

Ran boord van de Macoma/DOS I voldoet het USB systeem redelijk aan de gestelde eisen. Het grote probleem is, dat op niet te voorspellen tijden het USB systeem zeer onstabiel meet, de willekeurige fout is dan vele groter dan de 0,2 m, zoals uit de proeven volgde. De oorzaak van deze slechte meetresultaten is nog niet bekend.

Er wordt gedacht aan mogelijke omgevingsruis.

Ran boord van de Cardium treedt dit probleem nog vaker op.

Na een opstart periode met de daaraan verbonden problemen heeft men het



systeem nu redelijk onder controle.

9.3 Simrad HPR

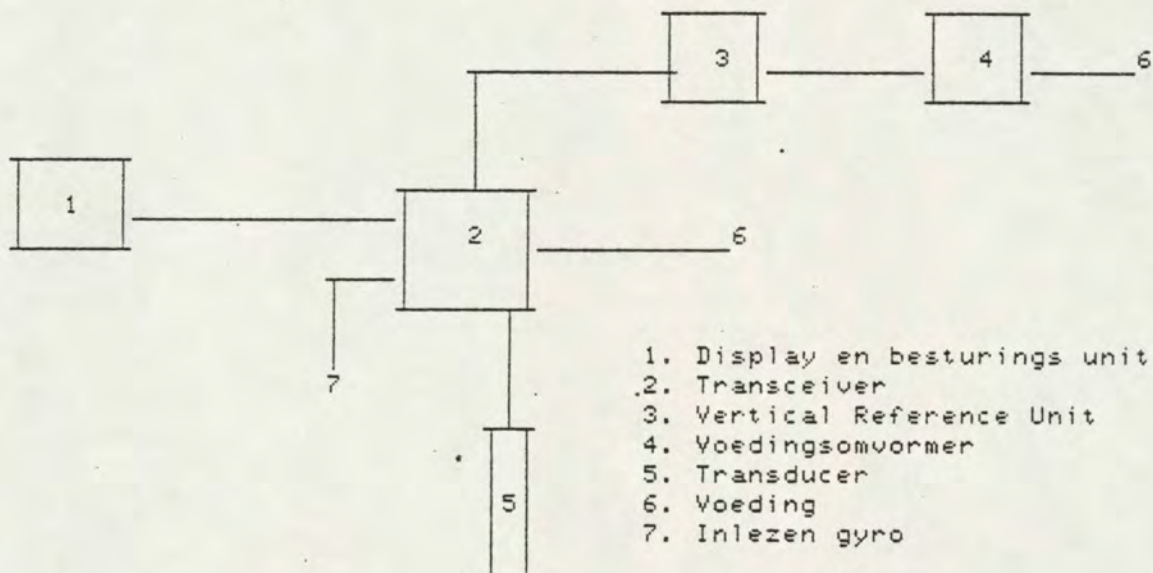
Het verwerkingsprincipe van dit systeem is gelijk aan het Honeywell USB systeem.

Er is echter een belangrijk verschil, nl. het Simrad HPR systeem kan met een draaibare transducerkop (hydrofoon) uitgevoerd worden. De transducerkop wordt dan in de richting van het te ontvangen signaal gedraaid. Dit verhoogt de nauwkeurigheid, vooral wanneer onder een kleine hoek met de horizontaal gemeten wordt.

De Simrad HPR kan met een grote, middel en kleine bundelbreedte van het uitgezonden ondervragingssignaal werken.

Deze 3 verschillende bundelbreedtes worden gebruikt om enerzijds de de transponder zo snel mogelijk op te sporen (grote bundelbreedte) en anderzijds de nauwkeurigheid te verhogen (kleine bundelbreedte).

In figuur 9.3 zijn de diverse onderdelen van het systeem afgebeeld.



9.3.1 Toepassing in het S.V.K.O. projekt

Het Simrad HPR systeem wordt toegepast aan boord van de Wijkter Rib, waar het dient om de positie van het inspektievoertuig Portunus onderwater te kunnen bepalen.

Een transponder wordt op de bodem geplaatst. De RI coördinaten van deze transponder worden bepaald door de Wijkter Rib in te meten met een Minilir/AGA combinatie en tegelijkertijd de transponder met het HPR systeem in te meten. Uit deze gegevens wordt de positie van de transponder bepaald.

Op de Portunus is een responder gemonteerd, welke positie ten opzichte van de eerder geplaatste en ingemeten transponder bepaald wordt. De te meten afstanden variëren tussen 20 en 200 m.

9.3.2 Nauwkeurigheid Simrad HPR

De proeven voor het bepalen van de nauwkeurigheid van het Simrad HPR systeem zijn nog niet afgerond.

De nauwkeurigheid (twee sigma waarde) van een enkele meting wordt op dit moment geschat op 0,7 m bij een afstand van maximaal 30 m.

Het inmeten van de transponder ten behoeve van de plaatsbepaling van de Portunus is nauwkeuriger.

Deze transponder wordt vanuit verschillende richtingen ingemeten waardoor bepaalde systematische fouten geelimineerd worden ($2 \text{ sigma} < 0.3 \text{ m}$).

De positie van de Portunus kan met een fout van minder dan 1.10 m (twee sigma waarde) vastgesteld worden.

9.3.3. Calibratie Simrad HPR SSBL systeem

Bij de calibratie wordt een transponder op een bekend punt geplaatst en vanuit 4 verschillende richtingen en per richting vanuit twee afstanden ingemeten.

Uit deze gegevens kunnen een aantal systematische fouten berekend worden. De afwijkingen van de VRU met het nulvlak van de Wijker Rib, afwijkingen van de gyro met de voorwaartse richting, nulpuntsfouten in looptijd enz. van het HPR systeem worden in het systeem ingevoerd.

9.3.4 Algemeen

Aan boord van de Wijker Rib voldoet het Simrad HPR systeem redelijk aan de gestelde eisen.

Ook hier geldt hetzelfde als bij het USB systeem, dat na een moeizaam verlopen opstart periode, het gehele systeem nu redelijk onder controle is.

10. DRAADLENGTEMETING

10.1 Inleiding

Draadmeetsystemen volgens het zogenaamde "Taut Wire System" worden gebruikt om de positie van een voorwerp te bepalen uit :

- richting en lengte van de draad (beide gemeten)
- alleen richting en geschatte diepte (als richting ongeveer vertikaal is)
- alleen lengte (waarbij meer gegevens nodig zijn)

De draad wordt onder een bepaalde spanning gehouden, om uitbuiging ten gevolge van stroom en/of eigen gewicht zoveel mogelijk te voorkomen. Dit is vooral belangrijk bij de richtingsmeting. Bij lengtemeting is konstante spanning van belang om lengteveranderingen ten gevolge van rek zoveel mogelijk uit te sluiten.

Draadmeetsystemen kunnen worden gebruikt, daar waar :

- de nauwkeurigheid van akoestische systemen te klein is ;
- omgevingslawaaï gebruik van akoestische systemen onmogelijk maakt ;
- handelingsproblemen kunnen worden opgelost (nl. mechanische verbinding met het te positioneren voorwerp).

10.2 Toepassing bij de S.V.K.O.

Draadmeetsystemen zijn (worden) bij de S.V.K.O. gebruikt voor :

- Het inmeten van de positie van de kopbalk van de blokkenmat, gelegd door de DOS I .
- Het bepalen van de positie van de zuigmonden op de wipbalk van de Cardium.
- Het bepalen van de hoogte van de hefjukkan van de Ostrea.

Het inmeten van de kopbalk van de blokkenmat is een relatieve meting. De kopbalk behoort loodrecht op de legrichting te liggen. Van de BB en SB kant van de kopbalk werd een staaldraad met het ponton verbonden. Nadat de kopbalk gelegd was, werd het ponton verhaald, totdat de kopbalk zich ongeveer loodrecht onder de aflooppunten van de meetdraden bevond, zodat deze vrijwel loodrecht stonden. Het ponton werd op de juiste koers (de legrichting) gelegd. Nu werd de richting van beide draden gemeten. Uit de bekende diepte (dus draadlengtes) en de beide richtingen werd de scheefstand van de kopbalk bepaald. Het is een eenvoudig en goedkoop systeem, dat goed voldeed.

Voor het bepalen van de hoogte van de hefjukkan van de Ostrea en de positie van de wipbalk van de Cardium wordt een op specificaties van Dosbouw gebouwd draadmeetsysteem gebruikt.

Dit systeem berust op lengtemeting.

Het systeem bestaat uit een meetlier, waarvan de hoekverdraaiing van de kabeltrommel bij afvieren of opwickelen van de draad wordt gemeten. Deze hoekverdraaiing wordt door middel van een synchro en een synchro-digitaal converter omgezet in een digitaal signaal.

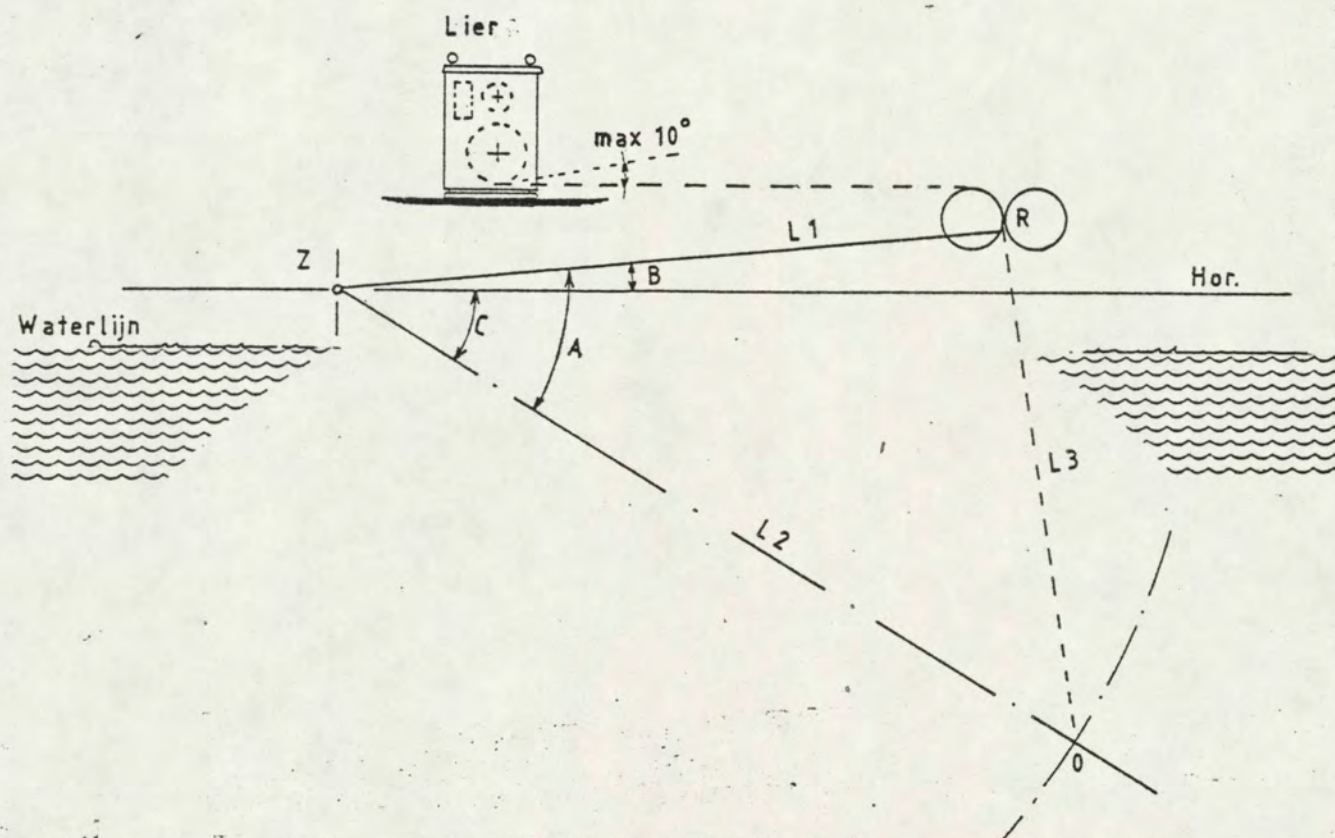
Dit signaal is een functie van de verplaatsing van de afgeviende of opgewikkelde draad.

De meetdraad wordt strakgehouden door een konstant koppel, dat via een vertraging door een stilstandmotor op de kabeltrommel wordt uitgeoefend.

Op de Ostréa wordt direct de afstand uitgelezen. De draad is daar vertikaal gemonteerd.

Op de Cardium is de stand van de draad afhankelijk van de diepte van de wipbalk.

De gemeten draadlengte wordt hier gebruikt om een nauwkeurige ladderhoek te berekenen.



FIGUUR 10.1

De lengtes L1 (draaipunt ladder tot aflooppunt draad) en L2 (lengte ladder) zijn vaste lengtes. L3 is de lengte die met het draadmeet-systeem wordt gemeten. Met behulp van deze gegevens wordt hoek A berekend. Deze berekende hoek, gekorrigeerd met de constante hoek B levert de hoek C op, namelijk de hoek, die de ladder ten opzichte van het scheepsassenstelsel maakt.

10.3 Proeven met het draadmeetsysteem

Om een funderingsbed voor de pijlers te maken, waarvan de hoogte nauwkeurig genoeg bekend is, was een meetsysteem nodig dat de hoogte van de wipbalk ten opzichte van het ponton met een nauwkeurigheid van 0,02 m kon bepalen.

Door het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation (NSP) te Wageningen is onderzocht of met een draadmeetsysteem deze nauwkeurigheid haalbaar was bij een waterdiepte tot 30 m en een maximale stroomsnelheid van 2 m/sek. Daartoe werd een proevenprogramma samengesteld waaruit moest blijken :

- de invloed van verschillende draadsoorten (m.n. getrokken en gevlochten draad) op de weerstand in stromend water ;
- de invloed van de draaddiameter op de weerstand ;
- de invloed van de stroomsnelheid op de weerstand ;
- de invloed van verontreiniging (lappen, zeewier) op de weerstand ;
- de mogelijke nauwkeurigheid van het draadmeetsysteem.

Hieruit volgden aanbevelingen voor te gebruiken trekkracht, draadsoort en draaddiameter.

Vervolgens zijn er in de Oosterschelde proeven op ware grootte uitgevoerd om de invloed van stroom en vervuiling op richtings- en lengtemeting te bepalen.

Deze proeven werden uitgevoerd met 3 mm gevlochten draad met een konstante trekkracht van 90 kg, en een lengte van 30 m.

Hieruit bleek dat toepassing van hellingsmeting als nauwkeurig draadmeetsysteem in de Oosterschelde niet aan te bevelen was.

Draadlengtemeting leek echter mogelijk, omdat de draadlengtevermeerdering door uitbuiging ten gevolge van een stroomsnelheid van 1 m/sek. 15 mm bedroeg.

Uit de konklusies en aanbevelingen van voorgaande proeven werden de specificaties opgesteld voor de bouw van een prototype.

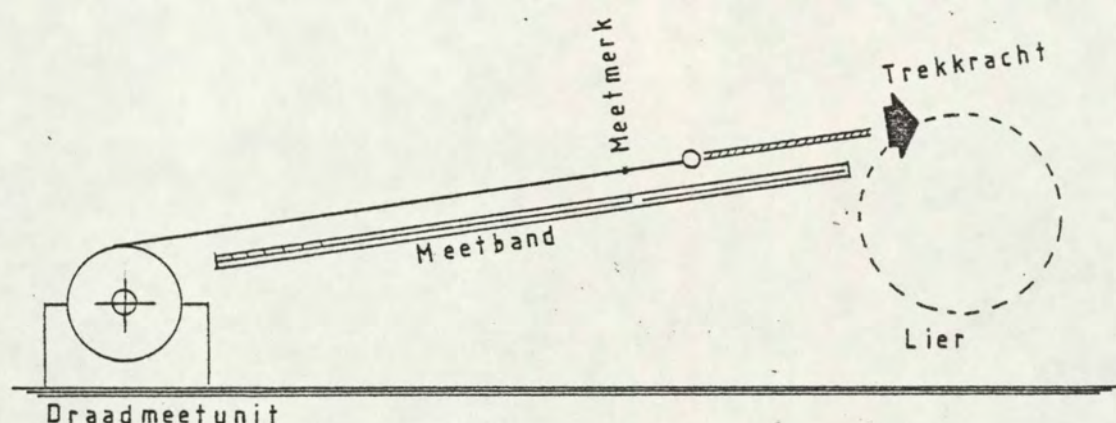
Dit werd gebouwd door de firma van Essen te Delft met als specificaties :

- draaddiameter 3 mm.
- draadberging op eerste laag trommel 20 m.
- konstante trekkracht 150 kg.

Het prototype is uitgebreid beproefd op de volgende punten :

- nauwkeurigheid van de lengtemeting.
- gedrag onder operationele omstandigheden.

Het testen van de lengtemeting is in de volgende opstelling gebeurd :



FIGUUR 10.2 (meetopstelling)

Hierbij werd de meetdraad over een ijkbaan getrokken door een lier. Op de meetdraad was een meetwerk aangebracht. Tijdens vieren of halen van het meetwerk over 20 m werd het draadmeetsysteem en de referentiewaarde afgelezen. Hierbij werden verschillende 3 mm gevlochten staaldraad gebruikt. Na deze proeven is het prototype enige weken op de dustpanzuiger "Sliedrecht 27" getest.

Beide series proeven resulteerden in een aantal aanbevelingen om dit prototype te optimaliseren :

- Hogere eisen aan het continue karakter van de trekkracht.
- Trekkracht verhogen van 150 kg naar 225 kg.
- Draaddiameter vergroten van 3 mm naar 4 mm.
- Een draadsoort gebruiken met de soepelheid van gevlochten draad, en lengtevastheid (ongevoeligheid voor rek) van een getrokken draad. Hiervoor wordt 4 mm 19x1 aderig RVS draad gebruikt.

Uit soortgelijke testen met de verbeterende meetlier bleek dat deze aan de nauwkeurigheidseisen voldeed :

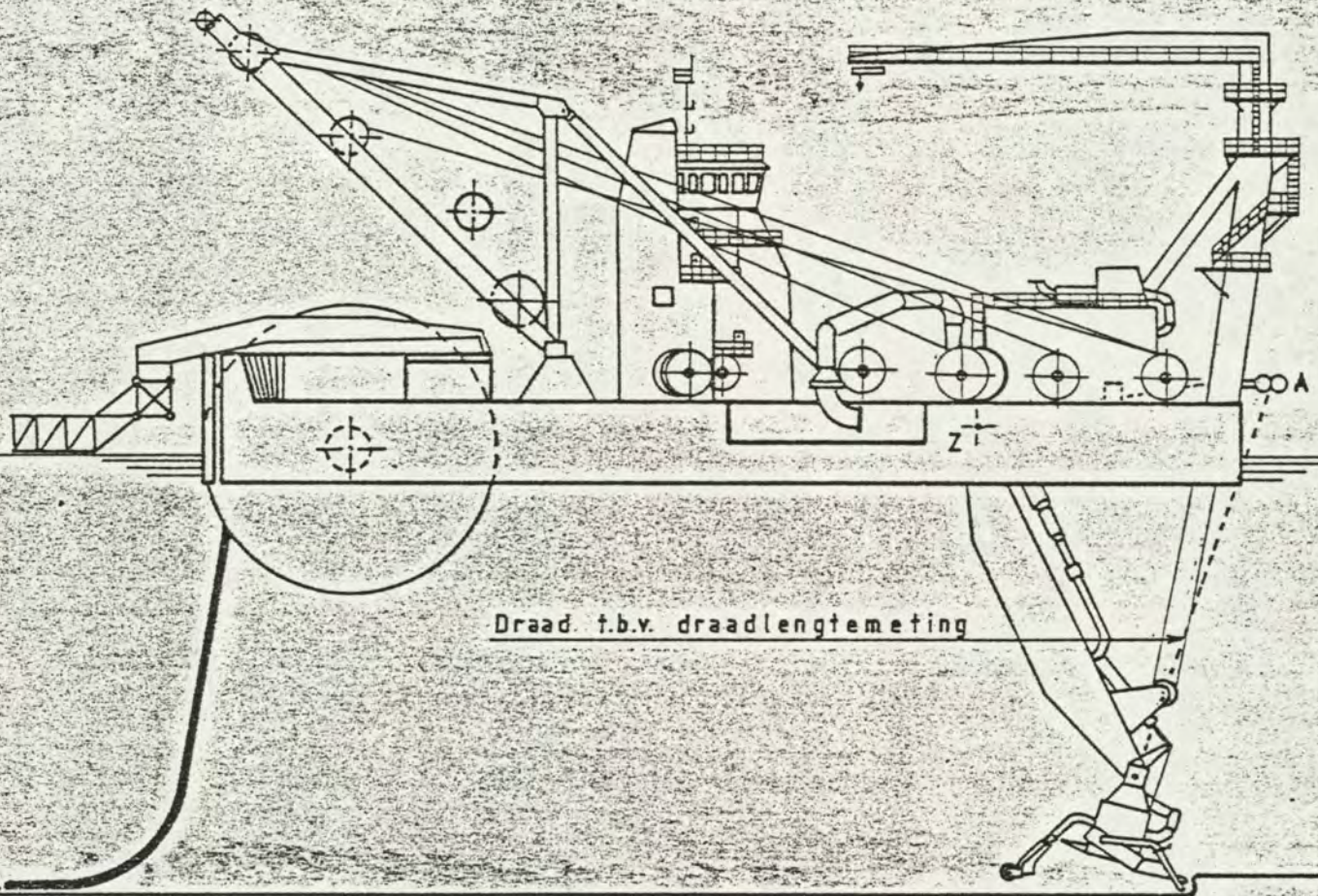
Nauwkeurigheid : 5 mm + 0,25 mm/m
Bereik : 30 m

Er zijn vier lieren besteld : twee voor de Ostrea en twee voor de Cardium.

10.4 Kalibratie

Het draadmeetsysteem van de Cardium staat op dek opgesteld, direkt aan BB- en SB/zijde van het ladderbeun.

De draad wordt via een omloopschijf (A) naar de draaias van de wipbalk geleid. De te meten afstand is die van het omloopwiel naar de as van de wipbalk.



FIGUUR 10.3

Kalibratie gebeurt in twee delen :

- 1) Bepalen van de vermenigvuldigingsconstante A_1 .
- 2) Bepalen van de optelconstante A_0 .

De gekalibreerde afstand wordt berekend volgens :

$$Y = A_0 + A_1 * X$$

(X = uitlezing draadmeetsysteem)

Voor de bepaling van de vermenigvuldigingsconstante A_1 , wordt de draad via een apart omloopwiel over dek geleid. De draad is bevestigd aan een elektrisch liertje, dat de meetdraad over een ijkbaan trekt. Hier worden elke 0,5 tot 1 m de d_{mu} uitgelezen en een referentiewaarde van de over de ijkbaan gespannen stalen meetband. Er wordt minimaal een serie aflezingen tijdens het vieren van de meetlier gedaan en een serie waarnemingen tijdens het halen. De lengte van de ijkbaan is 20 m. Door beide series waarnemingen wordt met behulp van de kleinste kwadraten methode een regressielijn berekend. De gemiddelde vermenigvuldigingsfaktor levert de A_1 op.

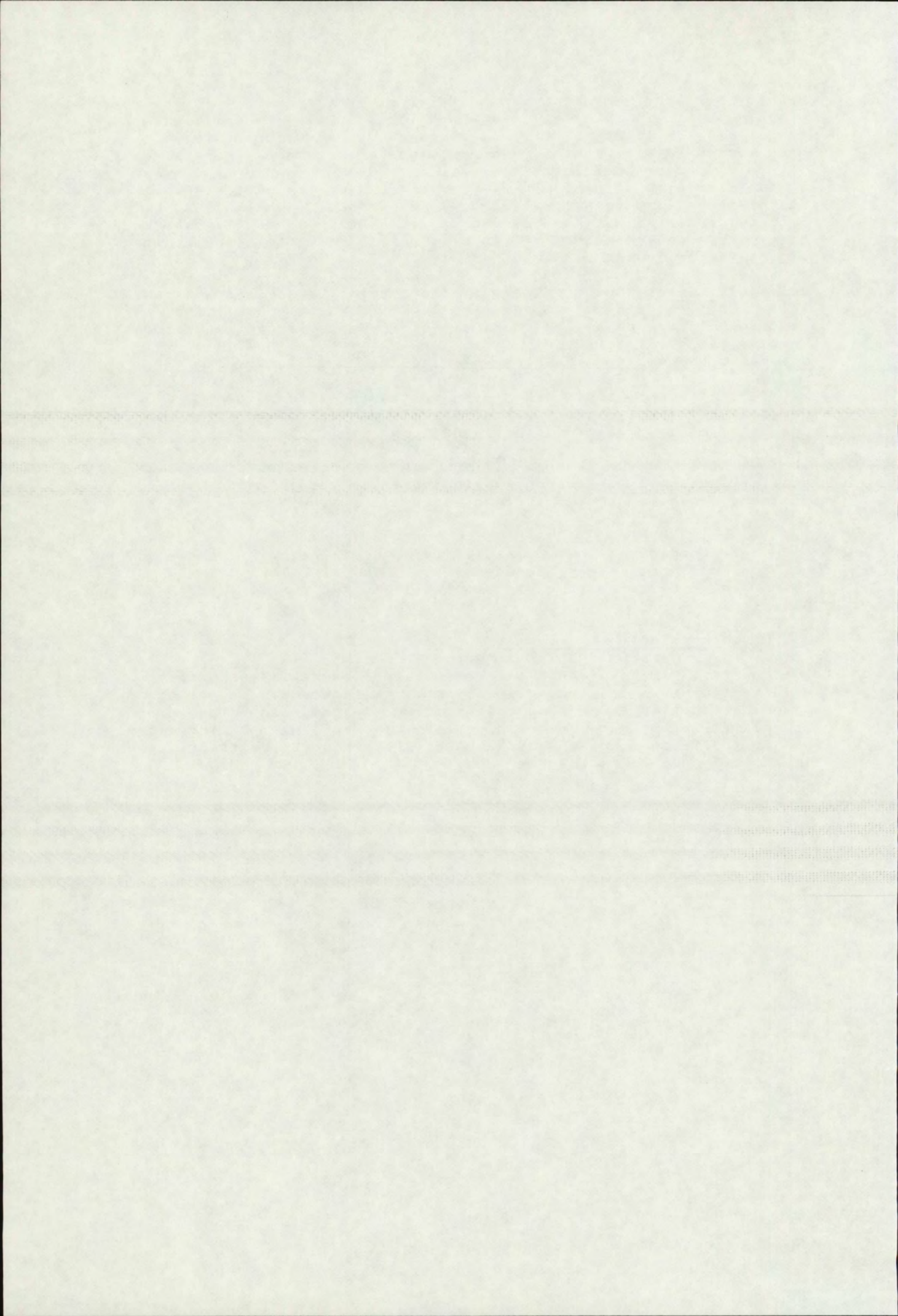
De optelconstante A_0 wordt bepaald door meting van de afstand van aflooppunt van de draad tot as wipbalk met een stalen meetband. Het verschil met de alleen voor met A_1 berekende lengte van het draadmeetsysteem geeft de A_0 . Uiteraard wordt dit enige keren herhaald.

Met deze gegevens kan toch nog geen afstand bepaald worden. Het draadmeetsysteem geeft wel de fraktie van een omwenteling van de draadtrommel aan, maar niet het aantal omwentelingen. Hiervoor is een extra gegeven nodig. Dit wordt verkregen uit de met een hellingmeter gemeten helling van de ladder, de afstand van draaias ladder tot aflooppunt meetdraad en de ladderlengte. Met deze gegevens wordt ruwe lengte bepaald, waaruit het aantal omwentelingen volgt.

Door deze procedure kan de draadmeetunit alleen gebruikt worden als de ladderhoek groter dan 5 graden is. Daarboven wordt de positie van de wipbalk altijd uit de ladderhelling berekend.

10.5 Ervaringen met het draadmeetsysteem

In de praktijk blijkt een draadmeetsysteem een kwetsbaar systeem. Bij storingen van de voedingsspanning kan het gebeuren dat de draadspanning wegvalt. De kans op beschadiging van de draad is dan groot. Iedere vervanging van een draad vereist, dat opnieuw gekalibreerd wordt. Als de juiste zorg en aandacht aan het systeem wordt besteedt, werkt het echter goed en nauwkeurig.



11. HOEK- EN HELLINGMETING

11.1 Inleiding

Bij vele bouwkundige werken is het meten van een helling en/of hoekverdraaiing noodzakelijk om tot een goed resultaat te komen. De gegevens dienen veelal in een computer verwerkt te kunnen worden, nadat het instrument deze heeft aangeboden. Tevens wordt er op bewegende delen gemeten, met alle gevolgen van dien.

Helling- en hoekmetingen verricht men vanuit de volgende doelstellingen :

- Om de slagzij en trim van een ponton te bepalen.
- Om de uit andere gegevens brekende trim te controleren.
- Om van ponton onderdelen de stand en positie te bepalen.
- Om van een pijler de helling tijdens het afzinken te bepalen.
- Om de koers van een ponton te bepalen.

De keuze van het instrument wordt bepaald door de prijs en de nauwkeurigheidseis, die per doelstelling anders kan zijn.

Bij de S.V.K.O. worden de volgende opnemers toegepast voor :

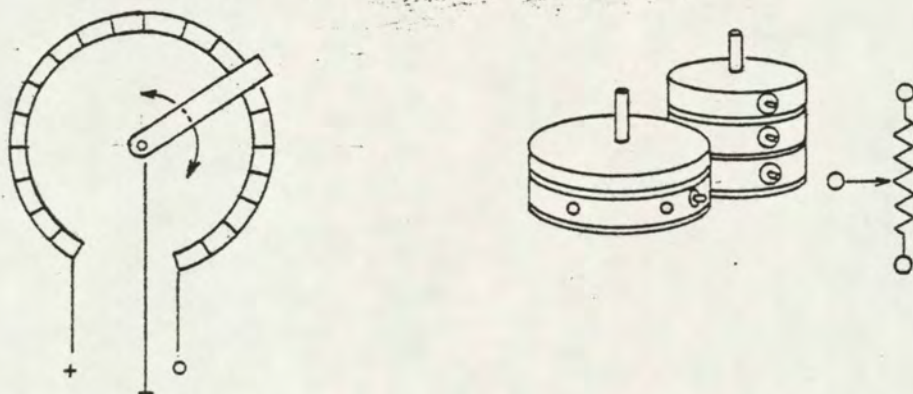
- hellingmeting.
 - * pendulum van Observator en Penny & Giles Q-flex
 - * versnellingsopnemers van Sundstrand en Schaevitz
 - * gekombineerde opnemers, bestaande uit een versnellingsopnemer en een rate gyro, ontwikkeld door Ballast Nedam.
- koersmeting.
 - * gyrokompas van Robertson type SKR 80.

11.2 Meten van een helling om een horizontale as

Het meten van een scheefstand is te beschouwen als het meten van de verdraaiing om het draaipunt.

Omdat deze meting ook bij andere zaken een rol speelt, zijn hiervoor vele oplossingen ontwikkeld, in hoofdzaak volgens onderstaande principes.

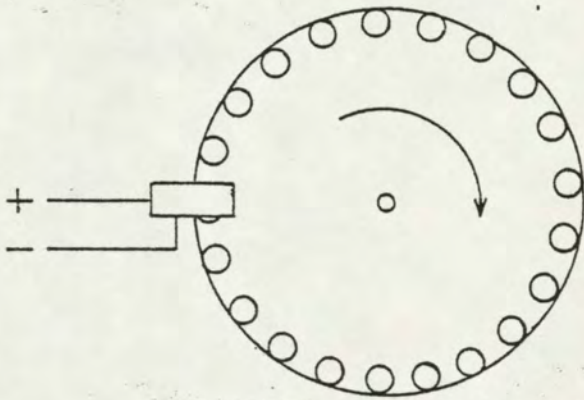
11.2.1 Potentiometer



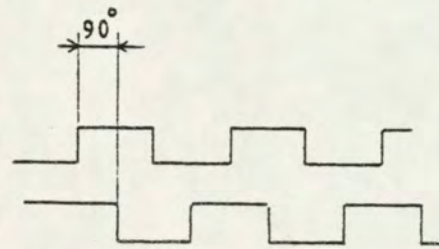
FIGUUR 11.1

Het kontakt loopt over een (draadgewonden) weerstand. Naarmate de hoekverdraaiing wijzigt, verandert ook de weerstand. Vaak wordt deze als spanningsgever toegepast waarbij b.v. 10V op de uiteinden wordt aangesloten. De spanning tussen 0 en de looper is evenredig met de weerstand en dus evenredig met de hoekverdraaiing.

11.2.2 Pulsschijf



FIGUUR 11.2



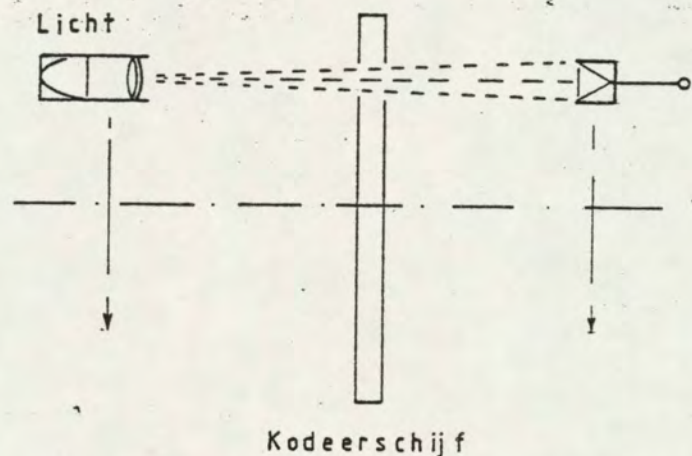
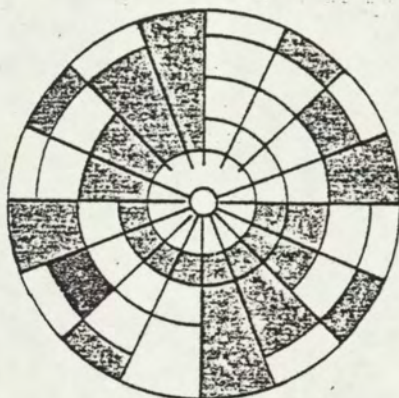
FIGUUR 11.3

Een schijf op een as is voorzien van punten, die optisch dan wel met een kontakt dan wel met een inductieve naderingsschakelaar afgetast worden.

Elke verdraaiing resulteert in een evenredig aantal pulsen.

Door nu 2 van deze opnemers naast elkaar te plaatsen, waarbij deze 90 graden in fase verschoven staan (zie figuur 11.3), is tevens een draairichting te detekteren. Bij toepassen van een differentiator in de tijd, is dit een indirecte methode om de (omtrek)snelheid te bepalen.

11.2.3 Kodeerschijf



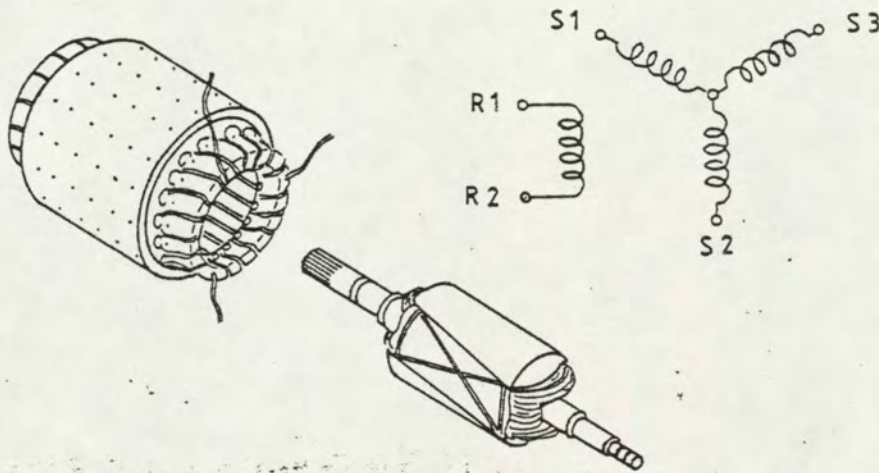
FIGUUR 11.4

Een schijf bevat voor een aantal standen een digitale kode (langs de straal geschreven).

Deze kode wordt optisch dan wel met een aantal kontakten afgetast.

De stand geeft een eenduidig digitaal uitgangssignaal. De nauwkeurigheid wordt bepaald door het aantal segmenten waarna de schijf is onderverdeeld.

11.2.4 Synchro

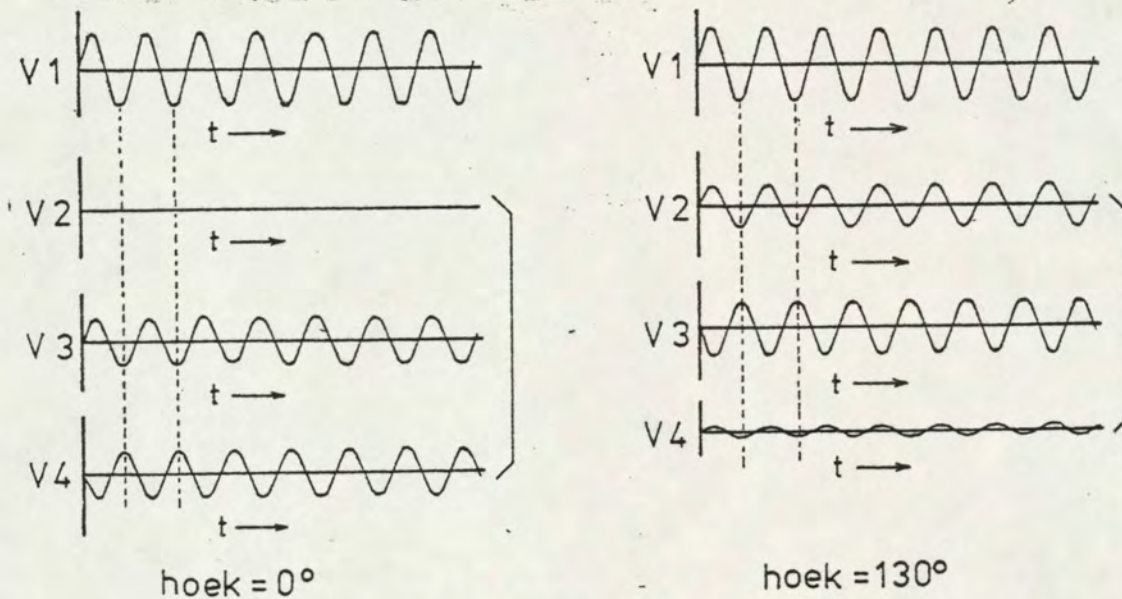


FIGUUR 11.5

Dit is een 3 fase transformator met 1 rotor wikkeling en drie veld(stator) wikkelingen. De rotor wikkeling wordt aangestuurd met een wisselspanning van 60 Hz of 400 Hz.

De geïnduceerde spanning in iedere stator wikkeling zal evenredig zijn met de cosinus van de hoek tussen rotor wikkeling en stator wikkeling. De spanning tussen een paar stator wikkelingen zal de som van dit verschil in fase zijn.

Twee voorbeelden van uitgangsspanningen bij 2 standen (figuur 11.6).

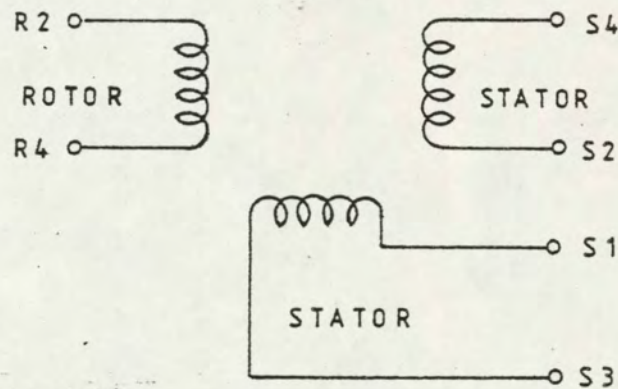


FIGUUR 11.6

Deze uitgangssignalen kunnen, afhankelijk van de toepassing, op 3 manieren verder verwerkt worden, namelijk :

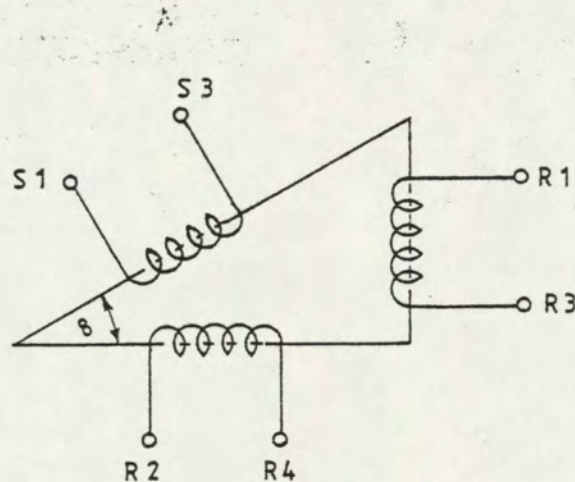
- Bij servo systemen wordt een koppeling naar stuur motoren gemaakt om een direkte overbrenging te krijgen.
Toepassingen zijn synchro op een gyro gestabiliseerd platform gemonteerd, deze stuurt tank- of scheepsgeschut tegen ongewenste bewegingen. Op een peilboot zou een transducer hiermee recht gehouden kunnen worden.
- Bij komputer verwerking moet er synchro/digitaal konversie toegepast worden zoals in gebruik bij het Artemis Baken Positioneringssysteem.
- Standaanwijzing en indicatie moet er synchro/analooq konversie toegepast worden. Het spanningssignaal is dan evenredig met de hoekverdraaiing.

11.2.5 Resolver



FIGUUR 11.7

Ook bij deze opnemers wort een wisselspanning aan de rotor aangeboden. Op de beide loodrecht op elkaar staande statorwikkelingen wordt dan een spanning genduceerd, die een maat is voor de hoekvedraaiing.

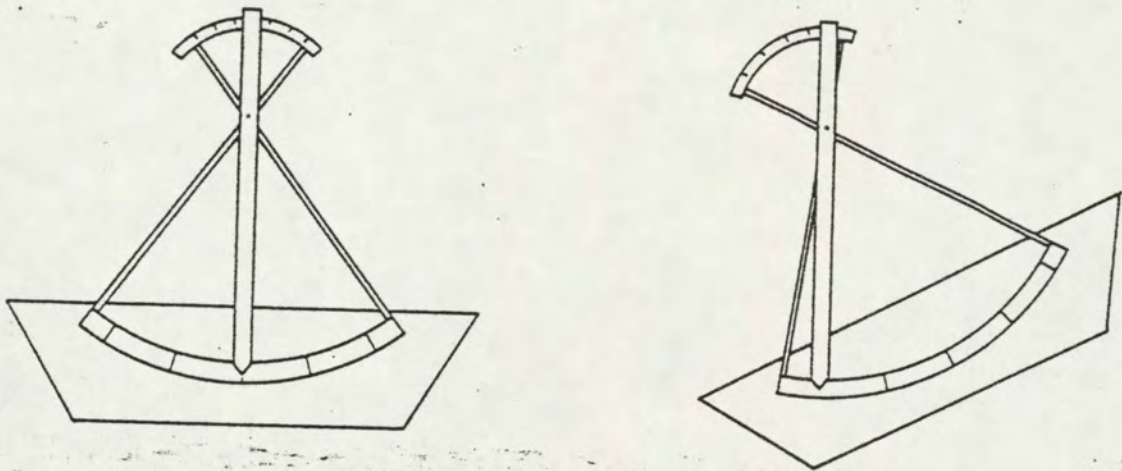


FIGUUR 11.8

Toepassingen zijn onder meer hoekverdraaiingen, welke onderdeel zijn van een meetsysteem waarin de afstand een afgeleide is van de hoek. Voorbeelden zijn hoogtezoekradars, vluchtaanwijzers voor kranen, etc.

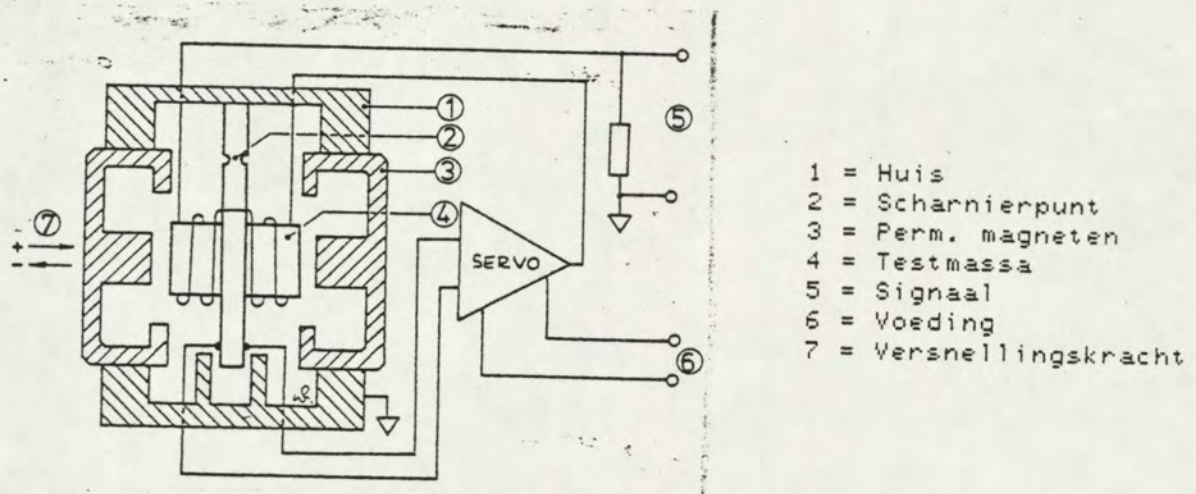
11.3 Principe van pendulum en versnellingsmeter

Om een scheefstand te meten kan men uitgaan van een tweetal principes, welke beide gebruik maken van de aardgravitatie (figuur 11.9 en 11.10).



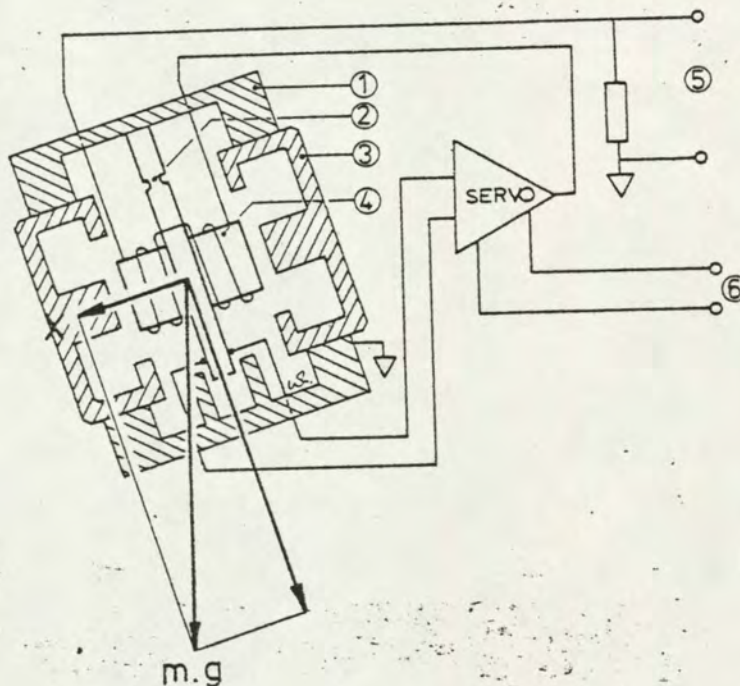
FIGUUR 11.9

Bij het pendulum wordt de hoekverdraaiing door middel van een potentiometer een shaft encoder of een synchro gemeten. De wrijving in o.m. lagering of van de looper over de potentiometer veroorzaakt een meetfout, meestal in de vorm van hysteresis.



FIGUUR 11.10

Bij de gekozen horizontale opstelling is het uitgangssignaal nul.



FIGUUR 11.11

Bij scheefstand geldt :

$$\sin A = X/m.g.$$

en, omdat het steeds een geringe scheefstand betreft, is tevens $\sin A$ evenredig met de hoekverdraaiing (tot 10 gr. verloopt de sinus ongeveer lineair).

De kracht, welke nodig is om de kern op zijn plaats te houden is evenredig met de versnelling c.q. hoek.

Deze kracht wordt opgewekt door een soort luidsprekerspoel op de test-massa. De kracht in de spoel is dus evenredig met de stroom. Deze stroom wordt vervolgens door een weerstand gevoerd en de resulterende spanning is dan evenredig met de hoek.

11.4 Eigenschappen van versnellingsopnemers

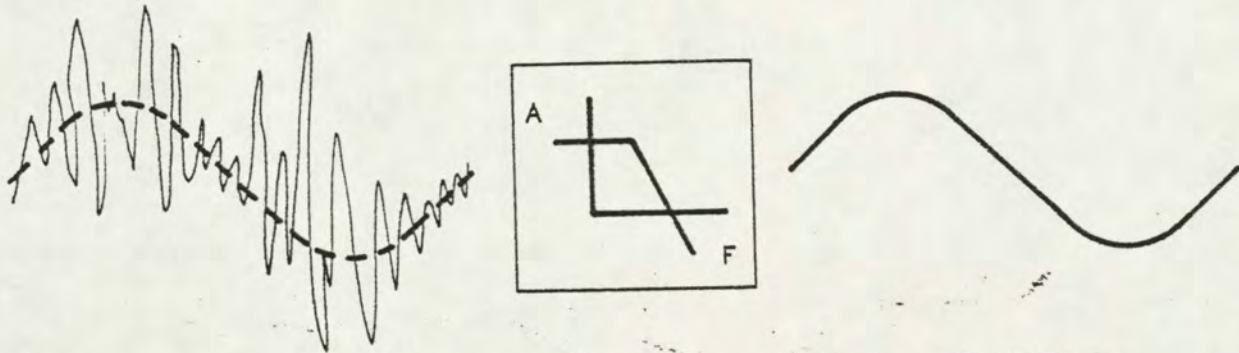
Het pendulum heeft als nadeel, dat er een miswijzing optreedt als er een transversale versnelling op werkt. Tevens kan het pendulum in de eigen frequentie gaan slingeren bij het meten van een laag-frequente meting.

De versnellingmeter maakt het mogelijk een helling zeer nauwkeurig te bepalen. Bij het optreden van een transversale versnelling treedt echter ook een miswijzing op. Door de hoge eigen resonantie is de versnellingsmeter ook toepasbaar voor laag-frequente metingen.

Beide methoden zijn slechts in een as gevoelig, waardoor men voor een horizontaal vlak met een combinatie van twee loodrecht op elkaar staande instrumenten moet werken.

Bij elke meting is het van belang versturende invloeden uit te schakelen. Wanneer bijvoorbeeld een ponton door een ander vaartuig aangestoten wordt, is het niet van belang de schok die hierdoor optreedt, te meten.

Ook zal, door de gevoeligheid, het meetsysteem zelf alle trillingen als een ruis opnemen. Door het signaal te filteren met een laag-doorlaat-filter wordt dit opgelost. De afsnijfrequentie wordt bepaald aan de hand van eigen (stoor)frequenties van het vaartuig, waarop de hellingmeter gemonteerd wordt (figuur 11.12).

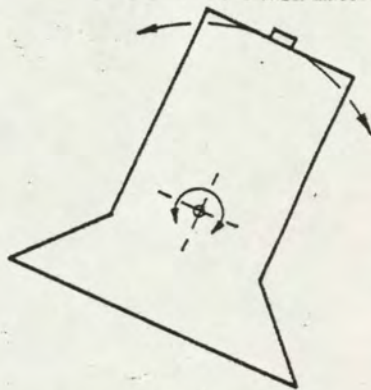


FIGUUR 11.12

Omdat het meten van de helling van de pijler, vooral door de hoge eis die men aan de nauwkeurigheid stelt, de meeste problemen oplevert, zal deze meting hierna besproken worden.

11.5 Slingerproces van de pijler

De pijler slingert tijdens de plaatsing om een draaipunt, dat tijdens het afzinken verplaatst. Het is dan ook niet mogelijk de helling ter plaatse van het draaipunt te bepalen (figuur 11.13).

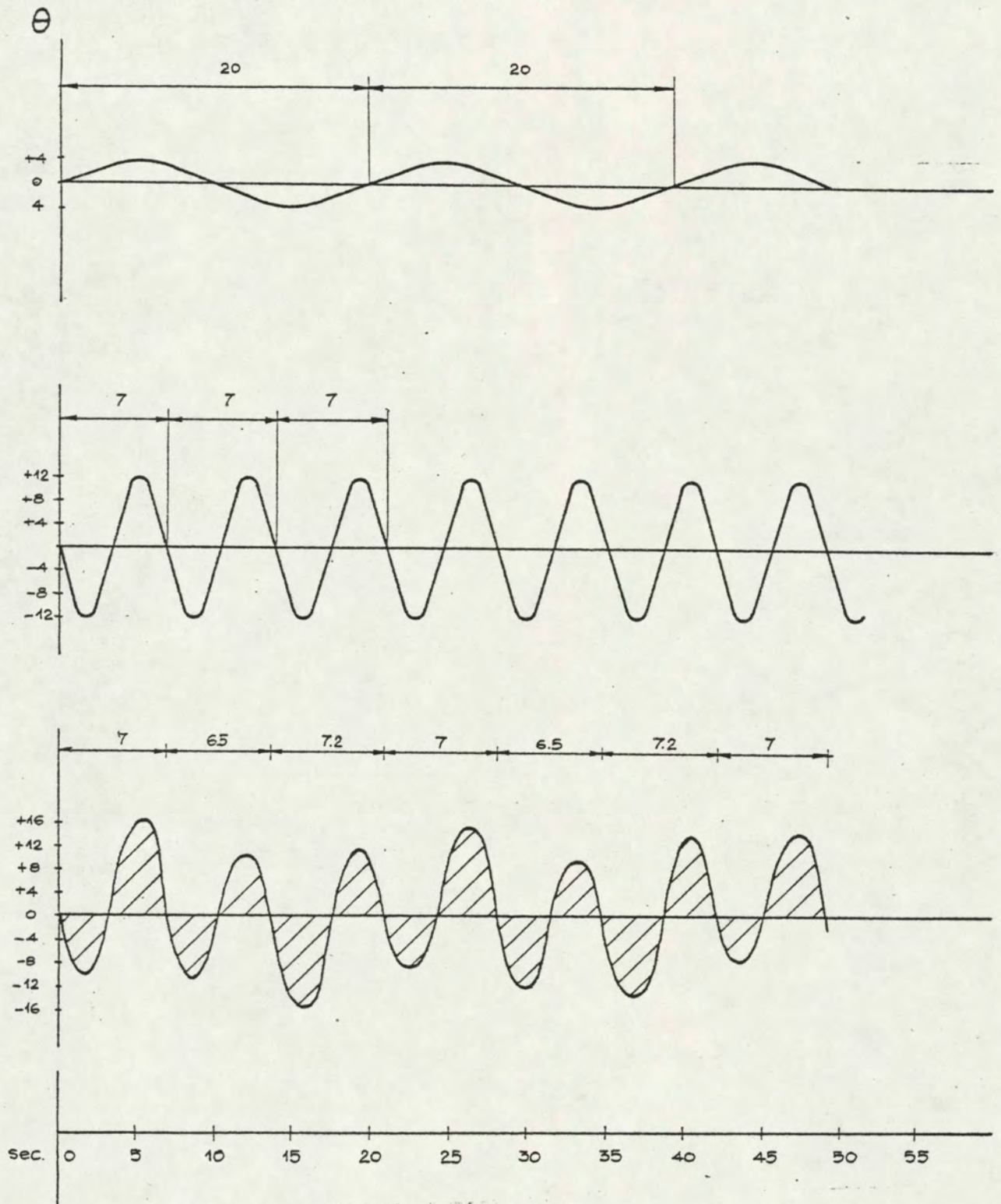


FIGUUR 11.13

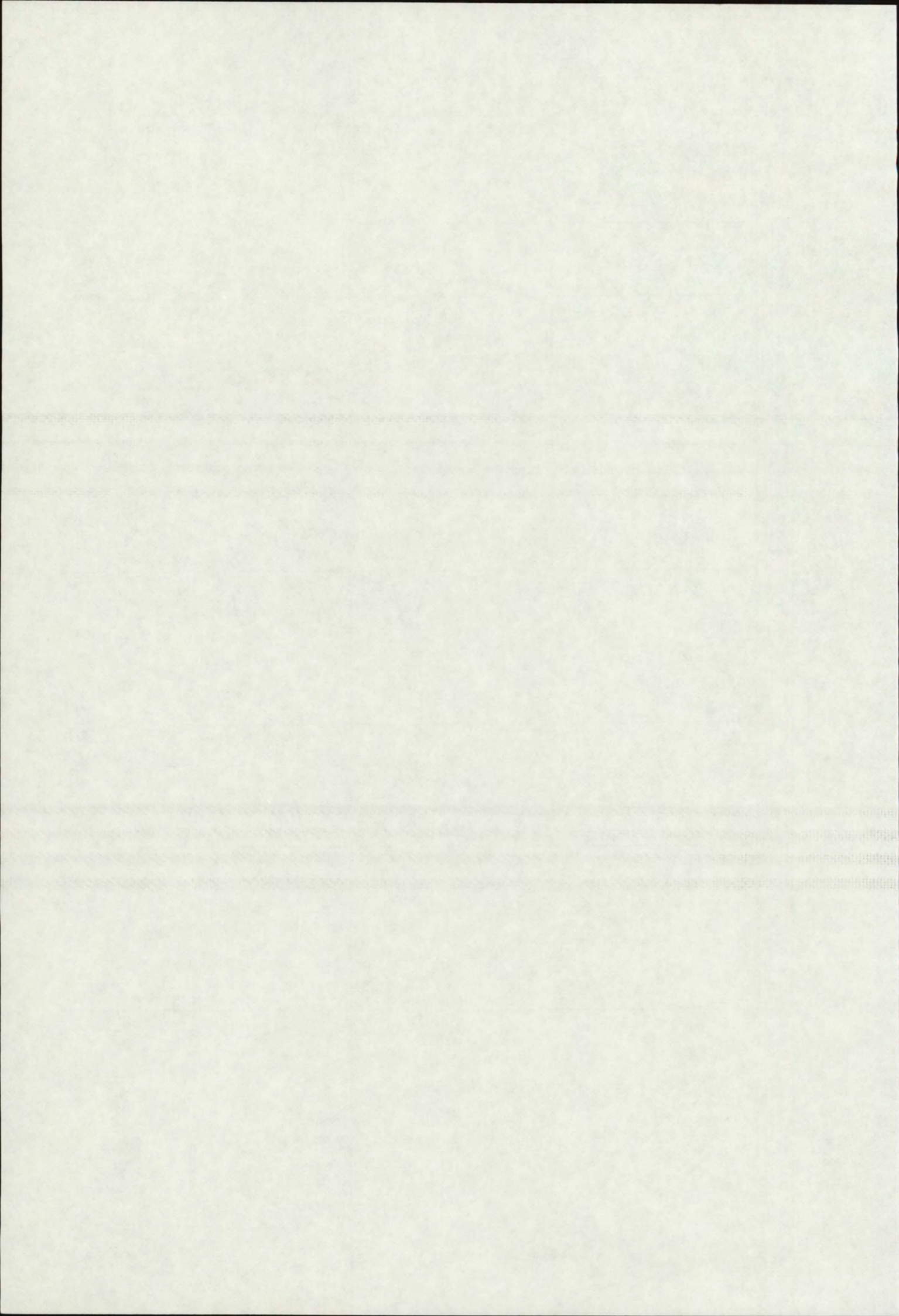
De hellingmeter wordt daarom bovenop de pijler gemonteerd. Hier treedt echter bij een slingering een transversale verplaatsing c.q. versnelling op. Deze versnelling veroorzaakt een afwijking bij de bepaling van de momentane waarde. Door de meetuitkomst over een langere periode te middelen, wordt de meetfout geelimineerd. De volgende slingeringen treden op:

	Slingertijd
Ostrea met pijler	ca. 20 sek.
Pijler	6 a 8 sek.
Golfbeweging	6 a 8 sek.

De afzonderlijke bewegingen resulteren in een samengestelde slingering, zoals in figuur 11.14 is afgebeeld, waarin de golfbeweging voor de duidelijkheid buiten beschouwing is gelaten.



FIGUUR 11.14



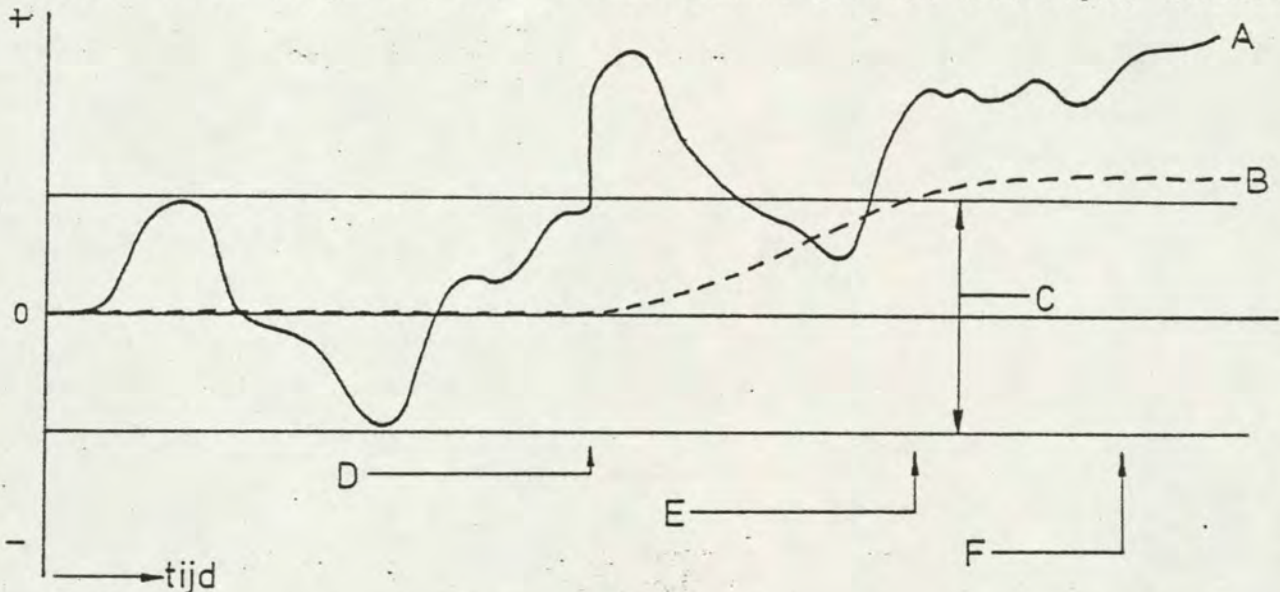
Het gemiddelde oppervlak van de samengestelde kurve levert de gemiddelde scheefstand van de pijler op. Wanneer dit gemiddelde oppervlak nul is hangt de pijler gemiddeld zuiver vertikaal.

Het gemiddelde wordt bepaald uit een cyclus van 200 seconden.

Dit gemiddelde wordt als voortschrijdend gemiddelde berekend in een mini computer als digitaal filter, dat aan de laatste waarden een hogere wegingsfactor toekent dan aan de eerste waarden.

Bij digitale verwerking van analoge signalen met veel ruis, moeten eerst de ongewenste signaal componenten met een laag doorlaatfilter worden verwijderd. Dit filter draagt tevens zorg voor anti-aliasing, het voorkomen van som- en verschilfrequenties.

Tijdens het plaatsen moet men ook meten of de momentane waarde binnen de gestelde toleranties vallen. Dit is met de versnellingsopnemer, gebruikt als hellingmeter, echter niet vast te stellen (zie figuur 11.15).



- | | |
|------------------|----------------------|
| - A = mom. | D = verstoring |
| B = voortl. gem. | E = verst. design. |
| C = tol. veld | F = gem. = werk.heid |

FIGUUR 11.15

De opgetreden verstoring komt pas na verloop van tijd in het gemiddelde tot uitdrukking. De verstoring wordt dus pas na 200 sek. herkend, hetgeen uiteraard te laat is.

Bij het afzinken van een pijler is het absoluut noodzakelijk op de hoogte te zijn over de mate, waarin de momentane waarde afwijkt van de gemiddelde waarde.

Deze informatie verkrijgt men door behalve de versnellingsmeter ook een Rate Gyro op te stellen.

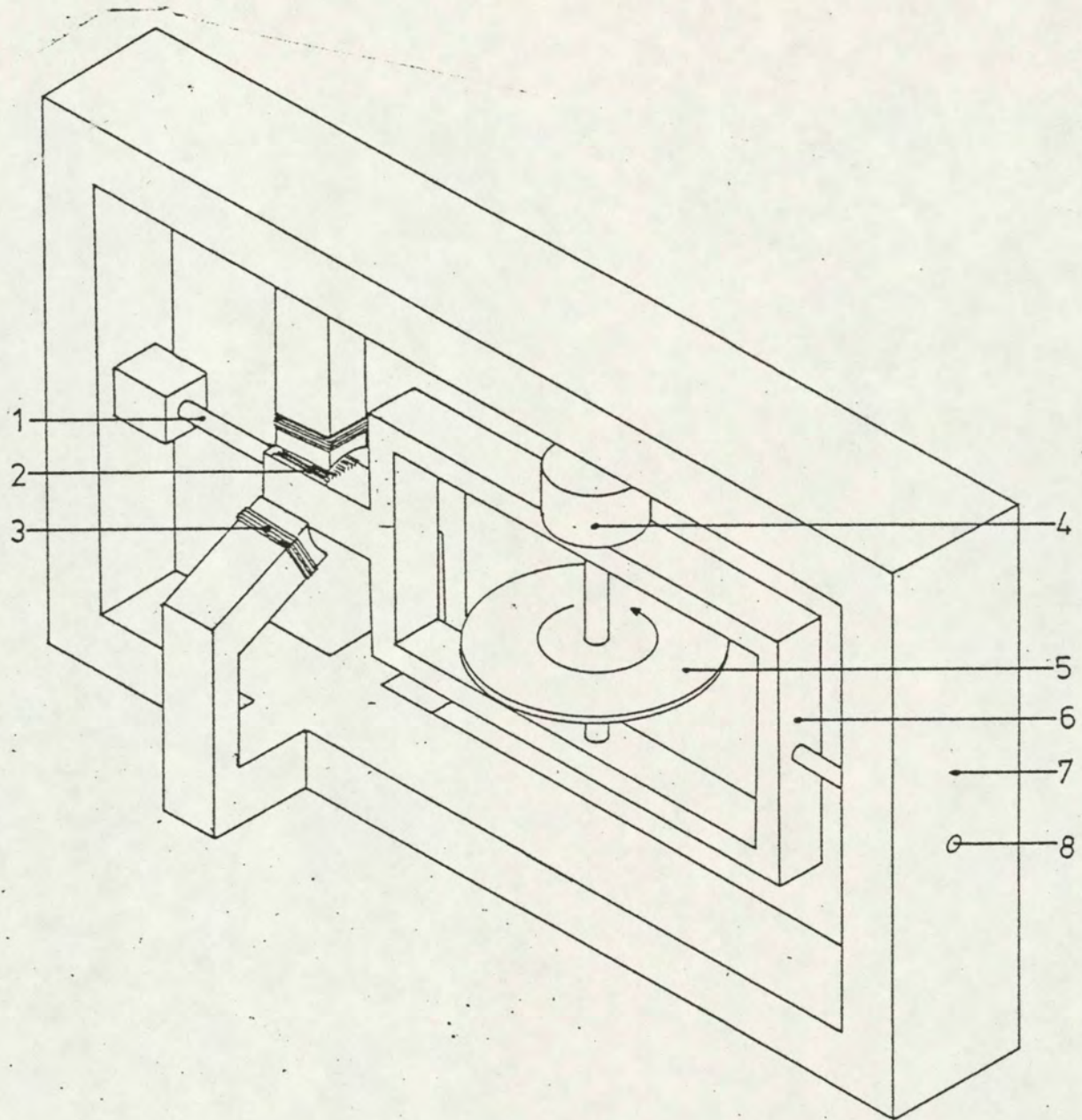
De Rate Gyro is een instrument, dat berust op gyroskopische krachten. Dit instrument wordt hierna toegelicht.

11.6 Principe van de Rate Gyro

Met de Rate Gyro (figuur 11.16) beschikken we over een instrument, dat ongevoelig is voor transversale verplaatsingen en alleen reageert op een verdraaiing om zijn gevoelige as.

Wanneer men de stator om zijn gevoelige as draait, zal de gyrotol het meebewegen van de rotor tegenwerken.

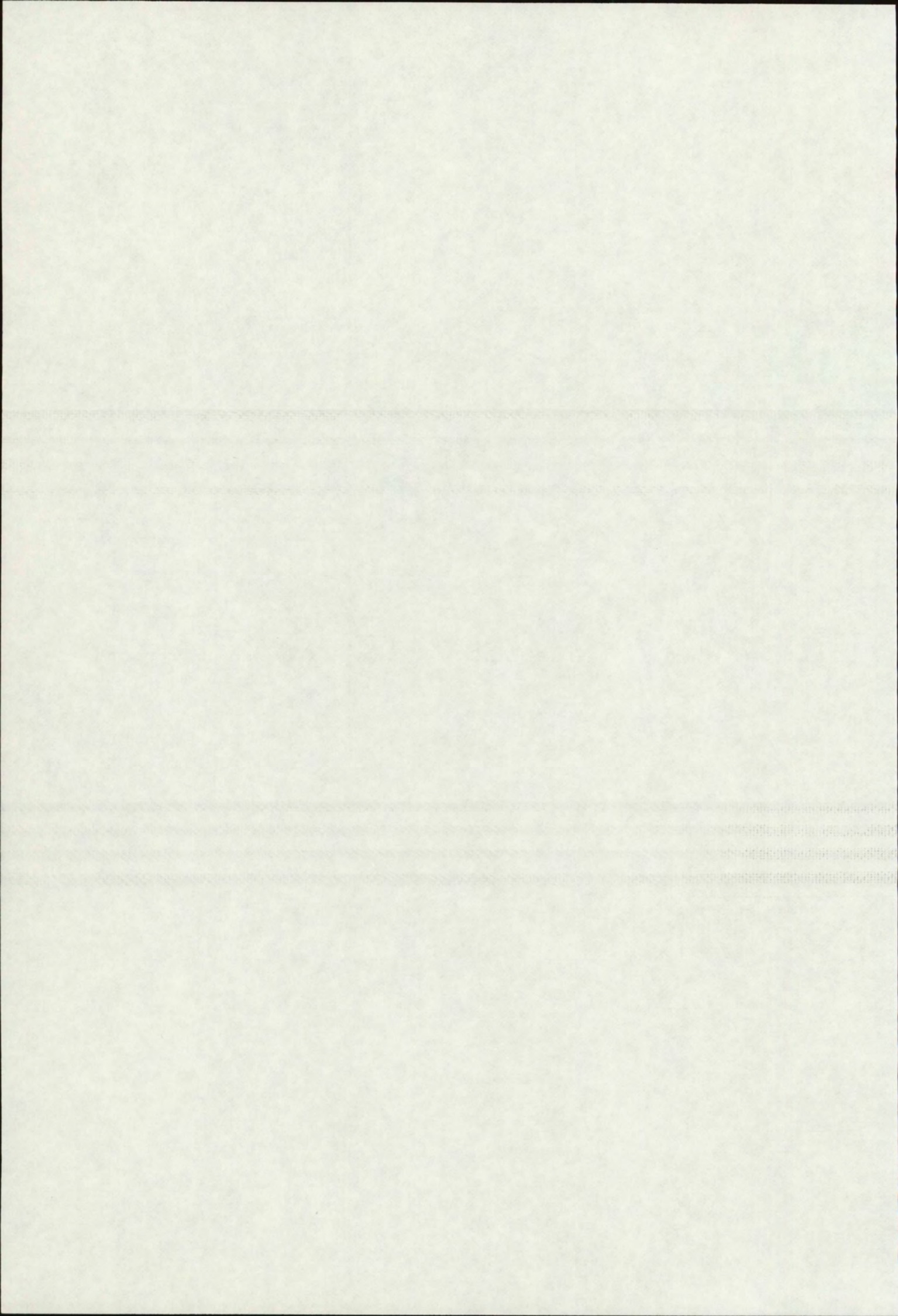
Doordat de rotor en de stator gekoppeld zijn met een torsiestafje, zal de rotor, zij het vertraagd, de beweging toch volgen.



1 = Torsieas
 2 = Rotorspoel
 3 = Veldspoel
 3 = Veldspoel
 4 = Motor

5 = Gyrotol
 6 = Rotor
 7 = Stator
 7 = Stator
 8 = Lagering

FIGUUR 11.16



De achterstand van de rotor op de stator wordt groter, naarmate de versnelling waarmee de stator kantelt groter is. De achterstand is dus een maat voor de grootte van de hoekversnelling. Door nu te meten hoever de rotor uit zijn rustpunt staat, is de versnelling bepaald.

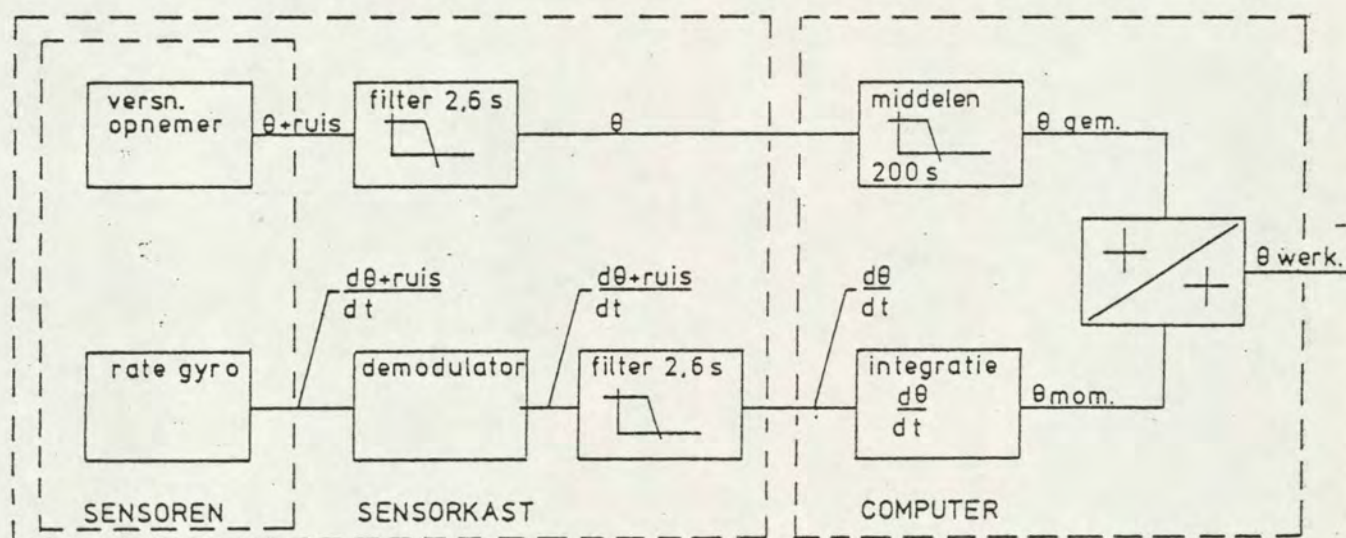
Deze meting wordt uitgevoerd volgens het principe van de synchro. Daar het geruime tijd duurt voor een rate gyro stabiel is (toerental van de tol, temperatuur en lagerspeling), mag men tijdens het meten de spanning niet onderbreken. Vandaar dat bij dit meetsysteem een zgn. uninteruptable power supply is bijgevoegd, welke bij netspanningsstoring tenminste 30 min. overbruggingstijd geeft.

Het signaal, dat de Rate Gyro afgeeft, wordt na demodulatie door een zelfde analoge filter als bij de versnellingsopnemers gevoerd om eventuele ruis e.d. te onderdrukken.

Bovendien geeft een filter een looptijdvertraging, waardoor de signalen van versnellingsopnemer en Rate Gyro niet meer synchroon zouden lopen. Vervolgens wordt het hoeksnelheidssignaal in dezelfde mini computer geïntegreerd om een momentane waarde te verkrijgen.

Deze momentane waarde wordt opgeteld bij de gemiddelde hoek, verkregen uit de versnellingsopnemer, hetgeen dan de werkelijke hoek oplevert (figuur 11.17).

Op het systeem versnellingsopnemer in combinatie met een Rate Gyro is door de Ballast Nedam Groep in 1979 octrooi aangevraagd.

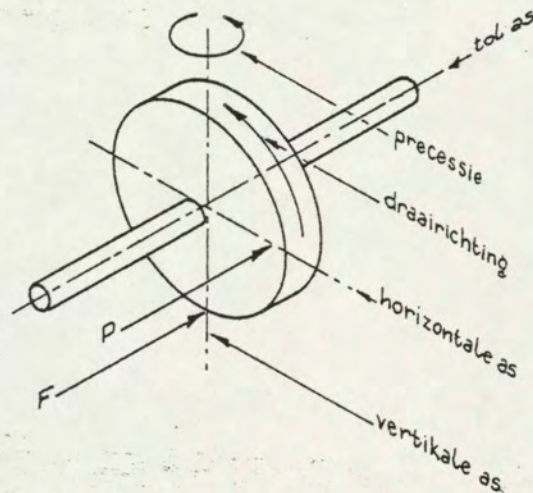


FIGUUR 11.17

11.7 Meten van een hoek om een verticale as

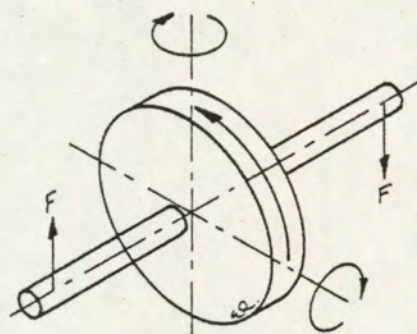
In het voorgaande is steeds sprake geweest van het meten van hoeken om een horizontale as. Het bepalen van de koers van een vaartuig kan beschouwd worden als het meten van een hoek om een verticale as. Hiervoor worden gyrokompassen gebruikt.

Gyrokompassen werken volgens het principe van het hoek traagheidsmoment, hetgeen inhoudt, dat de draaiingsas van een snel draaiend voorwerp, het gyrowiel, een vaste stand in de ruimte zal innemen. Wordt op het wiel een uitwendige kracht uitgeoefend, dan zal de precessie kracht de stand van de draaiingsas willen veranderen. (figuur 11.18 en figuur 11.19)



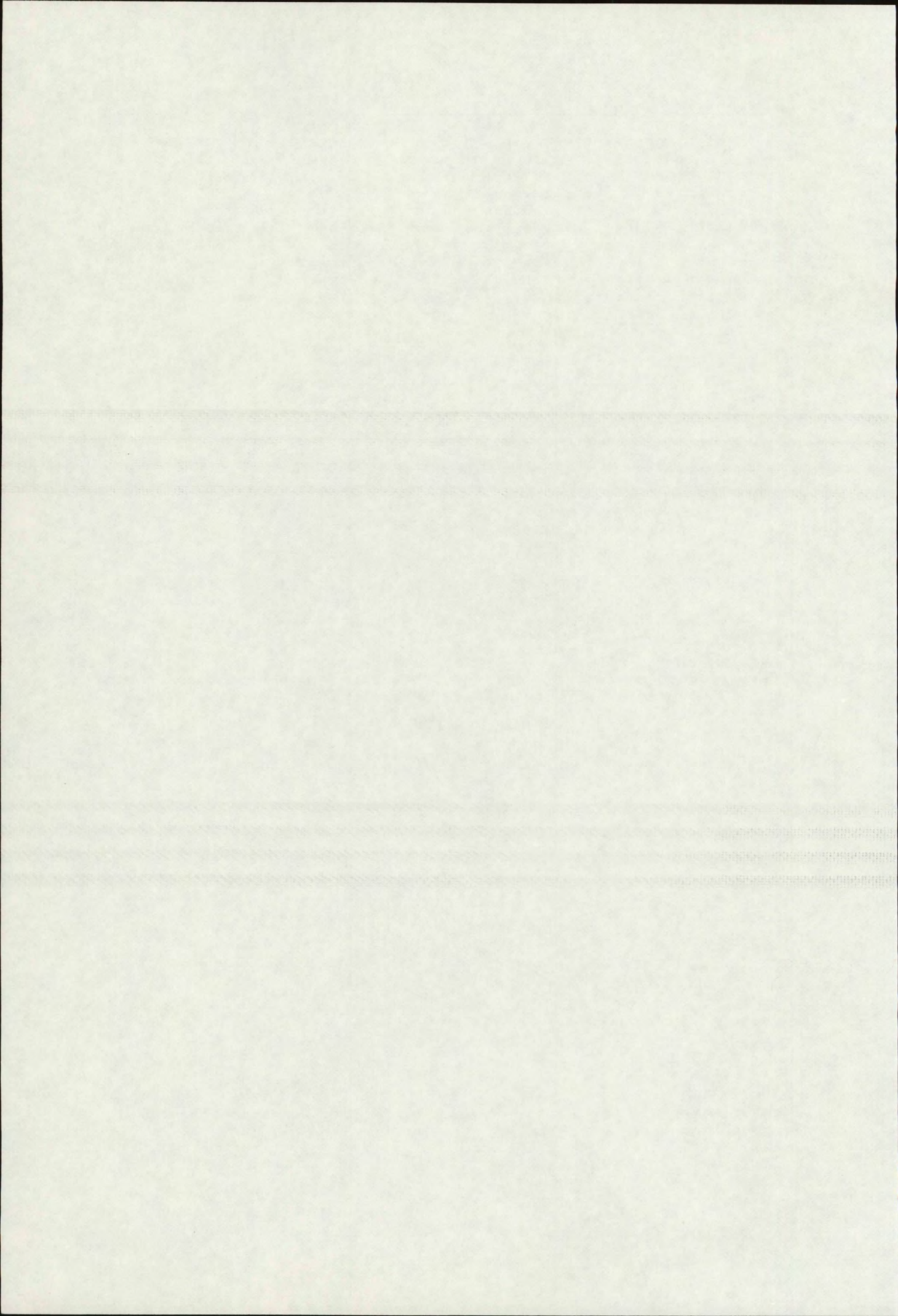
De resulterende precessie P grijpt, ten opzichte van de uitgeoefende kracht F , 90 graden verschoven in de draairichting van het wiel, aan.

FIGUUR 11.18

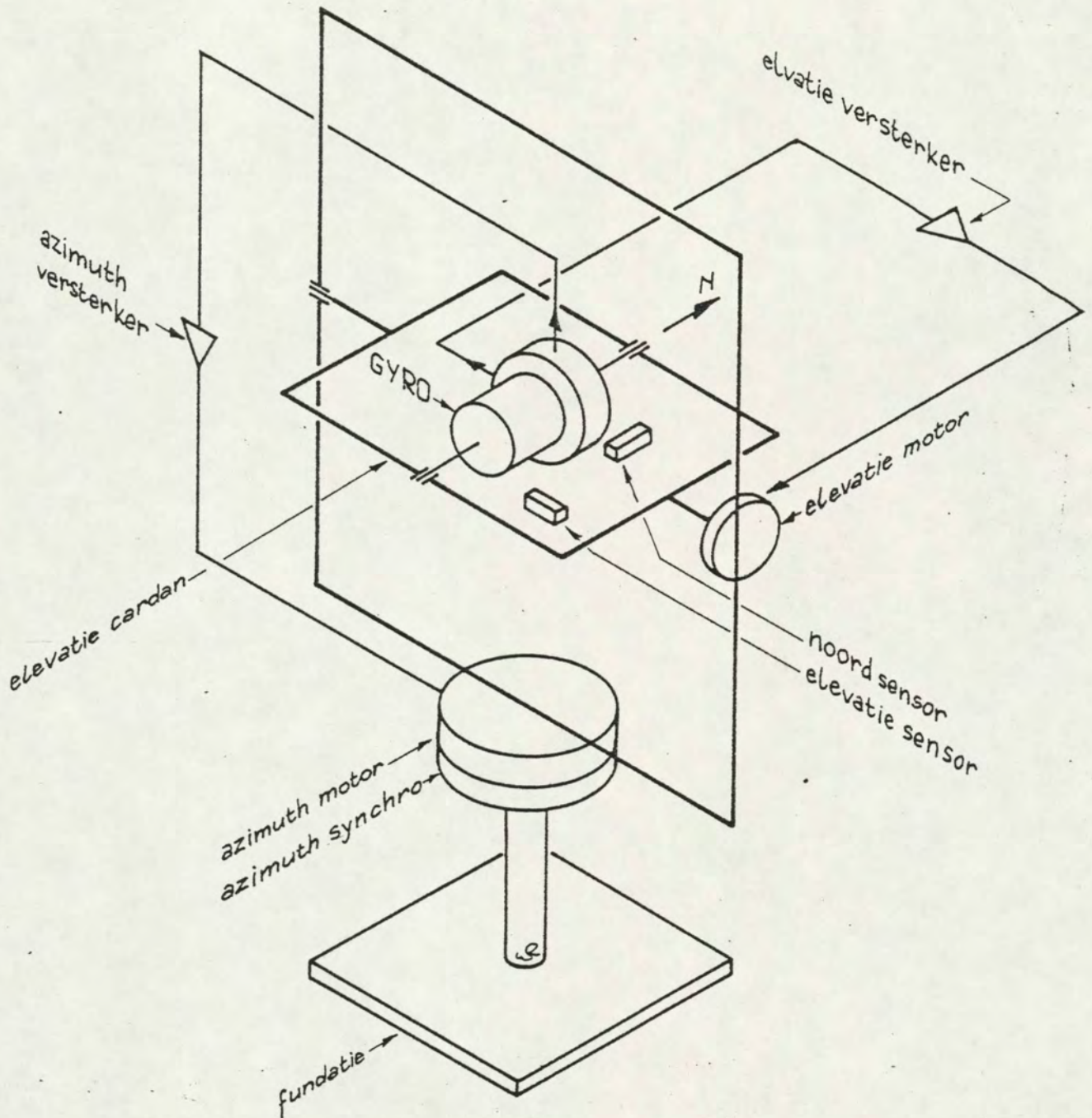


De draaiingsas wil een stand innemen, evenwijdig aan de richting van het koppel genoemd door P en F .

FIGUUR 11.19



De gyrotol is kardanisch opgehangen met twee vrijheidsgraden. Bij een gebalanceerd systeem en bij afwezigheid van wrijving zal de stand van de draaiingsas in de ruimte, onafhankelijk van de beweging van de fundaties, gehandhaafd blijven (figuur 11.20).



FIGUUR 11.20

De ophanging is zodanig dat de draaiingsas in een horizontaal vlak ligt, dat evenwijdig is aan de noordmeridiaan.

De draaiingsas zal zijn stand in de ruimte onafhankelijk van de rotatie van de aarde willen handhaven.

Ten opzichte van de aarde zal de noordzijde van het elevatie kardan omhoog komen (tilt) en naar het oosten draaien.

Om nu als noordreferentie bruikbaar te zijn, zal de draaiingsas zodanig beheerst moeten worden, dat deze altijd naar het noorden wijst.

Deze gewenste orientatie van de draaiingsas wordt bereikt door een koppel op de horizontale as van het gyrowiel uit te oefenen.

Dit koppel is een functie van de tilt en oefent een precessie uit op de azimuth as, waardoor de gyro naar de noord-meridiaan draait.

In moderne gyrokompassen wordt een en ander middels elektronika verwezenlijkt. De gyrotol zelf is nog slechts een wiel van ca. 40 gram, dat met 14.000 omwentelingen per minuut draait.

Twee opnemers produceren een uitgangssignaal, dat evenredig is met de relatieve verplaatsing van het huis ten opzichte van het wiel.

Via een versterker wordt of de elevatiemotor of de azimuthmotor aangestuurd om de draaiingsas van het wiel weer in de juiste stand te brengen.

Tussen de azimuth kardan en de fundatie wordt een synchro opnemer geplaatst.

Deze stuurt de kompasroos aan, zodat de koers direkt afleesbaar is.

Ook kan direkt een synchro/digitaal converter toegepast worden, zodat de koers digital afleesbaar is, waardoor kompassen aangestuurd kunnen worden of verdere komputer verwerking mogelijk is.

11.8 Kalibratie en onderhoud

De hellingmeters worden bij aankomst op het werk op een speciaal hiervoor gebouwde ijktafel gekalibreerd. Hierna worden zij gemonteerd op het werkschip c.q. pijler.

Verdere kalibraties gebeuren in het werk en indien hier mocht blijken, dat het instrument onbetrouwbaar is, wordt het op de ijktafel gecontroleerd en eventueel gekorrigeerd.

De gyrokompassen worden steeds in het werk gekalibreerd door de afgegeven koers te vergelijken met de berekende koers van het vaartuig.

De storingsgevoeligheid van deze instrumenten blijkt zeer gering te zijn, mits zij met voldoende zorg worden behandeld en gemonteerd.

De bereikte nauwkeurigheden met de besproken instrumenten zijn :

Opnemer	2 sigma waarde	resolutie
Pendulum	0,5 graad	0,1 graad
Versnellingsopnemer (< 2,5 gr.)	0,1 graad	0,05 graad
Versnellingsopnemer (> 25 graad)	0,25 graad	0,1 graad
Versnellingsopnemer + Rate Gyro	0,02 graad	0,01 graad
Gyrokompas	0,4 graad	0,1 graad

11.9 Samenvatting

Het nauwkeurigste instrument waarmee wij hellingen meten is de versnellingsmeter.

Door de altijd aanwezige beweging in het horizontale vlak, kan men niet de momentane waarde bepalen en werkt men met een gemiddelde.

Door het middelen loopt de meting achter op een verstoring van de gemiddelde toestand.

Verstoringsen worden daarom opgespoord en gemeten met een Rate Gyro.

Vermeld moet worden, dat bij het transport, montage en demontage van dit soort sensoren, de uiterste voorzichtigheid betracht moet worden.

Een losse versnellingsopnemer zou volledig geruineerd zijn, als hij als een kopje koffie op een tafel wordt neergelegd.

Ingepakt in de behuizing kan hij meer hebben, maar een val van 5 a 10 cm is ook hier fataal.

Voor de Rate Gyro geldt, weliswaar in mindere mate, hetzelfde.

Het slechtste dat het instrument aangedaan kan worden is bewegen terwijl de gyrotol, na uitschakelen van de spanning, uitloopt.

Voor koersbepaling wordt een gyrokompas toegepast.

12. PROFILERS

12.1 Principe

Een profiler is een aangepast echolood, waarvan het doel is om niet alleen vertikaal een afstand te meten, maar ook in diverse richtingen.

De werking berust op een door een transducer uitgezonden korte geluidspuls, waarna dezelfde transducer de echo ontvangt van het voorwerp, dat de uitgezonden geluidspuls heeft gereflekteerd. Hierna wordt de transducer over een kleine hoek verdraaid en wordt de volgende meting gedaan.

Uit de looptijd van de geluidspuls en de voortplantingssnelheid van geluid in water kan de afstand bepaald worden. Tegelijk wordt de richting gemeten, waarin de puls wordt uitgezonden (de stand van de transducer). Uit deze gegevens kan de positie van het reflecterende voorwerp worden berekend.

Er zijn twee soorten profilers.

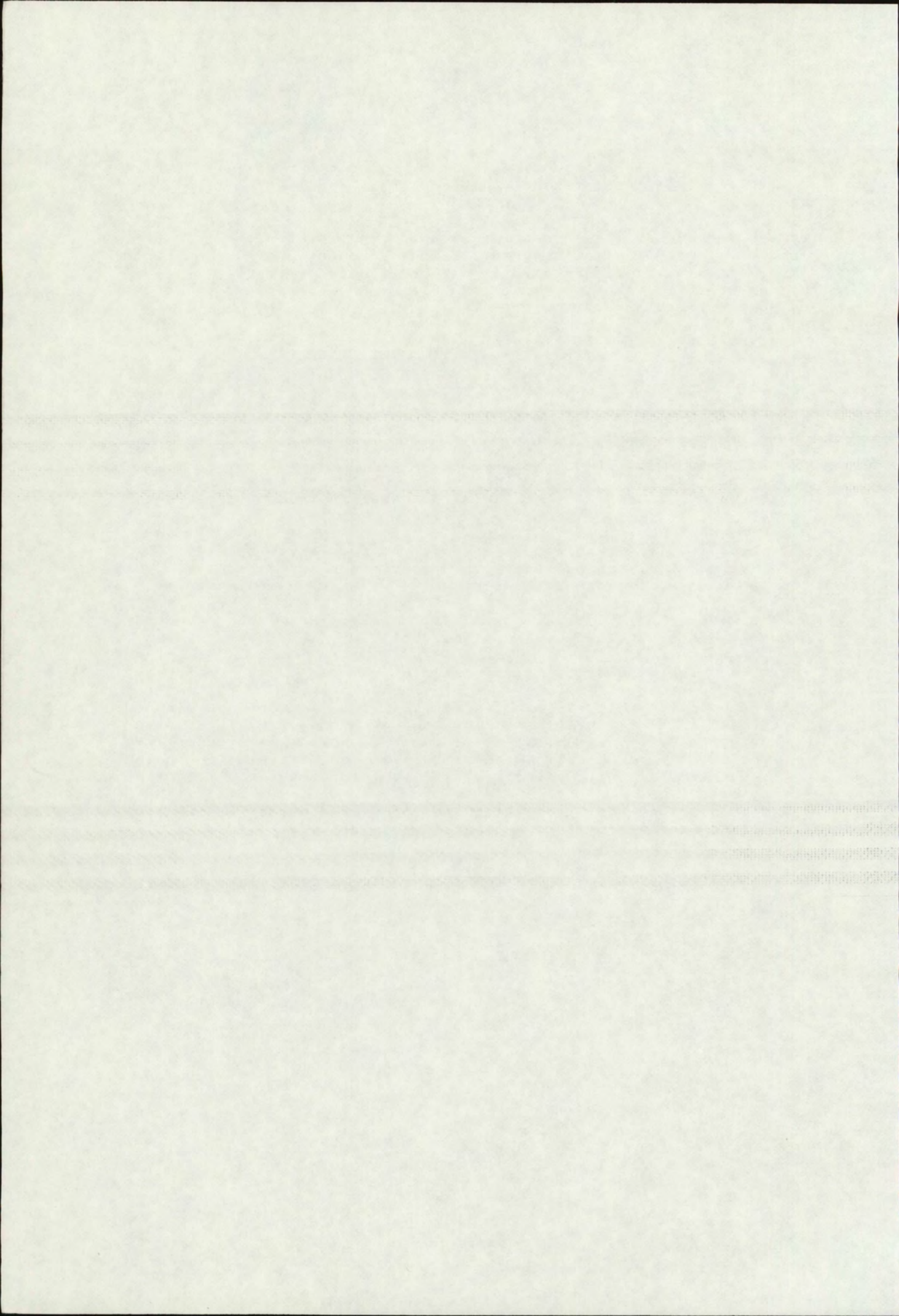
De eerste soort is die, waarbij de transducer om een as beweegt (2D), zodat slechts in een vertikaal vlak door het instrument gemeten kan worden.

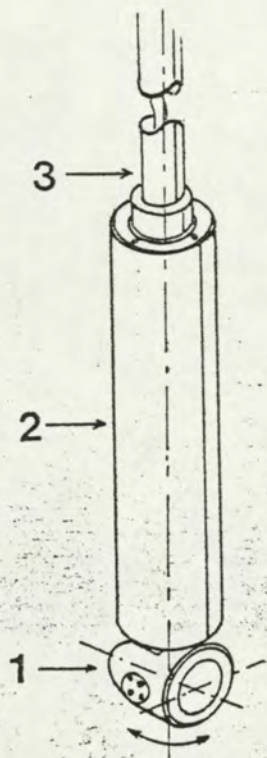
De tweede is die, waarbij de transducer om twee assen beweegt (3D), zodat een profiel ten opzichte van de profilers ook verschoven gemeten kan worden, bijvoorbeeld verder naar voren of naar achteren.

Om nauwkeurige positiebepaling te realiseren zijn bijzondere voorzieningen ten opzichte van een echolood nodig :

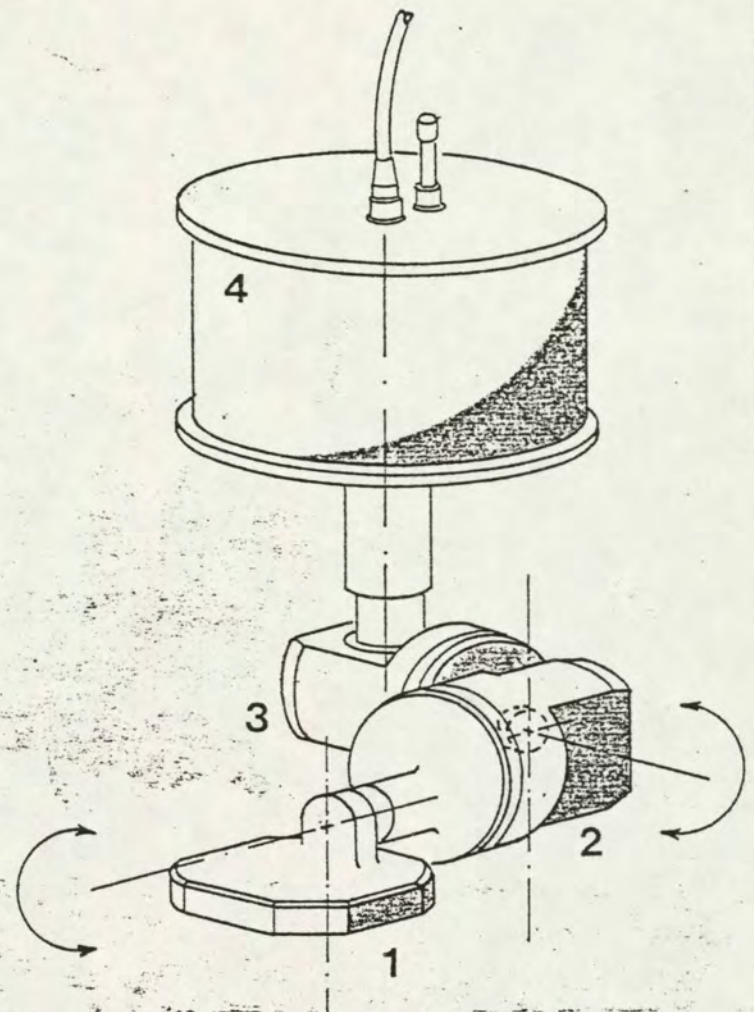
- Exacte hoekmeting op de draaiingsassen
- Zeer nauwe bundel
- Extra voorzieningen ten aanzien van de signaalverwerking, met name een hoek afhankelijke versterking van het signaal, naast de time varying gain. Dit is noodzakelijk omdat de hoeveelheid gereflekteerd signaal, afhankelijk van de ruwheid van het te meten oppervlak afneemt als het reflectievlak niet loodrecht op de meetrichting staat.
- Indien absolute positiebepaling van voorwerpen nodig is, zal ook de stand van de profiler ten opzichte van de vertikaal bepaald moeten worden.

In figuur 12.1 zijn een 2D en een 3D profiler afgebeeld.





1. Transducer
(90 deg. verdraaid)
2. Huis
3. Ophangpijp



1. Transducer
2. Sweepmotor
3. Tiltmotor
4. Huis

FIGUUR 12.1 2D en 3D Profiler

12.2 Toepassing in het S.V.K.O. project

Bij het S.V.K.O. project zijn diverse typen profilers in gebruik voor verschillende doeleinden.

12.2.1 Honeywell-Yamatate

Dit is een 2D-profiler met analoge recorder. Deze profiler is gebruikt bij het leggen van bodembeschermingsmatten, en bij het aanbrengen van zand- en steenbestortingen. Hoewel deze profilers steeds voldaan hebben konden zij niet meer voldoen aan de hoge nauwkeurigheidseisen, die aan het huidige werk gesteld worden.

12.2.2 Mesotech 952

Deze 2D profiler is sinds 1979 in gebruik voor :

- controle van de bodem op obstakels bij het verdichtingsproces van de Mytilus.
- meting van de bodemligging voor het neerzetten van de duikerklok vanaf de Johan V t.b.v. grondonderzoek.

- laagdiktemeting en controle op gaten en bulten bij het aanbrengen van lagen stortsteen (profielcontrole wordt door Rijkswaterstaat vereist bij alle stortwerk ten behoeve van de Stormvloedkering).
- Controle op grove aanzanding ($> 0,5$ m) op gestorte lagen.

Voor het S.V.K.O. project zijn 5 Mesotech 952 profilers beschikbaar. Zij hebben een klein, handzaam onderdeel. De afvierpontons voor stortschepen zijn allen voorzien van de nodige montage-voorzieningen zoals een pijp door het schip en een hijs constructie, zodat een flexibelé inzet mogelijk is.

Het signaal wordt digitaal verwerkt, en gepresenteerd op een HP 9872 8-kleuren plotter op A3-formaat.

12.2.3 Ulvertech 142

Deze 2D-profiler is gemonteerd in de manipulator van het onderwater-inspectievoertuig Portunus.

De functies zijn :

- inspectie van de rand van de fundatiemat.
- controle op erosie bij de rand van de ondermat.
- inspectie van de plaats waar kop- en staartbalk hebben gelegen.
- inspectie op scheuren in de mat.
- inspectie van de bestortingen, aangebracht tussen twee naastliggende ondermatten.

Deze profiler wordt dus enerzijds gebruikt voor het verkrijgen van kwantitatieve gegevens, en anderzijds voor het verkrijgen van globale kwalitatieve gegevens als back-up van de onderwatercamera (bij slecht zicht).

Het is standaard een twee-koppige profiler, speciaal voor gebruik op onderwatervoertuigen. In de manipulator is slechts een van beide transducers gemonteerd; de andere wordt voornamelijk als reserve gebruikt.

Presentatie van de gegevens vindt op een videoscherm plaats.

12.2.4 Mesotech 965

Voor diverse metingen tijdens het leggen van de funderingsmatten, onder en rond het ponton, waarvoor de nauwkeurigheidseisen zeer hoog liggen, ontstond de behoefte aan een zeer nauwkeurige 3D-profiler. Op de markt was geen profiler te vinden die aan deze eisen voldeed. Uiteindelijk werd bij Mesotech op specificaties van Rijkswaterstaat en Dosbouw v.o.f. een prototype gebouwd van de Mesotech 965, dat aan uitgebreide testen werd onderworpen.

Hieruit bleek dat deze profiler inderdaad aan de specificaties voldeed.

Inmiddels zijn 10 exemplaren voor Dosbouw v.o.f. gebouwd, die nu ook allen in gebruik zijn voor het begeleiden van de matlegprocessen van de Cardium en Macoma/DOS I.

De transducer kan in twee richtingen bewegen, namelijk de scan (sweep) richting en de tilrichting (zie figuur 1).

Om de hoge nauwkeurigheid te benutten, worden de data via een RS 232 uitgang aan een externe computer aangeboden.

Door de computer kunnen tevens de diverse instelgegevens gestuurd worden, zoals gain, bereik, stapgrootte en scanlimieten. Instelling van deze gegevens op het profiler bedieningspaneel is ook mogelijk. Presentatie van data gebeurt met zeer beperkte resolutie op een videoscherm.

Een ander vereiste om de nauwkeurigheid tot zijn recht te laten komen

is een zeer stabiele ophangingsconstructie die voldoende zwaar is uitgevoerd. Dit wegens het grote gewicht (80 kg) en het grote aanstromingsoppervlak van het onderwatergedeelte.

Van dit type profiler zijn 7 stuks op de Cardium gemonteerd, en 2 op de Macoma/DOS I.

De profilers P1 en P2 zijn onder het ponton gemonteerd en hebben twee functies, namelijk :

- Tijdens het matleggen voeren zij voortdurend scans dwars op de bewegingsrichting van de Cardium uit. De gemeten dieptes worden op een beeldscherm gepresenteerd met als referentie een (instelbare) dieptelij. "Dude" profielen schuiven bij ieder nieuw profiel een stukje omhoog, zodat een beeld ontstaat van de bodem in het gebied vlak voor de mat. Op deze manier wordt gecontroleerd of de ondergrond voor de te leggen mat vlak genoeg is.
- Tijdens eventuele stagnatie van het matlegproces wordt overgegaan van een enkele scan op een gebiedsscan. Hierbij wordt na iedere scan de tilhoek over een klein interval veranderd, zodat een gebied wordt gemeten, begrensd door de ingestelde tilt- en sweeplijnen. Het doel hiervan is te controleren of er ten gevolge van de stroming geen zand achter de mat neerslaat. De presentatie is aangepast aan de situatie. Nieuwe scans komen nu niet op het scherm, maar op de plaats van de scan die voorheen op dezelfde plaats werd opgenomen, zodat een reliefbeeld van het gebied voor de mat ontstaat.

De profilers P3 en P4 bevinden zich juist naast de matrand, vlak voor het punt waar deze de bodem raakt. Hierdoor kunnen de profilers enigszins onder de mat "kijken".

Zij hebben tijdens het continue proces geen functie. Tijdens stagnerend proces zijn zij echter zeer essentieel, omdat de zandbodem achter de opstaande matrand zodra er, bij toenemende stroomsnelheid, enige ontgroning ontstaat, deze zeer snel verder gaat. P3 en P4 maken dan gebiedsscans in dit gebied en de gegevens worden op dezelfde manier als die van P1 en P2 op een videobeeld gepresenteerd.

De verwerking van de data van P1 t/m P4 gebeurt niet in de normale PDP 11/44 survey computers, maar in een aparte Profiler Presentatie Unit (PPU).

Dit is een rond een Intel 8080 gebouwd systeem, dat de 4 profilers bestuurt, de data inleest en verwerkt tot het gewenste videobeeld. De randvoorwaarden, zoals continue of stagnerend proces, voortplantingssnelheid van het geluid in water, theoretische diepte enz. worden via duimwielschakelaars ingesteld.

De profilers P5, P6 en P7 zijn gemonteerd op aparte constructies achter de matrol. P5 en P6 ter hoogte van de matrand, boven het punt waar de mat tijdens het matleggen de bodem raakt en P7 hiertussen, boven het midden van de mat.

P5 en P6 worden gebruikt om :

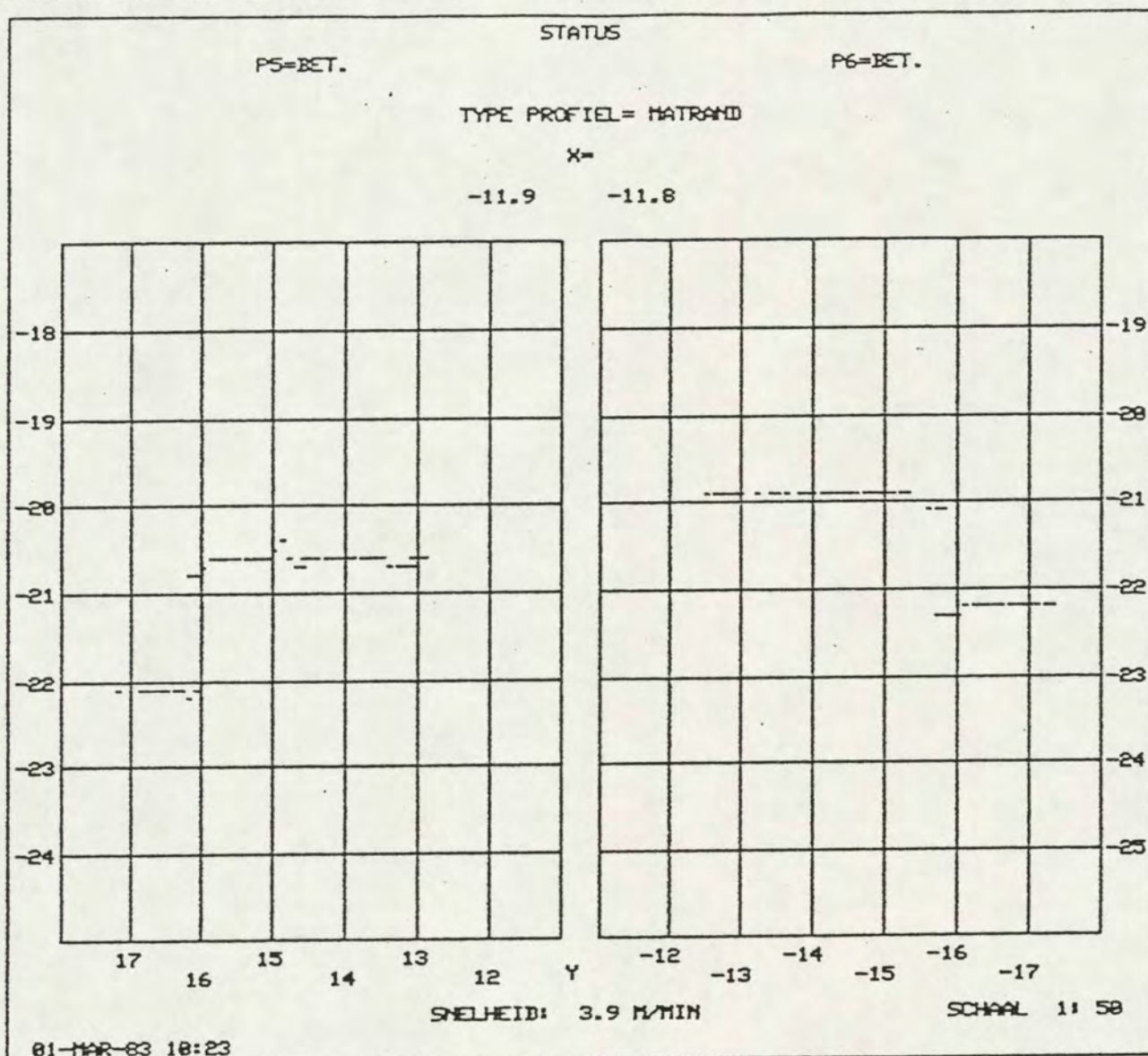
- de positie van de kopbalk te meten
- de matranden te meten;
- de doorhang te meten.

P7 dient om de doorhang te meten.

Omdat het, in het geval van de positie van de matrand en de kopbalk, gaat om het bepalen van absolute coördinaten, zijn de profilers P5 en P6 ieder voorzien van twee hellingmeters (versnellingsopnemer type) om de langs- en dwarselling van deze profiler te kunnen bepalen en te verrekenen.

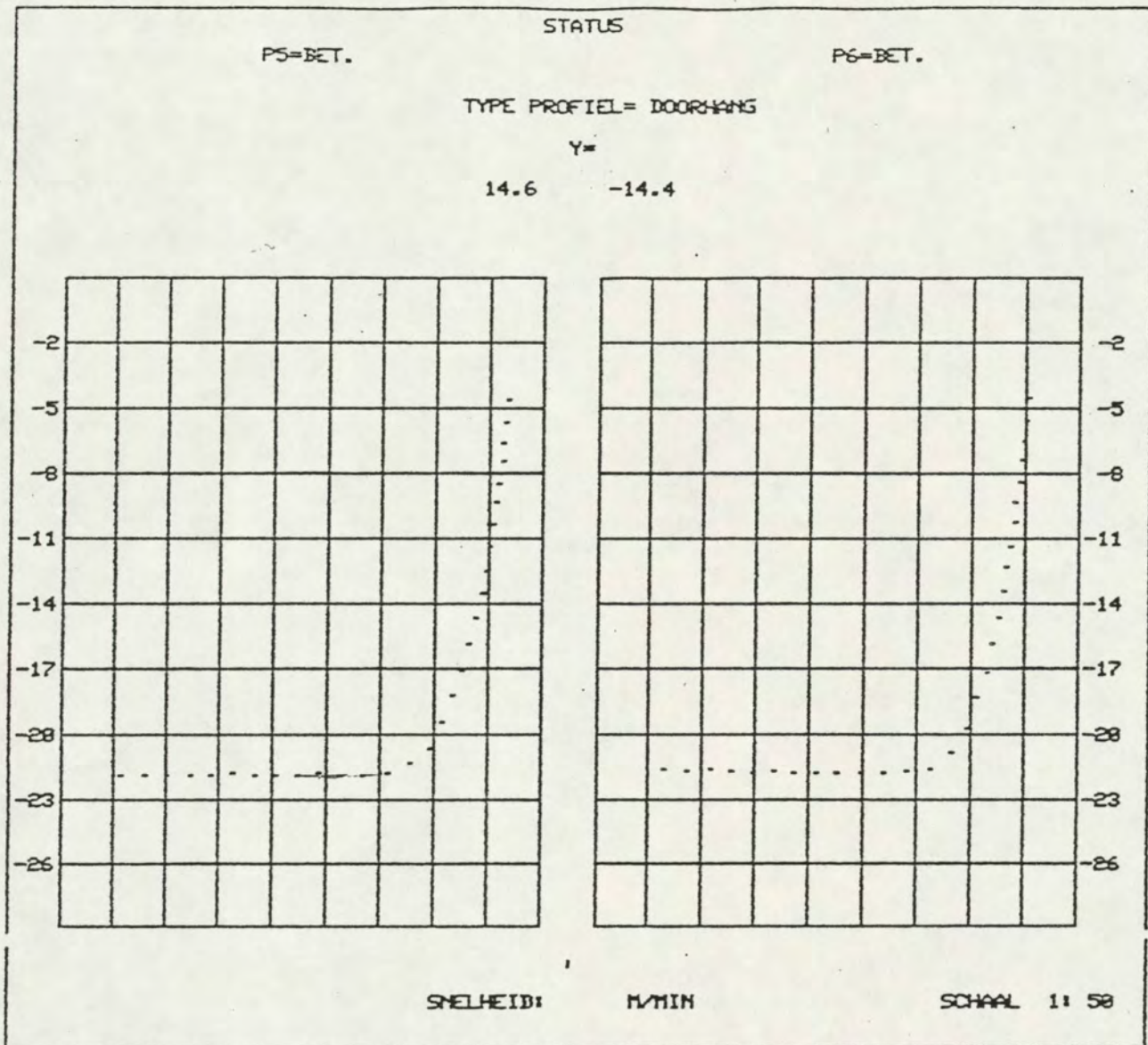
Tijdens de fase van het kopbalk leggen wordt de positie hiervan met het Honeywell RS 904 USB-systeem bepaald. Als back-up worden de profilers P5 en P6 gebruikt. Er worden scans over de beide uiteinden van de kopbalk gemaakt. Deze worden verwerkt tot een profiel en uit een bepaald hoogteverschil tussen twee opeenvolgende profielpunten kan dan de positie van de kopbalk bepaald worden. (Figuur 12.2 en 12.3 met bovenaanzicht scans en hard copy)

Deze wijze van meten met de profilers is vrij zeker, maar de frequentie van de metingen is te laag om er de kopbalk dynamisch mee te sturen (de scans inclusief verwerking duren 30 a 40 sec.).



FIGUUR 12.2

Als de kopbalk ligt, wordt overgegaan op het afwisselend maken van scans in de lengterichting en dwars op de kopbalk. De eerste dienen om de doorhang van de mat te meten, en hieruit de minimale kromtestraal te berekenen. De dwarsscans worden gemaakt onder een zodanige tilt instelling dat een profiel over de rand van de mat gemaakt wordt, daar waar deze de bodem nog niet raakt, zodat hier de matrand bepaald kan worden uit een hoogteverschil in het profiel.



FIGUUR 12.3

De profilers P5 en P6 worden tijdens het matlegproces volledig gestuurd door de survey computers. Hierdoor wordt afhankelijk van de procesfase :

- het juiste type scan gemaakt;
- de snelle afwisseling van de doorhang- en matrandscans mogelijk.
- de limieten waartussen de scans worden gemaakt, zodanig uit de data van de vorige scan worden bepaald, dat een bewegend object (de kopbalk) in beeld blijft.

De gemeten profielen worden gepresenteerd op een raster, dat afhankelijk van de gekozen schaal, varieert van 1 x 1 m tot 3 x 3 m. De coördinaten van matrand en kopbalk kunnen worden afgelezen, zodat de door de computer bepaalde coördinaten, eventueel gekorrigeerd, kunnen worden.

Tevens kan de minimale kromtestraal worden geschat. De presentatie geschiedt op videoschermen.

Aan boord van de DOS I zijn eveneens twee profilers gemonteerd. De DOS I, gekoppeld aan de Macoma, legt tegelmatten. Beide profilers hebben de functie konstante scans in de lengterichting te maken om de doorhang te meten, waaruit dan de minimum kromtestraal wordt berekend. Het inlezen en verwerken van de data gebeurt in de survey computer aan boord van de Macoma. De stuurgegevens worden op de bedieningspanelen van de profilers ingesteld.

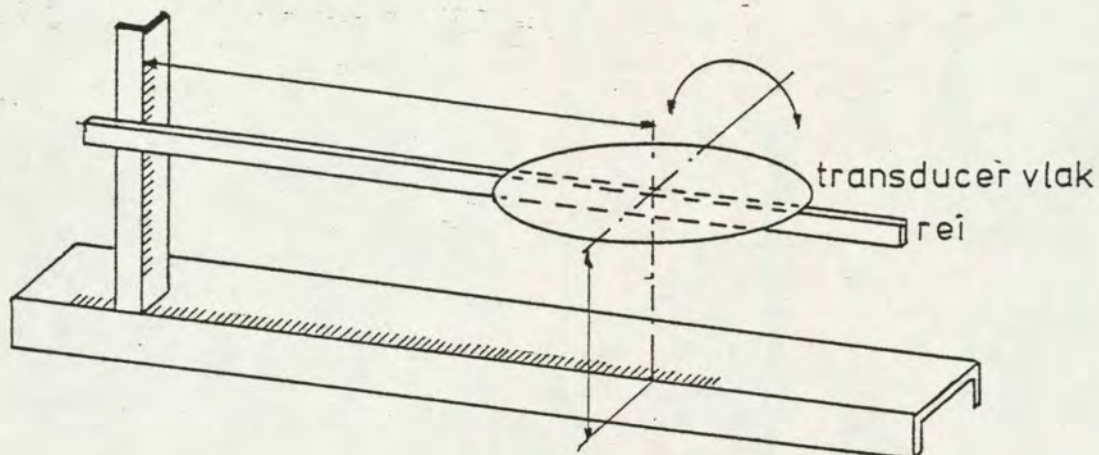
12.3 Kalibraties

De Kalibratie van de Mesotech 965 profilers wordt uitgevoerd door een aantal ijkpijpen aan te scannen. Dit zijn konstrukties, bevestigd aan het ponton, waarvan de positie t.o.v. de profilers nauwkeurig bekend is. Door deze metingen kunnen verstoringen worden geconstateerd.

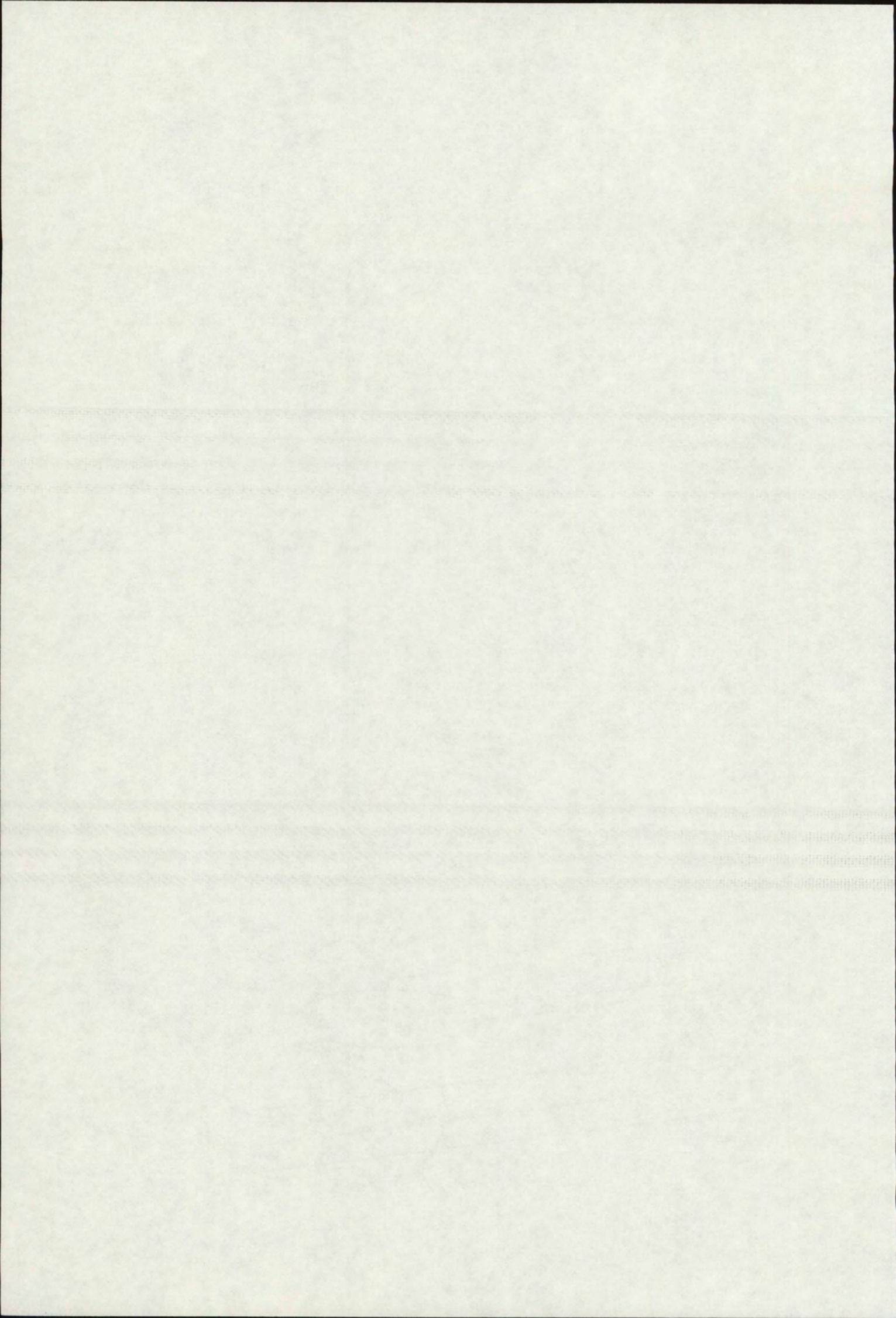
Voor de afstandsberekening wordt intern uitgegaan van een geluidssnelheid van 1500 m/s.

Bij externe verwerking moet de afstand verrekend worden met de correcte geluidssnelheid.

Na reparaties aan mechanische delen worden de hoeken over het gehele bereik nagemeten in een aparte meetopstelling.



FIGUUR 12.4 Meetopstelling



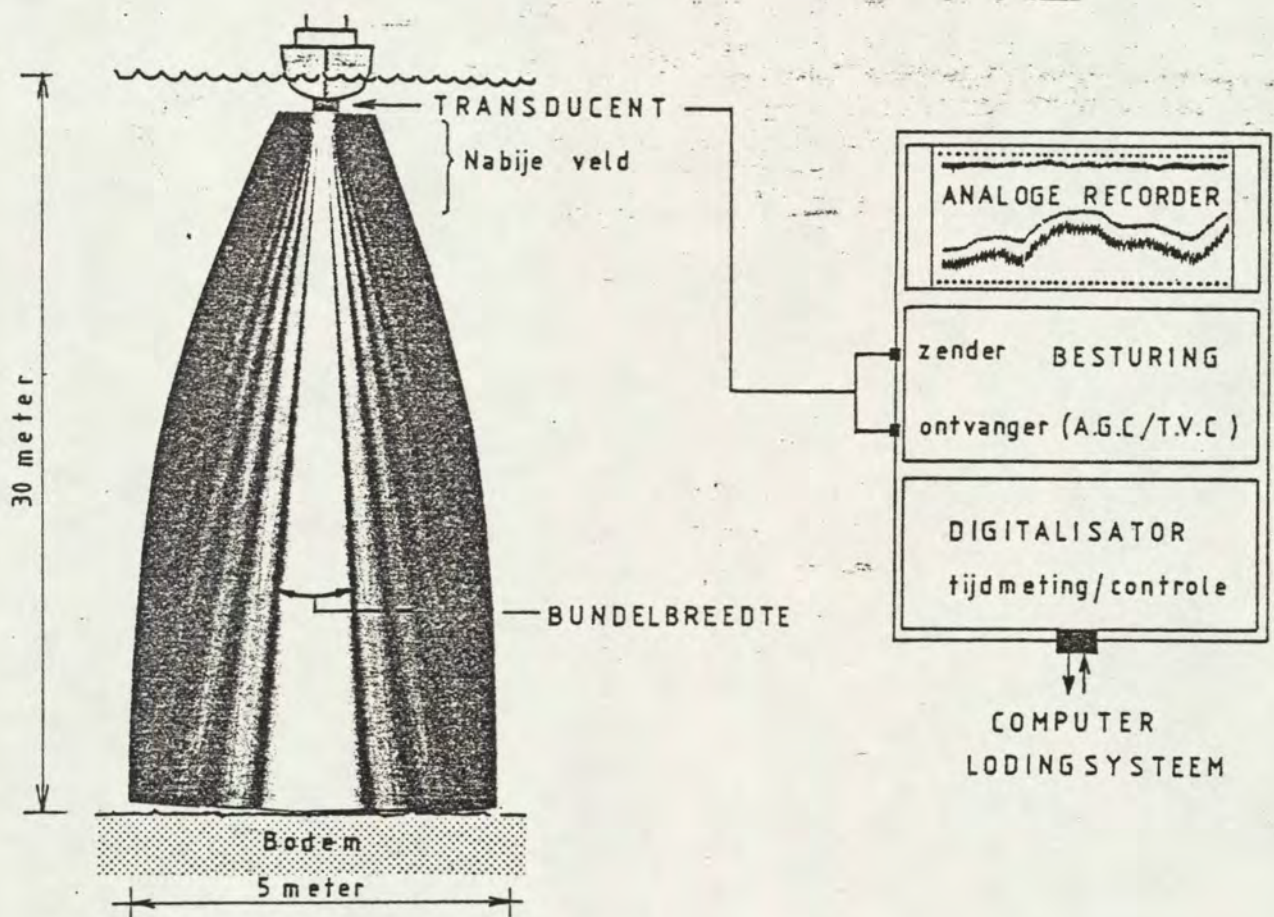
13. ECHOLODEN

13.1 Inleiding

Bij het S.V.K.O. projekt wordt een groot aantal echoloodsystemen toegepast. Onder een echolood wordt een meetsysteem verstaan ter bepaling van de onder de akoestische transducent aanwezige waterdiepte. Afhankelijk van de toegepaste frequentie, signaallengte en transducentbundel kan in sommige gevallen ook in de bodem gemeten worden. Men spreekt dan van een penetrerend echolood of een subbottom profiler. Een dergelijk systeem wordt gebruikt om bij de aanwezigheid van een slib- of zandlaag de afstand tot de onderliggende (harde) bodem te bepalen of de dikte van de slib- of zandlaag te meten.

Ingegaan wordt alleen op verticaal naar beneden metende systemen. Scannende echoloden, zoals de profilers, worden hier niet behandeld.

13.2 Principe van een echolood



FIGUUR 13.1

In figuur 13.1 is een blokschema van een echolood weergegeven. De eigenlijke afstands- of diktemeting is altijd gebaseerd op een gemeten looptijd. Voor de waterdiepte is dit de looptijd van het geluidssignaal vanaf het zendtijdstip tot het aankomsttijdstip van de eerste bodem-echo. Bij laagdiktemeting is dit het looptijdverschil tussen de echo's van de bovenkant van de slib- of zandlaag en de echo van de onderliggende bodem (b.v. een zandbodem of een fundatiemat).

Vermenigvuldiging van de gemeten looptijd met de geluidsnelheid geeft de gewenste diepte of dikte. Uit metingen in het Oosterscheldegebied is gebleken, dat er, relatief trage, seizoengebonden en, ten opzichte van het peilwerk, snelle getijgebonden geluidsnelheidsvariatiaties voorkomen. Verder komen incidenteel snelle veranderingen voor als gevolg van zoetwater afvoer van de Nieuwe Waterweg of het Haringvliet.

In de zomerperiode zijn de getijgebonden variatiaties zeer klein. In december en januari komen de grootste getijvariatiaties voor : van 4 tot 15 m/s.

Seizoengebonden varieert de geluidsnelheid van ca. 1440 m/s (winter) tot 1540 m/s (zomer). Als gevolg van de zoetwater afvoer kunnen lagen zoet en zout water over elkaar heenschuiven, waarbij ook in de verticaal aanzienlijke verschillen kunnen voorkomen (een typische meting op 5 december 1981 gaf te zien : 1453 m/s op min 2,5 m met tegelijkertijd 1470 m/s op min 9 m).

In alle meetsystemen kan door het invoeren van de geluidsnelheid de invloed van de geluidsnelheidsvariatiaties verkleind worden. Aan boord van de Cardium wordt de geluidsnelheid op de baggerladder gemeten, zo dicht mogelijk bij de transducenten.

Tevens kan gebruik gemaakt worden van, uit gemeten watertemperatuur en zoutgehaltes, berekende geluidsnelheden.

In het HISTOS meetnet worden deze op een groot aantal plaatsen in het Oosterscheldegebied gemeten. Door eenmaal per dag (of getij) de geluidsnelheid in te voeren blijven alleen de getijgebonden, snelle variaties over, d.w.z. 1 a 1,5%, hetgeen met een dieptefout van 0,15 - 0,20 m op 15 m water overeenkomt. Door de geluidsnelheid vaker aan te passen kunnen deze fouten verder worden teruggebracht tot 0,03-0,04 m.

Van het echolood vormt de transducent (= omzetter van elektrische naar akoestische signalen en omgekeerd) met de bijbehorende zend- en ontvangelektronika het hart van het opnamesysteem. Uitgaande van de meetomstandigheden, zoals de bodemruwheid (vlakke zandbodem of bestorting met grove breuksteen) en de scheepsbewegingen (rollen, slingeren, stampen), en de gewenste meetnauwkeurigheden moet de transducent gekozen worden.

De transducent wordt gekarakteriseerd door zijn frequentie, bandbreedte (i.v.m. de signaallengte) en bundel. In figuur 13.2 zijn voor een aantal gangbare transducenten de eigenschappen weergegeven.

fre- kwen- tie KHz	bundel breed- te (gr.)	diamtr. element (cm)	lengte nabije veld (m)	*			lengte ge- luidsignaal ~ 10 x golf- lengte (cm)	**		
				diameter- aangestraald oppervlak (m) op diepte :				zichtbaar relief (cm) op diepte :		
				10m	20m	30m		10m	20m	30m
30	7	22	0,2-1	1,2	2,5	3,7	50	2	4	6
	15	10	0,1-0,2	2,6	5,3	7,9	50	9	17	26
	30	5	< 0,1	5,4	10,7	16,1	50	35	68	103
200	1	45	7-27	0,5	0,5	0,5	8	<1	<1	<1
	2	23	2-7	0,4	0,7	1,1	8	<1	<1	<1
500	7	7	0,2-0,6	1,2	2,5	3,7	8	2	4	6
	7	3	0,1-0,3	1,2	2,5	3,7	3	2	4	6
700	1	13	2-0,5	0,2	0,4	0,5	2	<1	<1	<1
	2	7	0,5-25	0,4	0,7	1,1	2	<1	<1	<1
1000	7	2	0,1-0,2	1,2	2,5	3,7	2	2	4	6
	1	9	1-5,4	0,2	0,4	0,5	1,5	<1	<1	<1
	4	2	0,1-0,3	0,7	1,4	2,1	1,5	<1	1	2

* als begrenzing is uitgegaan van de diameter van de transducent

** weergegeven is hier het looptijdverschil (uitgedrukt in cm-diepte) tussen het midden en de rand van de bundel.

FIGUUR 13.2

De bundelkarakteristiek wordt ondermeer bepaald door de frekwentie en de transducentafmetingen: een hoge frekwentie en/of een grote diameter geven een nauwe bundel. De bundel bepaalt de grootte van het aangestraalde oppervlak op een bepaalde diepte en daarmee de mate, waarin een ruwe bodem nauwkeurig aangemeten kan worden. Bij een afnemende waterdiepte neemt het aangestraalde oppervlak evenredig af, totdat het een diameter heeft, die ongeveer gelijk is aan de transducentdiameter (overgang verre veld - nabije veld). Bij een verder afnemende waterdiepte zal de bundel op het -6 dB niveau nog wat verder versmalen tot ca. 0,6 maal de transducentdiameter. Op nog lagere niveau's zal de bundel ongeveer gelijk blijven aan de transducentdiameter. In figuur 13.1 is de met behulp van een speciaal komputer programma exact berekende bundelkarakteristiek van een 700 KHz/1 graad transducent weergegeven. Van de optredende zijlobben bevindt de eerste zich op 1,5 graad t.o.v. de vertikaal ($\approx 3x$ de halve tophoek) en heeft deze een ca. 16 dB lager niveau dan de hoofdbundel.

Voor de bij de bouw van de S.V.K.O. toegepaste echolood systemen is, vanwege de hoge nauwkeurigheidseisen en de bijzondere toepassingen, steeds bijzondere aandacht besteed aan de keuze van de opnamesystemen. Een tweede, zeer belangrijk, punt om de vereiste nauwkeurigheden te kunnen halen, is het meetsysteem ter bepaling van de exacte transducentpositie ten opzichte van vaste referentiepunten aan de wal. In het volgende zal een aantal toegepaste echoloodsystemen nader worden beschreven, waarbij vooral het opname systeem nader zal worden belicht.

13.3 Lage Transducer Opstelling (LTO)

De "Lage Transducer Opstelling" (L.T.O.) is een meerkanaals echolood systeem, waarvan de transducers op geringe hoogte, ca. 5 m, boven de bodem, gepositioneerd worden.

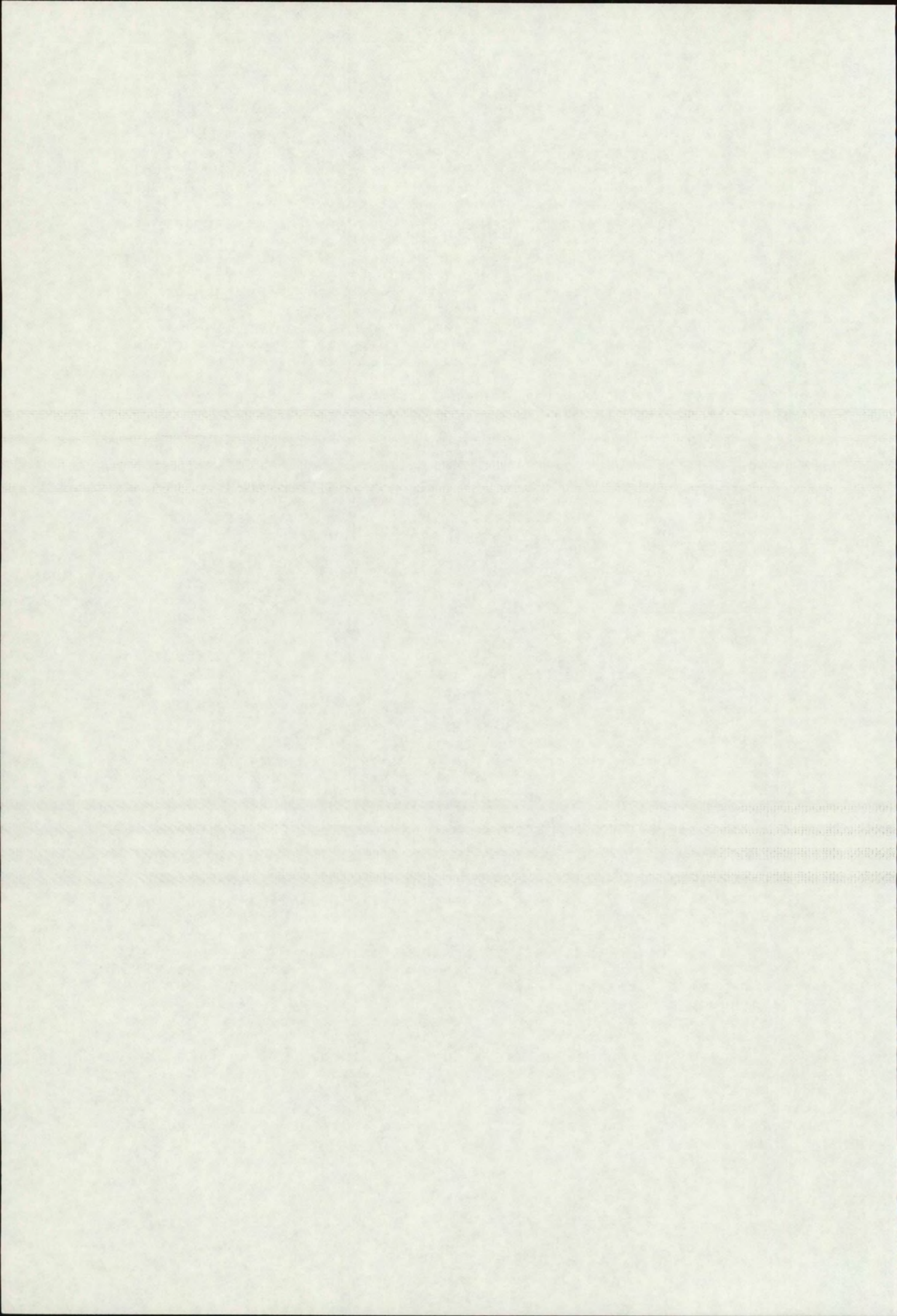
Door deze lage opstellingshoogte wordt slechts een klein oppervlak op de bodem aangestraald en is vrijwel sprake van een echte puntmeting. De fout geïntroduceerd door de geluidseldeffecten wordt, door de geringe afstand, tot een minimum beperkt.

Vanaf de transducenten wordt met nauwkeurige hoek en hellingsmeters, de bekende vormfuncties van het schip en de Minilir/AGA positiemeetapparatuur, de positie van de transducenten t.o.v. de wal-referentiepunten berekend.

Het grote voordeel van de LTO is, dat nauwkeurige, kontaktloze vlakheidsmetingen mogelijk zijn.

Het LTO systeem wordt opgebouwd uit "Multi Channel Sounder MCS-1" eenheden van de firma Navitronic. Iedere eenheid bevat 6 zend-ontvangers bestuurd vanuit een mikroprocessor. Deze eenheden kunnen door een "Multi Channel Coupler MCC-1" gekoppeld worden en zo kan een meetsysteem opgebouwd worden met maximaal 96 transducenten. De MCC-1 verzorgt tevens de communicatie naar de boordkomputer/datalogger. Per transducent wordt de gemeten diepte in een 16 bits woord overgezonden. Tevens wordt per meting status informatie meegegeven, waaruit iets van de betrouwbaarheid van de meting kan worden afgeleid.

Op de Cardium, de Macoma en de Jan Heijmans is een LTO systeem aanwezig. Aan boord van de Cardium heeft de LTO 24 transducenten die onderaan de wipbalk en de zijsekties zijn bevestigd. Bij een peilslag wordt de Cardium over de matlokatie verhaald, waarbij de transducenten op een hoogte van ca. 3 meter over de in te meten bodem wordt voortbewogen.



Gemeten wordt met 700 KHz transducenten met een bundel van 1 graad. De gemeten dieptes worden in de PDP 11/34 boordcomputer opgeslagen en worden, off-line, tezamen met de helling/hoek en positiemetingen aan de wal verwerkt tot peilkaarten. Op de peilkaarten worden de berekende absolute dieptes weergegeven in een raster van 1 x 1 meter.

Aan boord van de Macoma heeft de LTO als taak het hoogteverschil van de beide tegelmatstroken (= relatieve hoogtemeting in dwarsrichting) en de vlakheid van de tegelmatstroken (= absolute hoogtemeting in lengterichting) te meten. Hiertoe zijn 6 transducenten aangebracht op het draaiend deel van het cardan van de zuigkoppen. Door de helling van de zuigkoppen bij te regelen, is het mogelijk onafhankelijk van de ladderstand, de transducenten steeds loodrecht op de bodem gericht te houden. De toegepaste 700 KHz transducenten hebben nu een 2 graden bundel om interpretatie problemen te voorkomen bij metingen boven de spleten tussen de tegels.

Van de 6 transducenten zijn er 3 boven de aan bakboord en 3 boven de aan stuurboord zijde liggende tegelmatstrook gepositioneerd. Bij een meting worden de transducenten op ca. 5 m boven de bodem voortbewogen. De metingen worden door de PDP 11/34 boordcomputer in real time tot een peilkaart verwerkt, waardoor een directe procescontrole aan boord mogelijk is.

Aan boord van de Jan Heijmans wordt de LTO gebruikt voor het inmeten van de negatieve overlap.

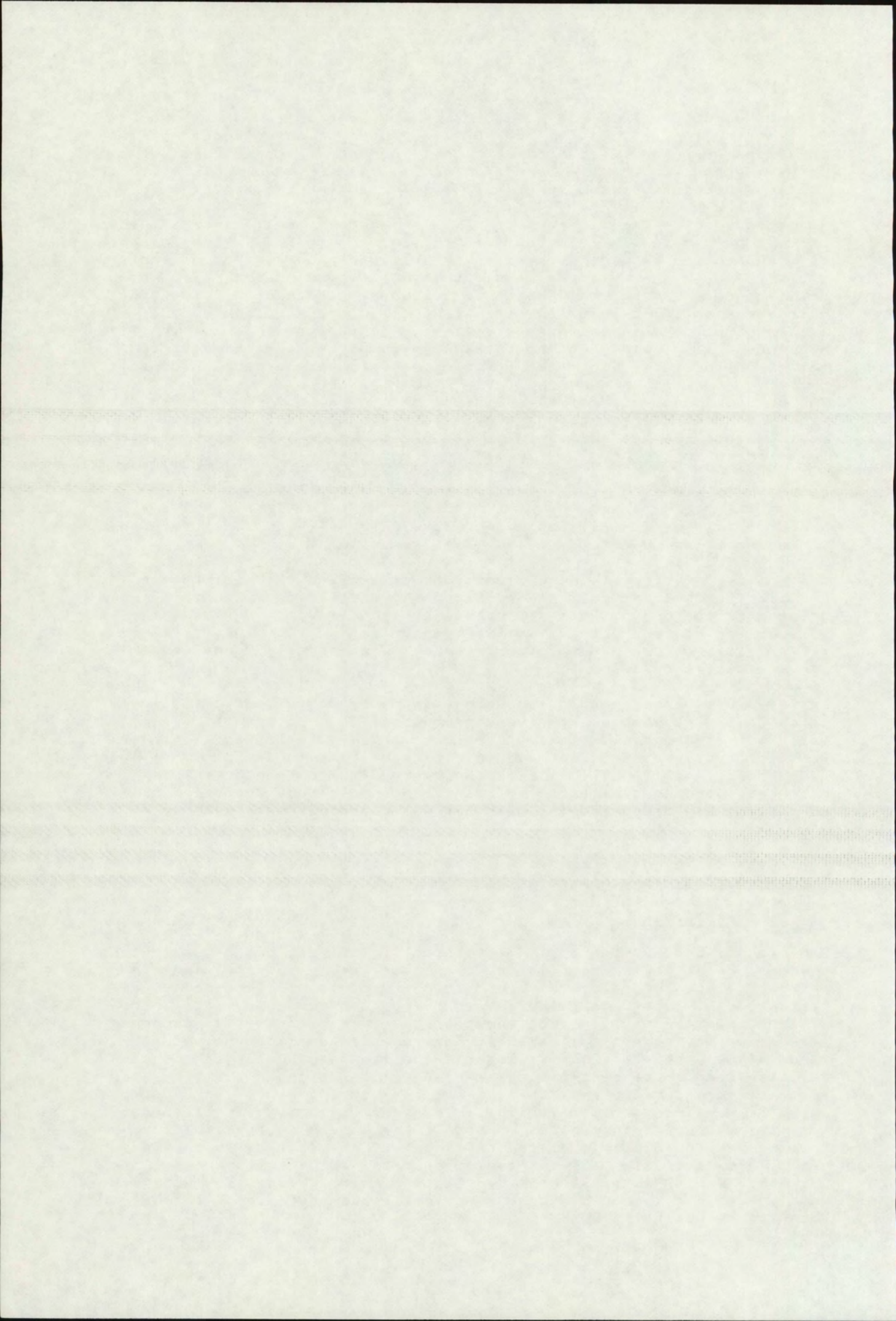
Kalibratie van de systemen gebeurt door de afstand te meten tot een op een bekende diepte afgevierde reflektor. De reflektor is een plaat die gelaagd is opgebouwd. Door de interne reflecties wordt een zodanige pulsverlenging verkregen dat het ontvangen signaal door het meetsysteem als betrouwbaar wordt geaccepteerd. De kalibratie wordt eenmaal per week uitgevoerd.

Met de LTO's worden metingen gedaan waarbij de onnauwkeurigheid in de op de peilkaarten weergegeven dieptes ca. 15 cm bedraagt. Deze fout is opgebouwd uit een meetfout in de LTO zelf van 1 cm, een fout in de dieptemeting door de geluidsnelheidsinvloeden van 3 cm, een fout door de hellingmeters in de omrekening van de transducentpositie naar het boordcoördinatenstelsel van 7 cm en een fout door de Minilir/AGR meting bij de omrekening naar het wal coördinatenstelsel van 4 cm.

Vergelijking van peilkaarten gemaakt met de verschillende meetsystemen tonen aan dat de resultaten binnen de geeiste nauwkeurigheden over elkaar liggen en goed reproduceerbaar zijn.

13.4 Zanddiktemeter

Een naar de bodem uitgezonden akoestisch signaal zal bij de water-zand overgang gedeeltelijk gereflekteerd en gedeeltelijk doorgelaten worden. Het doorgelaten gedeelte zal bij de zand-fundatiemat overgang gereflekteerd worden. Behalve reflecties aan overgangen tussen de lagen hebben wij ook te maken met verstrooiing door de ruwheid van het zandoppervlak en van de bovenzijde van de fundatiemat en door de individuele zanddeeltjes en andere verstoringen in de zandlaag. Om de echo's van de water-zand en de zand-mat overgangen voldoende groot t.o.v. de verstrooide echo's te maken is een juiste transducent keuze van groot belang. De verstrooide signalen zullen minimaal zijn bij een klein aangestraald volume (nauwe bundel, korte puls) en een lage frekwentie (kleine verstoringen t.o.v. de golflengte). Tevens is de absorptie van het geluid lager bij lagere frekwenties: 1-3 dB per cm. zand bij 500 KHz wordt 2-6 dB/cm bij 1 MHz. Een lage frekwentiekeuze ligt voor de hand en dit blijkt ook bij de konventionele sub-bottom profilers, gekozen wordt meestal 5-30 KHz.



Echter een lage frekwentie betekent ook : een verminderde resolutie en een groter probleem om een nauwe bundel te maken. Een nauwe bundel heeft als nadelig gevolg : een grotere gevoeligheid voor hoekbewegingen van de drager en een grotere gevoeligheid voor de onvlakheden van de reflekterende laag.

Dit laatste uit zich in grote amplitude fluktuaties van het ontvangen signaal. Bij een nauwe bundel moet dus speciale aandacht aan de behandeling van de ontvangen signalen besteed worden.

Bovenstaande beschouwing geeft aan dat een afweging gemaakt moet worden afhankelijk van de toepassing, de penetratiediepte, de gewenste resolutie en nauwkeurigheid. Voor de Oosterscheldewerken is door de Technisch Fysische Dienst TNO-TH te Delft een speciaal meetsysteem ontwikkeld waarmee de dikte gemeten kan worden van op de fundatiematten en tegelmatten voorkomende dunne aanzandingslaagjes. Na een groot aantal proefnemingen en simulaties kon een optimale parameter keuze gemaakt worden en werd de in de aanhef genoemde ZDM verder ontwikkeld tot een meetsysteem waarmee zanddiktes tot 10 cm met een nauwkeurigheid van ca. 0,5 cm gemeten kunnen worden. De ondergrens van het meetbereik is gekoppeld aan de pulslengte en bedraagt 6 mm. Kleinere zanddiktes worden als "schone mat" gezien.

De ZDM kan beschouwd worden als een penetrerende LTO. De 20 Cardium sensoren en 12 Macoma sensoren worden gebruikt als procescontrole op het fijn opschoonproces. De sensoren zijn hiertoe direkt achter de rollen van de fijnopschoonkoppen geplaatst.

Vlak voor het touch-down punt van een mat en vlak voor het plaatsen van een pijler dient nog een laatste zanddiktemeting plaats te vinden. Hiertoe zijn de Asterias en de Portunus met resp. 4 en 2 ZDM-sensoren uitgerust. De sensoren zijn per drager aangesloten op een verwerkingsunit. Hierin wordt ieder individueel signaal beoordeeld en vervolgens verwerkt. In principe kan gewerkt worden met naar keuze een 500 KHz /7 graden transducent of een 1 MHz/4 graden transducent. Beide transducenten zijn in een sensor opgenomen. Door de geringe opstellingshoogte, ca. 20 cm., wordt het aangestraald oppervlak klein gehouden.

Het meetsysteem kan in real time 20 sensoren tegelijk verwerken. Deze verwerking bestaat uit een middeling van de binnengekomen, goed-gekeurde signalen, gevolgd door de bepaling van de zanddikte met behulp van een sediment klassifikatieroutine.

Aan de hand van de ontvangen signalen bepaalt de ZDM geheel zelfstandig zijn instellingen. De meetresultaten worden tesamen met status gegevens doorgegeven aan de boordcomputer, die voor de koppeling aan de positiegegevens en voor de presentatie zorgdraagt. Als controle op de metingen kan een analoog plaatje van de onbewerkte akoestische signalen met behulp van een Video Scanned Memory op een beeldscherm gepresenteerd worden (het bekende echoloodplaatje). Ook kan direkt een snelle printer aangesloten worden voor presentatie van de gegevens.

Onder de operationele omstandigheden aan boord van de werkschepen wordt gewerkt met de 500 KHz transducent. De 1 MHz transducent wordt gebruikt om (volledig automatisch) te bepalen of bij metingen boven een grindmat ten onrechte een losliggend bovendoek wordt geïnterpreteerd als een dun zandlaagje. Door een aanpassing van de software van de mikroprocessor in de verwerkingseenheid worden de 1 MHz metingen met de daar bij behorende instellingen, afgewisseld met de 500 KHz metingen. De betrouwbaarheid van de metingen, is hierdoor zodanig opgevoerd, dat ook bij metingen boven matten met veel los doek aan de nauwkeurigheidseisen kan worden voldaan.

13.5 Drempelpeilboot

Als laatste voorbeeld zal nu ingegaan worden op het voor het aanpeilen van de drempelbestortingen in ontwikkeling zijnde meetsysteem. Voor het standaard peilwerk wordt gebruik gemaakt van de bekende echoloodapparatuur werkend met 200 KHz/7 graden en 30 KHz/15 graden transducenten. Door de digitalisator worden de met 200 KHz gemeten dieptes doorgegeven aan een zich aan boord bevindende datalogger. Deze slaat de diepte informatie te samen met de positie (= Trident) informatie op. Aan de wal worden deze gegevens in het Interplot systeem verwerkt tot peilkaarten en profielkaarten.

Tijdens de drempelopbouw van de SVK dienen de met gestorte breuksteen opgebouwde afwerk- en toplagen in- en uitgepeild te worden ten behoeve van de uitvoeringskontrolle van het steenstortbedrijf. De diameters van het breuksteen variëren van gemiddeld 20 a 30 cm in de onderliggende lagen tot 1 a 1,5 m in de bovenste lagen. De voorkomende hellingen bedragen 1:3 tot 1:7 voor de diverse lagen. De op de uitvullagen gestorte deklagen dienen een dikte van minimaal 2x de steendiameter te hebben. Dit betekent dat door in en uitpeilingen diktes van 30 cm tot 3 m bepaald zouden moeten worden. Het zal duidelijk wezen dat dit op de bovenbeschreven standaard wijze onmogelijk is. Alleen de positie onnauwkeurigheid van de Trident (1,5 m) zorgt bij een talud van 1:3 al voor een fout van 50 cm. Bij het werken met het standaard peilsysteem zou de dikte van de gestorte lagen aangepast moeten worden aan de nauwkeurigheid van het meetsysteem en zouden dus grote hoeveelheden extra stenen gestort dienen te worden tegen hoge extra kosten.

Na afweging van een aantal alternatieven voor wat betreft techniek en kosten is besloten het peilvaartuig "De Scholekster" om te bouwen tot een speciale Drempelpeilboot. De belangrijkste wijzigingen zijn :

13.5.1 Echolood

In een speciaal uitgevoerd onderzoek is nagegaan wat voor deze toepassingen de optimale frekventie en bundelhoek keuze zou zijn. Gebruik van de standaard transducenten (200 KHz/7 graden) geeft een weergave van bodemkontour waarbij vooral de randen van stenen worden afgetekend en dus een plaatje ontstaat van vele over elkaar liggende hyperbolen. Toepassing van een nauwe bundel geeft een goede aftekening van de bodemkontour. Door tevens voor een hoge frekventie te kiezen maakt het mogelijk een relatief kleine transducer te gebruiken. De hoge frekventie heeft tevens als eigenschap dat niet alleen randen maar ook de (ruwe) vlakken van de stenen tot de ontvangen signalen bijdragen en dus een minder fluktuuerend signaal ontvangen wordt. Gekozen is voor 700 KHz, 1 graad openingshoek.

13.5.2 Gestabiliseerd platform

Toepassing van een nauwe bundel is alleen mogelijk wanneer voor de bewegingen van het schip wordt gecompenseerd. Hiervoor is een speciale ontwikkeling bij een Engels bedrijf (Ulvertech) gestart om te komen tot een gyro bestuurd, mechanisch gestabiliseerd platform. Het systeem bevindt zich in een waterdichte kontainer van 60 cm diameter. In de bodem van de kontainer is een "ball joint" aangebracht met daaronder de transducent. Aan de bovenzijde van deze bol is de gyro aangebracht en bevinden zich de aangrijpingspunten voor de slinger en stamp aktuatoren. De gyro wordt, doordat hij op de bol geplaatst is, gebruikt als nul indikator. Met het totale systeem is stabilisatie mogelijk van de transducent binnen ca. 0,5 graad bij een maximale slinger en stampbeweging van ca. 15 graden.

13.5.3 Positionering

Voor een nauwkeurige positiebepaling wordt de drempelpeilboot uitgerust met een Minilin/RGA plaatsbepalingssysteem tesamen met een koersgyro en een roll en pitch gyro (Vertical Reference Unit). De gyro's dienen voor een exakte bepaling van de positie van de reflektorunit ten opzichte van het metacenter van het vaartuig.

13.5.4 Verwerking

In de boordcomputer worden alle meetsystemen ingelezen waarbij vooral aandacht is besteed aan de timing. Alle systemen zijn in principe asynchroon en kunnen niet gesynchroniseerd worden zodat hiermee in de verwerking rekening moet worden gehouden. De echte verwerking en presentatie vindt plaats op het Interplot systeem aan de wal.

Verwacht wordt dat tot windkracht 3 a 4 Bft. gemeten kan worden met nauwkeurigheden van 20 tot 60 cm, afhankelijk van het type breuksteen en voorkomend talud.

13.6 Samenvatting

Bij de S.V.K.O. worden echolood systemen toegepast, waaraan bijzonder hoge nauwkeurigheidseisen zijn gesteld. De oplossingen hiervoor zijn de afstand transducent-bodem zo klein mogelijk te maken en de frekwentie en openingshoek zo gunstig mogelijk te kiezen.

Systeem	afstand tot bodem	frekwentie	openingshoek in gr.
L.T.O.	5 m	700 KHz	1 gr.
Zanddiktemeter	0,2 m	500 KHz/1MHz	7 gr./4 gr.
Peilsysteem	max. 30 m	700 KHz	

Naast de speciale echoloden is veel aandacht besteed aan de positiebepaling van de echoloden, zoals vormbepaling en doorberekenen van hellingen, terwijl voor het peilsysteem een gyro gestabiliseerd platform ontwikkeld is.

14. AUTOMATISERING

14.1 Inleiding

Meetsystemen, zoals deze ter sprake zijn gekomen, zijn zonder computerverwerking ondenkbaar. De nauwkeurigheidseisen kunnen alleen gehaald worden indien met hoge snelheden gegevens ingewonnen, verwerkt en met een nauwe tijdsrelatie aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Tevens is van belang dat de "gebruikers" van het systeem, de uitvoering, de loop van het proces aan boord kan volgen en waar nodig bijsturen. Dit vraagt een hoge verversingssnelheid (op date snelheid) van de op diverse media gepresenteerde gegevens en daarmee een hoge doorlooptijd (cyclustijd) van de programmatuur. Daarnaast is in het survey meetsysteem een registratiefunctie geïntegreerd, waarin al die proces-parameters op tape, disc of papier worden vastgelegd, die voor een latere werk-analyse aan de wal noodzakelijk zijn. Deze analyse draagt bij tot verhoging van de kwaliteit ervan het werk en de produktiesnelheid.

Een ander facet, waardoor de complexiteit van de meetsystemen van de grote werkschepen wordt bepaald, is de eis, dat survey in principe nooit de oorzaak van een produktie onderbreking mag zijn. Dit houdt in dat essentiële instrumenten, maar in vele gevallen ook de computersystemen, dubbel zijn uitgevoerd (back up).

Hierbij werkt het ene komputer systeem en staat het andere "hot stand by", zodat in geval van storing, met een enkele instructie het gehele proces, of het belangrijkste deel daarvan, door de tweede komputer wordt overgenomen.

Dubbele meetinstrumenten hebben verder het voordeel, dat door overbepaling (meerdere metingen leiden tot hetzelfde antwoord) in het systeem interne controles op de resultaten mogelijk zijn.

Dit heeft er toe geleid, dat aannemer en opdrachtgever gebruik maken van hetzelfde meetsysteem.

Hierbij wordt dan ook de extra investering in back-up middelen terugverdiend door het niet noodzakelijk zijn van een controle meetsysteem voor de opdrachtgever.

In het hierna volgende gedeelte zal dieper worden ingegaan op de manier, waarop deze meetsystemen tot stand komen.

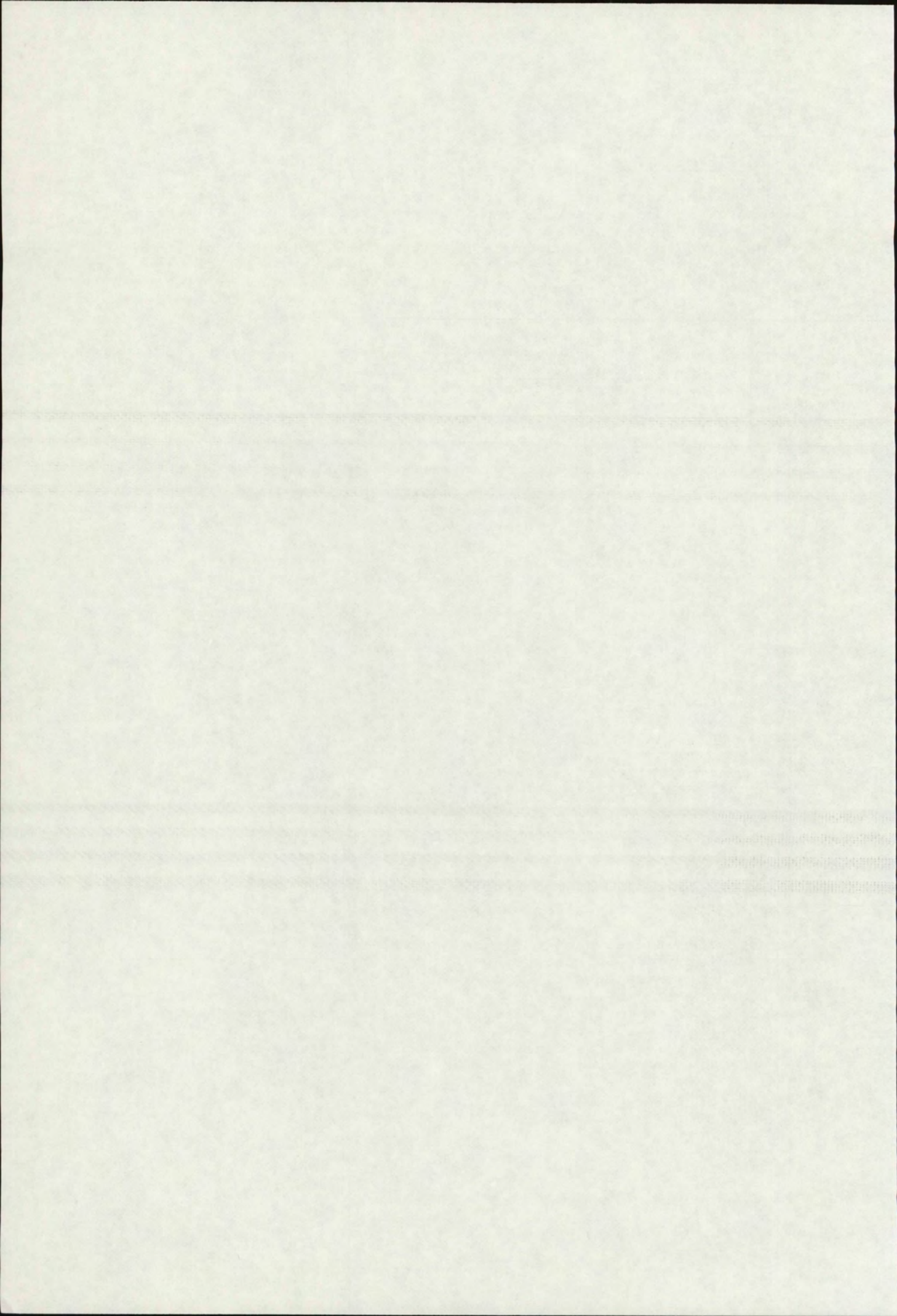
14.2 Ontwerp en bouwfasen

Bij geautomatiseerde meetsystemen is naast de te gebruiken meetinstrumenten, het specificeren van de programmatuur in het verwerkingssysteem (d.w.z. hoe gegevens moeten worden ingelezen, verwerkt, gepresenteerd en geregistreerd) de pijler waar het meetsysteem op rust.

Deze zogenaamde "Functionele Specificatie" (van de software) is de basis voor de bouw van een nauwkeurig en werkbaar meetsysteem. Er zijn diverse acties nodig voordat de Functionele Specificaties definitief kunnen worden vastgesteld.

Een eenmaal vastgestelde Functionele Specificatie dient als "bestek" voor de software ontwikkeling en als basis voor de afname testen van het gehele meetsysteem.

De totale weg van meeteisen tot operationeel meten vraagt een gestructureerde aanpak. Deze is weergegeven in fig. 14.1.

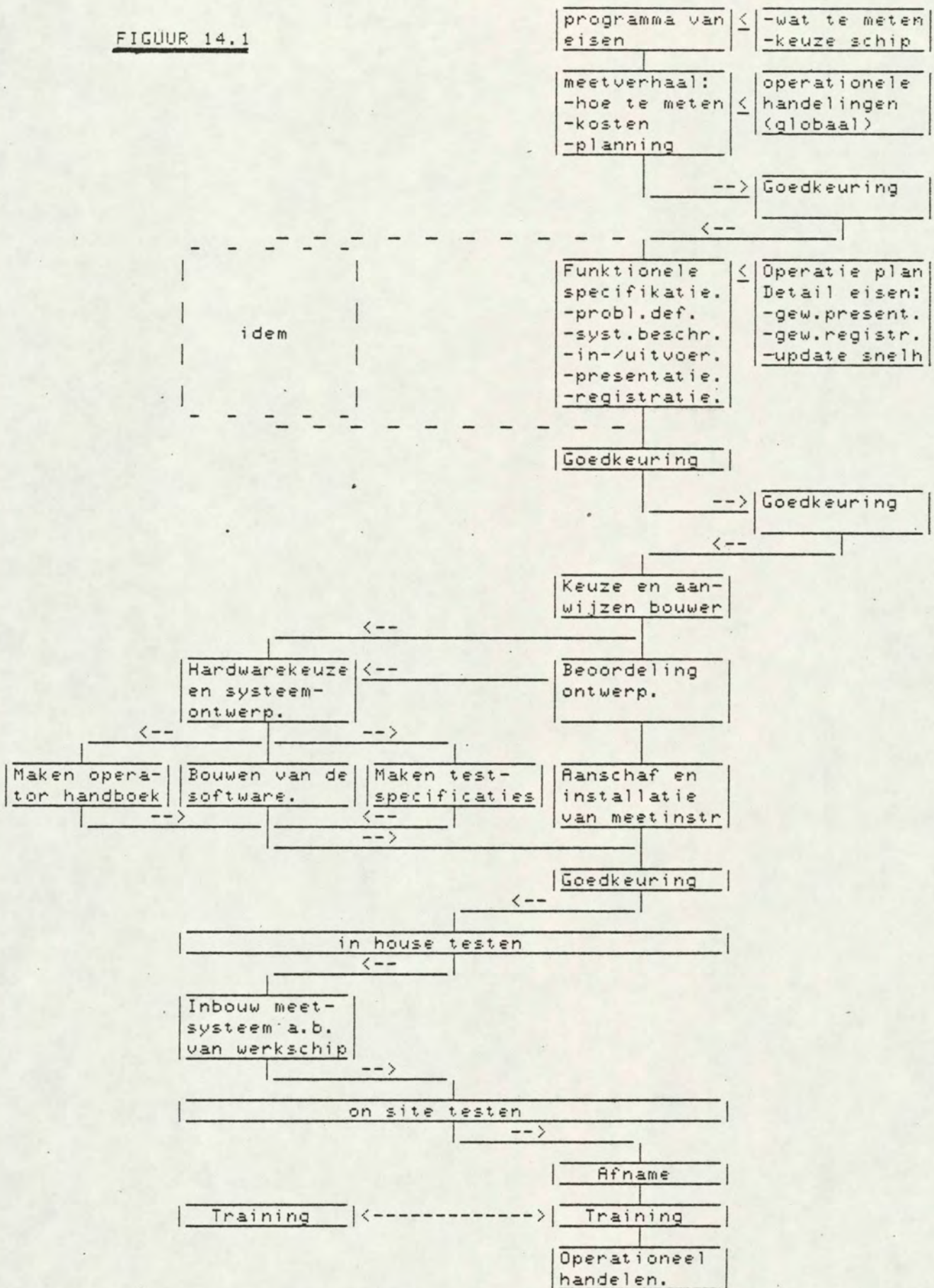


BOUWEN
Rannemer

ONTWERPEN
Survey

GEBRUIKEN
Uitvoering

FIGUUR 14.1



14.2.1 Programma van eisen / Meetverhaal

Survey is geen taak op zichzelf, maar een dienstverlening t.b.v. de Uitvoering. Het "programma van eisen" voor een meetsysteem, d.w.z. welke gegevens hoe nauwkeurig gemeten moeten worden, zal dan ook door de Uitvoering moeten worden aangegeven.

Deze meeteisen komen voort uit twee randvoorwaarden :

- Welke toleranties zijn toegestaan bij het plaatsen van dat (prefab) onderdeel van de kering waarvoor het meetsysteem wordt uitgelegd. En : wat is de verdeling daarbij voor wat betreft toegestane maak- en meetfouten.
- Welk werkschip wordt toegepast en hoe wordt er mee gehandeld (operatieplan).

Omdat de software ontwikkeling t.b.v. het meetsysteem meestal zoveel tijd in beslag neemt, dat deze de periode van (om)bouw van het werkschip benaderd, is het noodzakelijk, dat de eisen in een zeer vroeg stadium van het ontwerp van het werkschip bekend zijn.

Dit is in tegenstelling tot de tweede randvoorwaarde (welk werkschip en hoe wordt ermee gehandeld).

Een kompromis is hierbij het "programma van eisen", waarin de hoofdeisen voor het meetsysteem worden vastgelegd. Aan de hand hiervan kunnen de belangrijkste meetinstrumenten worden gekozen en de konsekventies voor wat betreft kosten en bouwtijd van het meetsysteem kunnen worden ingeschat. Hieruit volgt de planningsrelatie tussen de ontwikkeling en de bouw van het meetsysteem en de bouw van het werkschip.

Dit alles wordt vastgelegd in een zogenaamd "Meetverhaal".

Dit "Meetverhaal", dat als basis voor de Functionele Specificaties dient, moet worden goedgekeurd en vastgesteld. Dit geschiedt door zowel survey- als de uitvoeringsorganisatie.

14.2.2 Functionele Specificaties

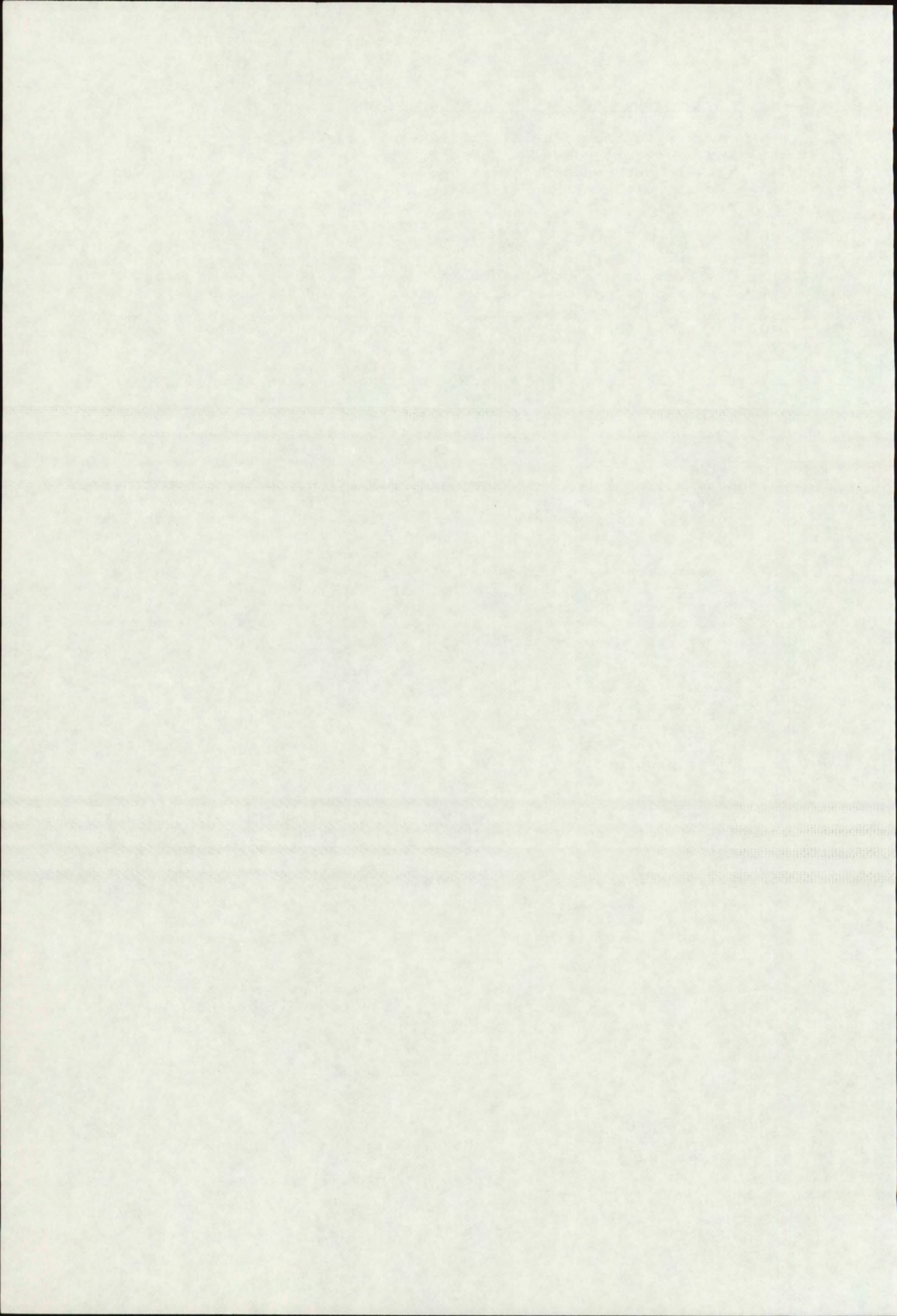
Het schrijven van de Functionele Specificaties kunnen op twee manieren worden uitgevoerd n.l. :

- In "eigen beheer".
Hetgeen veelal het geval is, wanneer de inschattingen aangeven, dat ook de software "in eigen beheer" ontwikkeld kan worden.
- Uitbesteed aan een survey-georiënteerd softwarehouse, waarbij tevens gebruik wordt gemaakt van zowel de survey- als komputerkennis van het bureau. Dit heeft als voordeel dat reeds in de beschrijvingsfase kan worden ingespeeld op de voornaamste eigenschappen van het voor ogen staande komputer systeem.
Deze methodiek wordt gevolgd wanneer de software ontwikkeling wordt uitbesteed.

Duidelijk is echter dat in beide gevallen, de Functionele inhoud van het meetsysteem door de opdrachtgever (= Survey + uitvoering) wordt bepaald bepaald.

Inhoudelijk bestaat de Functionele Specificatie uit een aantal hoofdpunten, n.l. :

- Probleem definitie.
Hierin worden de hoofdeigenschappen, taken, parameters en systeem eisen vastgelegd.
- Functie van het meetsysteem binnen het uitvoeringsbedrijf.



Een korte omschrijving waarvoor en wanneer het meetsysteem wordt ingezet.

- Een beschrijving van de uitvoeringsprocessen en de relatie met de software opbouw.
De meeste uitvoeringsprocessen zijn op te splitsen in een aantal delen waarvan er enkele zich telkens herhalen, terwijl andere slechts een maal binnen dat gehele uitvoeringsproces voorkomt.
Aan deze delen zijn dan ook specifieke handelingen en daaruit voortvloeiende meet- en verwerkingseisen, te koppelen.
Hierdoor ontstaat niet een groot software programma maar een aantal op zich zelf staande blokken programmatuur die afhankelijk van de procesfase al dan niet actief zijn.
Dit is de basis voor het latere systeem ontwerp voor de bouw van de software.
- Invoer.
Een uitgebreide beschrijving van alle invoer akties, die nodig zijn voor het goed functioneren van het systeem. D.w.z. hand invoer, tape invoer, maar ook de invoer van de sensoren en de manier van communiceren tussen komputers en de meetapparatuur (interfacing).
- Transformatiefuncties.
Hier wordt uitgebreid beschreven welke gegevens berekend moeten worden, met welke formules dat dient te geschieden en uit welke meetgegevens dat moet gebeuren. Daarnaast worden de testen beschreven, die op de meetgegevens en berekeningsresultaten losgelaten moeten worden en wat er moet gebeuren als deze test een fout aangeeft.
- Uitvoer.
Dit hoofdstuk omvat gedetailleerde beschrijvingen wat, waar en hoe vaak gepresenteerd moet worden. Dit kan zijn op plotters en printers maar ook via een video presentatie systeem.
Daarnaast wordt beschreven welke gegevens en met welke frequentie op disc en/of tape t.b.v. latere analyse moeten worden vastgelegd.
- Kalibraties.
Toepassing van meetsystemen waaraan hoge nauwkeurigheidseisen worden gesteld, vraagt om regelmatige kalibratie (ijking).
In de software van het meetsysteem worden daartoe enige ondersteunende functies opgenomen, waarmee de uitkomsten snel en nauwkeurig kunnen worden vastgesteld. De kalibratie procedures om de daarvoor in
- Proceskonstanten.
Binnen de software zijn grote hoeveelheden proceskonstanten in omloop, die variëren van een vermenigvuldigingskonstante tot en met de vormbepaling van het werktuig.

Deze paragrafen van de Funktionele Specificaties tesamen geven een totale gedetailleerde specificatie, die als basis voor de verder software/systeemontwikkeling gebruikt wordt.

Het spreekt van zelf, dat, in deze Funktionele Specificatie fase, de Uitvoering, Survey en de "beschrijver" zeer nauw samenwerken.

Nadat de Funktionele Specificaties zijn voltooid wordt deze zowel door Survey (als toekomstig operator) als de Uitvoering (als toekomstige gebruiker) vastgesteld.

Eventueel voorkomende wijzigingen van de Funktionele Specificaties na vaststelling kunnen alleen middels vast omschreven wijzigingsprocedures plaatsvinden, zodat altijd de status van de Funktionele Specificatie duidelijk blijft.

14.2.3 Systeem ontwerp en bouw

Afhankelijk van de complexiteit van het meetsysteem en de Funktionele Specificaties zijn, wordt de bouw uitbesteed.

Indien van uitbesteding sprake is, wordt de software ontwikkeling op functioneel-niveau nauw begeleid. Alhoewel de software ontwikkeling voor verantwoordelijkheid van de bouwer (= software house) is, wordt nauw overleg gevoerd bij detail invullingen en de systeem opbouw.
Dit is om de volgende redenen :

- Om een zo goed mogelijk systeem te verkrijgen.
- Om een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in de werking, zodat later optimaal met het systeem gewerkt kan worden.

Deze nauwe samenwerking wordt gerealiseerd door een of twee man van de survey-organisatie gedurende de bouw bij het software house te stationeren.

Onafhankelijk van wie de software ontwikkeling doet, zal gestreefd worden naar de volgende ontwerp fasen :

- Een gedetailleerde en wel overwogen hardware keuze.
- Een gedetailleerde omschrijving, waaruit de programmatuur zal bestaan en hoe deze wordt ingepast in de gekozen hardware configuratie, het systeem-ontwerp.
- De programmatuur ontwikkeling en implementatie in het systeem.

Parallel aan de programmatuur ontwikkeling worden de afname testen beschreven. Met deze afname zal worden aangetoond, dat de software en het systeem volgens de Functionele Specificaties werkt. Deze zogenaamde "Test specificaties" worden door de systeem bouwers in overleg met de opdrachtgever geschreven. Voordat de testen uitgevoerd worden, moeten de test specificaties door beide partijen goedgekeurd worden.

Tijdens het systeem ontwerp en de software ontwikkeling wordt tevens het "operator handboek" geschreven. Dit omvat alle voor de besturing van het systeem noodzakelijke instructies en commando's. Ook dit "operator handboek" wordt ter goedkeuring voorgelegd.

14.1.4 Afname testen

De afname testen zijn zeer belangrijk, omdat hierbij de feitelijke werking van het verwerkingsgedeelte van het meetsysteem wordt gecontroleerd. Deze controle wordt aan de hand van vastgestelde testspecificaties uitgevoerd. Om na installatie aan boord zo min mogelijk fouten tegen te komen, worden de testen in twee fasen verdeeld, te weten :

- In house testen.
Hierbij wordt ten kantore van de bouwer de software zo goed als mogelijk getest. De simulate vindt plaats omdat het praktisch nooit mogelijk is alle sensoren op het systeem aan te sluiten vanwege of hunrd geaardheid of omdat zij reeds aan boord zijn ingebouwd. De ervaring heeft geleerd, dat vele fouten reeds in deze fase effectief opgespoord en verholpen kunne worden.
- On site testen.
Dit zijn de feitelijke afname testen van het totale aan boord geinstalleerde meetsysteem.
Hierbij worden de totale test specificaties nogmaals doorlopen, waarbij alle in de Functionele Specificaties beschreven functies moeten kunnen worden uitgevoerd met behulp van de in het operator handboek beschreven besturingsmogelijkheden.
Na een goed doorlopen afname test wordt het systeem opgeleverd en is het meetsysteem operationeel.

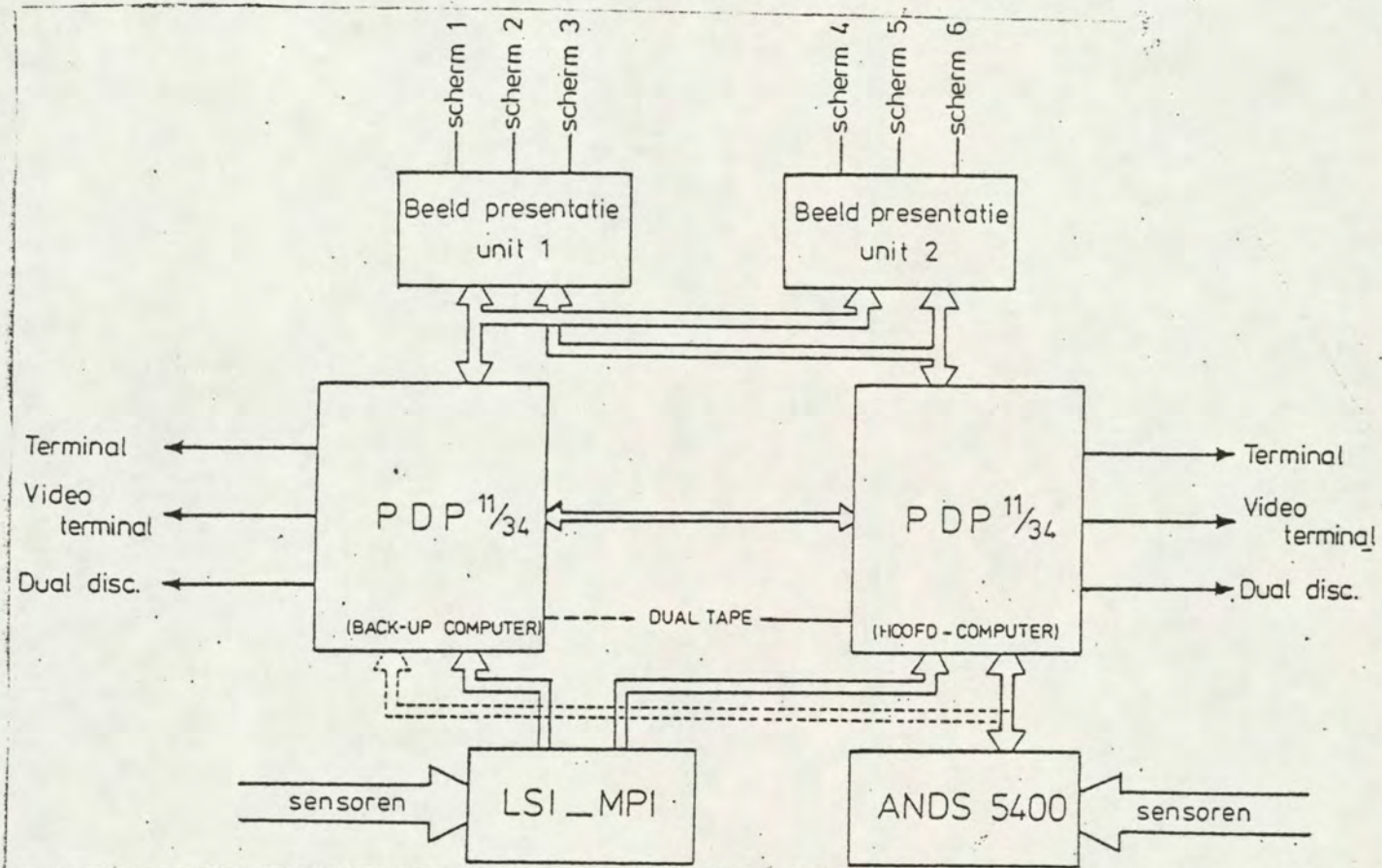
14.1.5 Training

Het spreekt vanzelf, dat na de oplevering een trainingsperiode voor het bedienend personeel zal volgen. Meestal wordt gedurende deze periode en bij de eerste operationele handelingen met het meetsysteem de scholing of sturing verzorgd door de leverancier van het systeem. Bij degenen, die gedurende de ontwik-

keling van het meetsysteem bij de leverancier gestationeerd zijn geweest, is ook een grote hoeveelheid kennis aanwezig, die op het moment dat er "zelfstandig" met het systeem gewerkt moet gaan worden zeer waardevol is gebleken.

14.2 Gebruikte automatiserings systemen

Om een inzicht te geven in de toegepast automatiseringssystemen volgt een overzicht van de meetsystemen van de grotere werkschepen. In figuur 14.2 is een typisch automatiseringssysteem afgebeeld.



FIGUUR 14.2

14.2.1 Macoma en Ostrea

Op beide werkschepen is de systeem configuratie :

Primaire komputer : Digital PDP 11/34 mini-komputer met :

- 128 kwords geheugen
- Floating point processor
- Fortran IV+
- RSX "real time" operating system

met daaraan gekoppeld :

- 1 dual disc drive (5,5 Mbyte/stuk)
- 1 dual tape drive (5,5 Mbyte/stuk)

Back-up komputer : Digital PDP 11/34 minikomputer met :

- 128 kwords geheugen
- Floating point processor
- Fortran IV +
- RSX "real time" operating system

met daaraan gekoppeld :
 1 dual disc-drive (5,5 Mbyte/stuk)
 1 tape controller

Verder zijn aangesloten : 1 Digital LSI 11/03 als preprocessor
 2 Digital LSI 11/23 postprocessors als beeld-
 presentatie eenheden
 1 Analogic ANDS 5400 data acquisitie systeem
 2 Printronix P150 regeldrukkers

Daarnaast zijn de gebruikelijke bedienings-terminals (VT100) en kon-
 sole-terminals (LA 38) aangesloten.

14.2.2 Cardium

Primaire komputer : Digital PDP 11/44 mini komputer met:
 - 384 kwords geheugen
 - Floating point processor
 - Fortran IV+
 - RSX "real time" operating systeem
 1 dual disc drive (5,5 Mbyte/stuk)
 1 dual tape drive (5,5 Mbyte/stuk)

Back-up komputer : Digital PDP 11/44 mini komputer met :
 - 384 kwords geheugen
 - Floating point processor
 - Fortran IV +
 - RSX "real time" operating systeem
 1 dual disc drive (5,5 Mbyte/stuk)

Verder zijn aangesloten :
 - 2 Digital LSI 11/02 als preprocessors
 - 2 Digital LSI 11/23 als beeldpresentatie
 eenheden
 - 2 Analogic ANDS 5400 Data acquisitie systemen
 - 1 Houston DP3 plotter
 - 2 Printronix P150 regeldrukkers

Daarnaast zijn de gebruikelijke bedienings-terminals (VT100) en kon-
 sole terminals (LA 38) aangesloten.

Om een snelle en veelzijdige presentatie mogelijkheid t.b.v. de pro-
 ces-operators te creëren is gekozen voor een video presentatie systeem.
 Dit systeem wordt door de komputer gestuurd en kent 16 beeldplaatjes.
 Iedere beeldplaatje bevat alfanumerieke en/of grafische informatie over de
 loop van het proces. De proces operator is in staat om m.b.v. een
 "pagina selector" bij zijn beeldscherm de voor hen noodzakelijke beeld-
 plaatje(s) op te roepen.
 Het beeldpresentatie systeem kan verschillende beeldschermen tegelijk
 aansturen.

14.2.3 Jan Heijmans

Het Jan Heijmans meetsysteem is opgebouwd rond drie met elkaar kommu-
 niserende Hewlett Packard desk-top calculators - HP 9825 T.
 De beeldschermen en toetsenborden van deze machines dienen tevens als
 terminal.
 T.b.v. grafische presentatie zijn twee HP 1350 graphic translators met
 beeldschermen toegepast.
 De invoer wordt verwezenlijkt d.m.v. twee HP 6940 multiprogrammers
 (data acquisitie systemen) en verder de standaard HP-interfacing tech-
 niken.
 Registratie van procesgegevens wordt op de interne tape eenheid van de
 HP 9825 T en/of op de HP 9895 flexibele disc drive verwezenlijkt.

14.2.3 Wijker Rib/Portunus

Het inspectie en navigatie systeem, dat op de Wijker Rib is geïnstalleerd, is geformeerd rond een Digital PDP 11/34 mini computer.

De configuratie ziet er als volgt uit :

- Digital PDP 11/34 mini computer met :
- 128 kwords geheugen
 - Floating point processor
 - Fortran IV +
 - RSX "real time" operating systeem
 - Winchester disk drive (67 Mbyte)
 - Tape drive (5,5 Mbyte)

En verder :

- Houston DP3 plotter
- Printer
- Video presentatie rechtstreeks vanuit de PDP 11/34

De bediening geschiedt d.m.v. VT100 terminals.

De PDP 11/34 kommuniqueert met :

- Motorola M6800 mikroprocessor (besturing Portunus)
- HP 9825 t.b.v. de oppervlakte plaatsbepaling

14.2.5 Diverse meetsystemen

Aanvullende meetsystemen aan boord van de in 14.2.1 t/m 14.2.4 genoemde werkschepen welke als losse meetunits gezien kunnen worden zijn veelal geautomatiseerd m.b.v. Hewlett Packard desk-top kalkulators uit de 9800-serie.

Dit geldt ook voor de kleinere meetsystemen voor de minder complexe processen aan boord van bijv. steenstorters, duikvaartuigen etc. De systeemontwikkeling loopt echter gelijk aan de onder punt 14.2 beschreven methodieken. De bouw van deze systemen wordt in eigen beheer uitgevoerd.

14.3 Installatie eisen

De toepassing van mini-computers aan boord van schepen vragen een aantal voorzieningen als bescherming tegen elektrische, mechanische of elektronische defekten.

14.3.1 Mechanische voorzieningen

De computer installatie, met hun voor trillingen kritische disk-drives, worden verend opgesteld, zodat mechanische trillingen van het werkschip het systeem minimaal belasten.

Deze schokdempers zijn zo gekozen, dat de door het werkschip gegenereerde trillingen maximaal worden gedempt. Grote schokken worden echter doorgegeven. Hiertegen is praktisch geen beveiliging mogelijk.

14.3.2 Elektrische voorzieningen

Toepassing van grote computers waaraan disk- en tape units zijn gekoppeld vragen sterk gestabiliseerde voedingsspanning voorzieningen.

Dit geldt voor :

- spannings stabiliteit
- frequentie stabiliteit

Daarnaast is het noodzakelijk dat bij spannings uitval enige tijd verder gewerkt kan worden, zodat het proces of versneld afgemaakt of

gecontroleerd afgebroken kan worden.

Beide eisen zijn ingewilligd door toepassing van Cyberex statische omvormers/no break sets, waarin middels accu capaciteit een doorwerkperiode is gekreerd.

In de toegepaste systemen is de doorwerkperiode ca. 15 minuten. De stabiliteit die met dit systeem verkregen wordt is :

- voor de spanning 220V, plus minus 2%
- voor de frequentie 50 Hz, plus minus 0,5%.

14.3.3 Elektronische voorzieningen

De meeste op het komputer systeem aangesloten meetinstrumenten en/of sensoren zijn over het gehele werkschip verspreid.

De kans, dat signalen verstoord of kortgesloten worden is daarom niet uitgesloten.

Twee zaken zijn dan van groot belang n.l. :

- Een goede aardingsfilosofie, welke tot op het laatste draadje toe is uitgevoerd, zodat er geen aardlussen ontstaan en daardoor een goede afscherming van meetsignalen is gewaarborgd.
- Waar nodig toepassing van galvanische scheidingen in de vorm van opto-couplers of scheidings-versterkers, zodat bij een optredende kortsluiting of ongedefinieerde spanning op de signaalkabels het verwerkingsysteem ten alle tijde hiertegen beschermd is.

Beide punten dienen gefundeerd onderzocht en gekozen te worden, zodat een zo optimaal mogelijke systeemwerking wordt behaald.

14.4 Samenvatting

Geautomatiseerde meetsystemen vragen een gestructureerde aanpak. De bij het stormvloedkering projekt gevolgde methodiek is zeer uitgebreid. De tijd, die wordt besteed aan het uitgebreid vastleggen van het meetsysteem en zijn afname testen, wordt echter snel terugverdiend door het eenduidig vastliggen van de eisen t.b.v. het systeem ontwerp. Een goede beschrijving voorkomt een veelheid aan wijzigingen in het in ontwikkeling zijnde systeem en daarmee rust bij de ontwerpers en programmeurs.

Daarnaast maken gedegen ontwerpbeschrijvingen en operator handboeken het goed handelen met en het snel repareren van het systeem mogelijk. In een produktie omgeving, waarin deze systemen worden toegepast, is dit een eerste vereiste.

Toepassing van grotere komputer systemen aan boord van werkschepen maakt installatie-technisch een aantal voorzieningen noodzakelijk. Deze liggen in de sfeer van het voorkomen van mechanische, elektrische en elektronische defekten aan daarvoor gevoelige componenten in komputer systeem t.g.v. handelingen c.q. gebeurtenissen aan boord. Dit dient altijd een punt van aandacht te zijn.

15. SAMENVATTING

15.1 Inleiding

Voor de bouw van de beweegbare Stormvloedkering in de monding van de Oosterschelde is gekozen voor het in de stroomgeulen samenstellen van elders geprefabriceerde onderdelen.

De offshore-achtige omgevingskondities, de korte kenteringen en de kleine passingstoleranties maakten niet alleen nieuwe waterbouwkundige werkwijzen noodzakelijk, maar ook een geheel andere aanpak van de meetproblematiek.

Reeds lang bekende elektronische meetinstrumenten vormen, samen met nieuw ontwikkelde apparatuur en vergaande komputer technologie, geïntegreerde meetsystemen.

Het doel van deze meetsystemen is, onder ongunstige omgevingskondities, grote aantallen meetgegevens tot zeer nauwkeurige procesinformatie en stuurgegevens te verwerken en deze met een zo kort mogelijk interval eenduidig aan de procesoperators ter beschikking te stellen.

Deze meetsystemen zijn operationeel op de diverse bijzondere werktuigen, zoals Mytilus, Cardium, Jan Heijmans, Ostrea, Macoma/DOS I, Wijker Rib/Portunus en zijn nog in ontwikkeling voor een aantal andere werktuigen, waaronder de steenstorters (Libra, HAM 601) en de toplaaagstorters.

Het fundatiebed voor de pijlers van de S.V.K.O. is verbeterd door het wegzuigen van de slechte grond en, daarna, het met overhoogte aanbrennen van geschikt funderingszand, dat gewonnen werd op enkele zandplaten in de Oosterschelde. De bovenste 15 meter van de fundatie is vervolgens door de Mytilus verdicht tot een laag met voldoende draagkracht.

In een volgende fase wordt de overhoogte van de fundatie door de Cardium met een 42 meter brede stofzuigermond op de gewenste hoogte gebaggerd, waarna hierop, door diezelfde Cardium twee filtermatten worden gelegd, die vervolgens met trilplaten worden verdicht.

In principe is nu de fundering gereed en kunnen de pijlers door de Ostrea geplaatst worden.

De maattoleranties worden dan echter kritisch. Te grote afwijkingen in de juiste stand van de pijlers onderling zal de goede werking van de kering onmogelijk maken door het niet kunnen bewegen van schuiven of het niet goed passen van onderdelen, zoals dorpelbalken.

Van de zes vrijheidsgraden van iedere pijler worden er slechts drie beïnvloed tijdens het plaatsen n.l. : X, Y en de rotatie om de Z-as.

De drie andere n.l. de rotaties om X- en Y-as en Z moeten al in ondergrond dus in de fundatie goed zijn.

De maximale afwijkingen hierin zijn :

Rotatie om de X-as = 8 mm/m

Rotatie om de Y-as = 4 mm/m

Z = 0,15 m

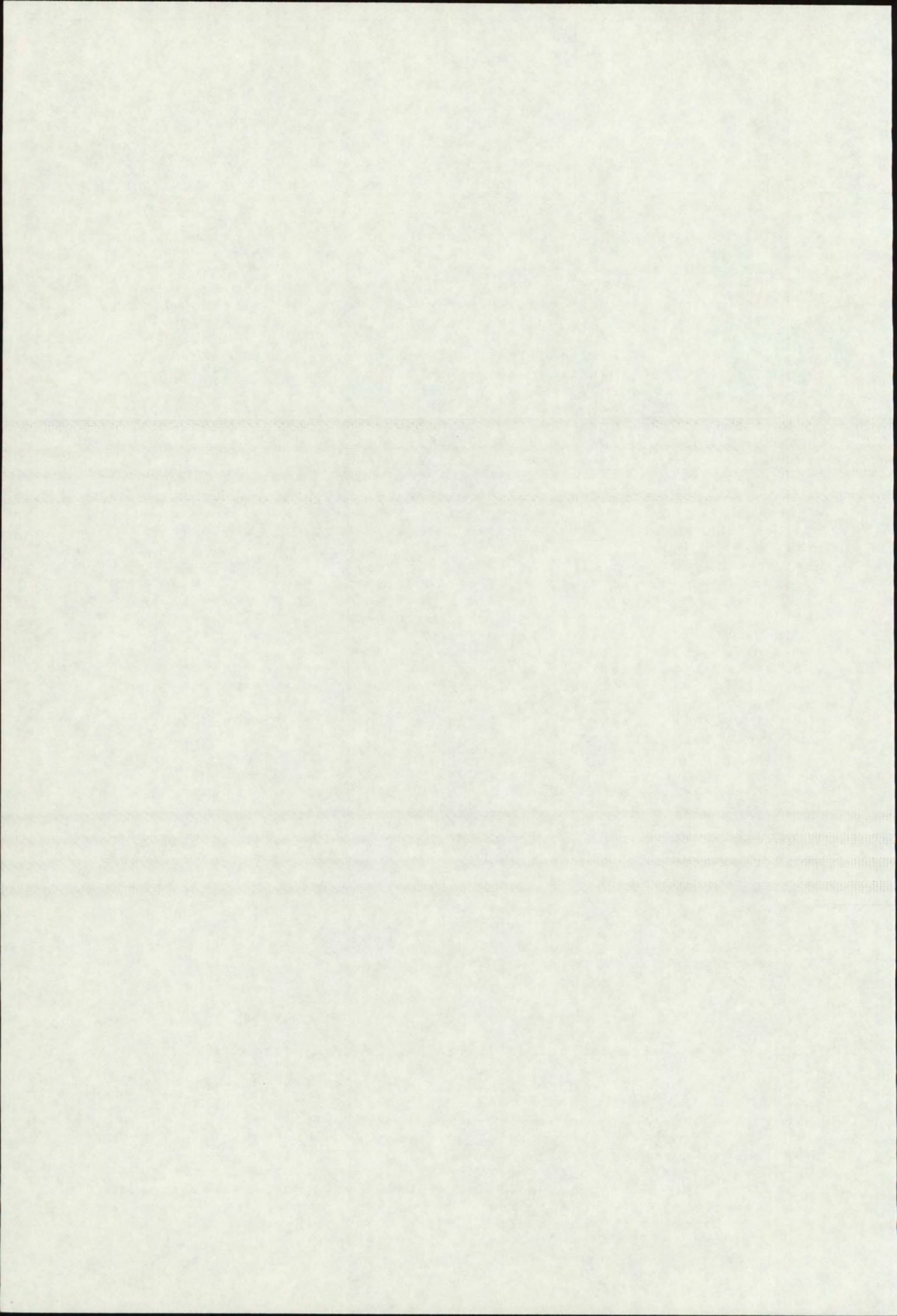
Bovendien dienen de oplegulakken onder de pijler redelijk vlak te zijn zonder te grote kuilen en bulten.

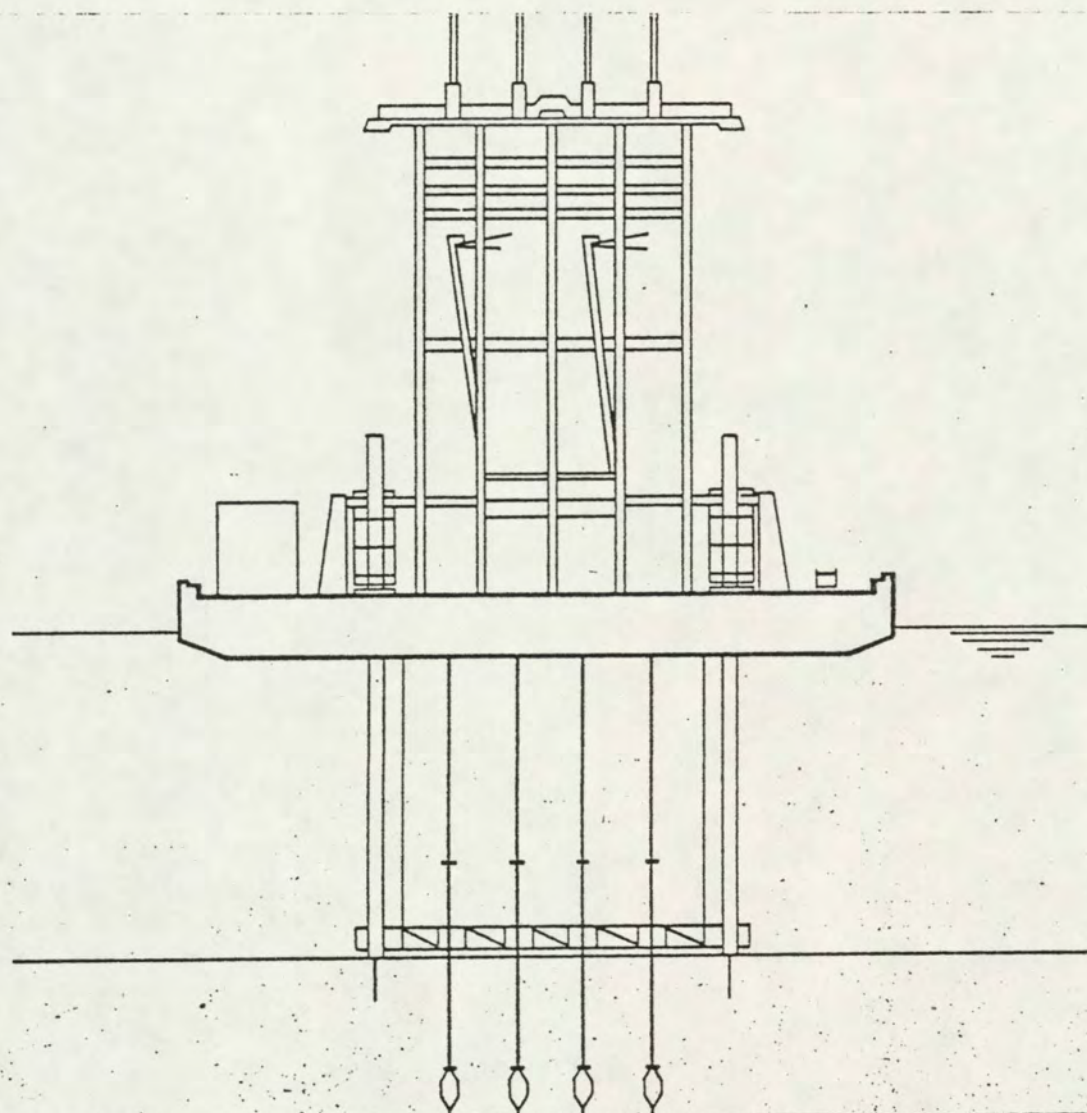
Of deze toleranties haalbaar zijn met het Cardium-proces is niet altijd zeker.

Om bij te grote afwijkingen toch nog aan de vereiste toleranties te kunnen voldoen kan een tegelmat worden toegepast.

Hierbij worden, t.p.v. de pijler-oplegulakken, betontegels van variabele dikte zodanig aangebracht, dat oneffenheden worden uitgevlakt : het contra mal principe.

Op de wal worden 2 stroken tegels (dikte variërend van 0,15 tot 0,60 m, 5 m breed, 18,5 m hart op hart) in de juiste volgorde op staalstrengen gemonteerd. Daarna worden de 2 stroken op een grote drijvende drum gewikkeld. Deze gaat naar het afzinkponton DOS I, welke, gekoppeld aan het opschoonponton Macoma, de tegelmatten afzinkt.





METEN t.b.v. MYTILUS

De filtermat wordt zandvrij gemaakt door de Macoma, waarna al verhalend de tegelstroken worden afgerold, zodat ze op de juiste plaats op de filtermat komen te liggen. De bovenzijde van de tegelmatten moet dan voldoen aan de gestelde toleranties, zodat de pijler er op geplaatst kan worden.

Als voorbeeld zal in deze samenvatting het Macoma/DOS I systeem gehanteerd worden, aangezien dit voor S.V.K.O. begrippen een systeem van gemiddelde grootte is.

15.2 Meetsystemen

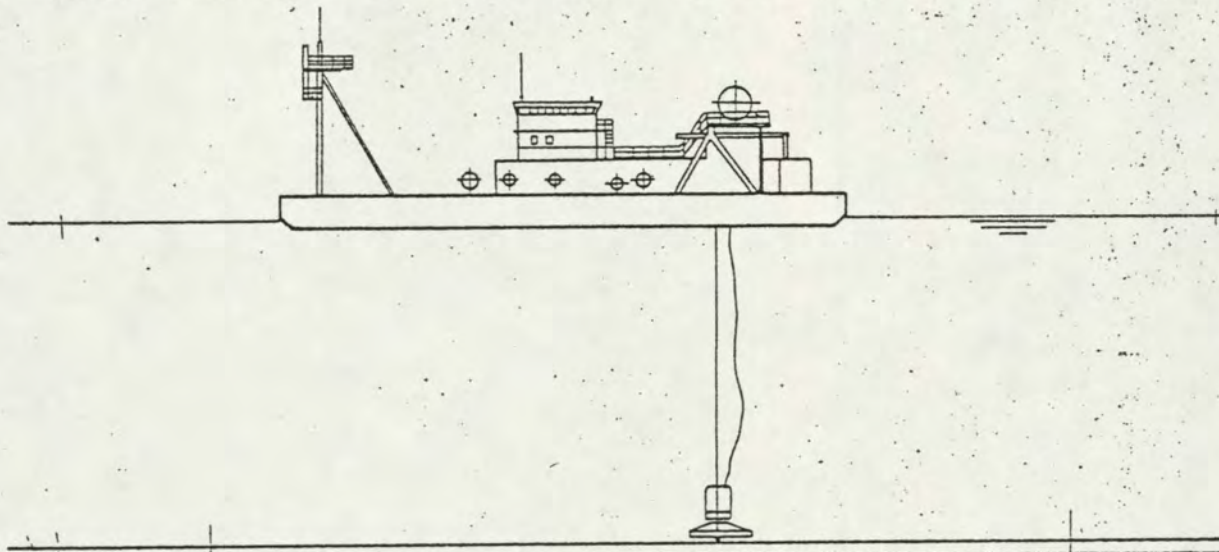
De meetsystemen, gebruikt bij het S.V.K.O. project bestaan uit de volgende onderdelen :

- * Plaatsbepaling boven water
- * Plaatsbepaling op het schip
- * Plaatsbepaling onder water
- * Afstandmeting onder water

Van ieder van deze onderdelen zijn alleen die aspecten uitgewerkt, die innoverend geacht kunnen worden.

Als basis voor de plaatsbepaling ligt over ieder sluitgat een lokaal

koordinatenstelsel, gebaseerd op een groot aantal basispunten. Deze punten onderling zijn met een nauwkeurigheid beter dan 0,03 m bepaald, Iedere zes maanden wordt deze grondslag gecontroleerd op zettingen en verschuivingen. Elk werktuig of onderdeel van de S.V.K.O. heeft bovendien zijn eigen assenstelsel en vaak ook nog verschillende deel-assenstelsels.



METEN t.b.v. JOHAN V

15.2.1 Plaatsbepaling boven water

De tegenstrijdige eisen, die de processen aan de plaatsbepaling boven water stellen, zijn :

eis	gebruikelijke oplossing
1 - zeer nauwkeurig op 1000 m afstand (cm)	
2 - niet alleen horizontaal, ook vertikaal	Optische technieken vanaf de wal (theodoliet)
3 - continue, snelle update van meetuitkomsten	
4 - meetresultaten zonder noemenswaardige vertraging aan boord beschikbaar	Radiografische plaatsbepaling
5 - meetinstrument door komputer af te lezen	
6 - meetinstrument continue, 24 uur per dag, 7 dagen per week operationeel	
7 - horizontaal en vertikaal simultaan bij (snel) bewegend doel	Niet bekend

De voor deze eisen genoemde oplossingen, optisch versus radiografisch dienen dus gekombineerd te worden tot een meetinstrument, met toevoeging van een oplossing voor eis 7.

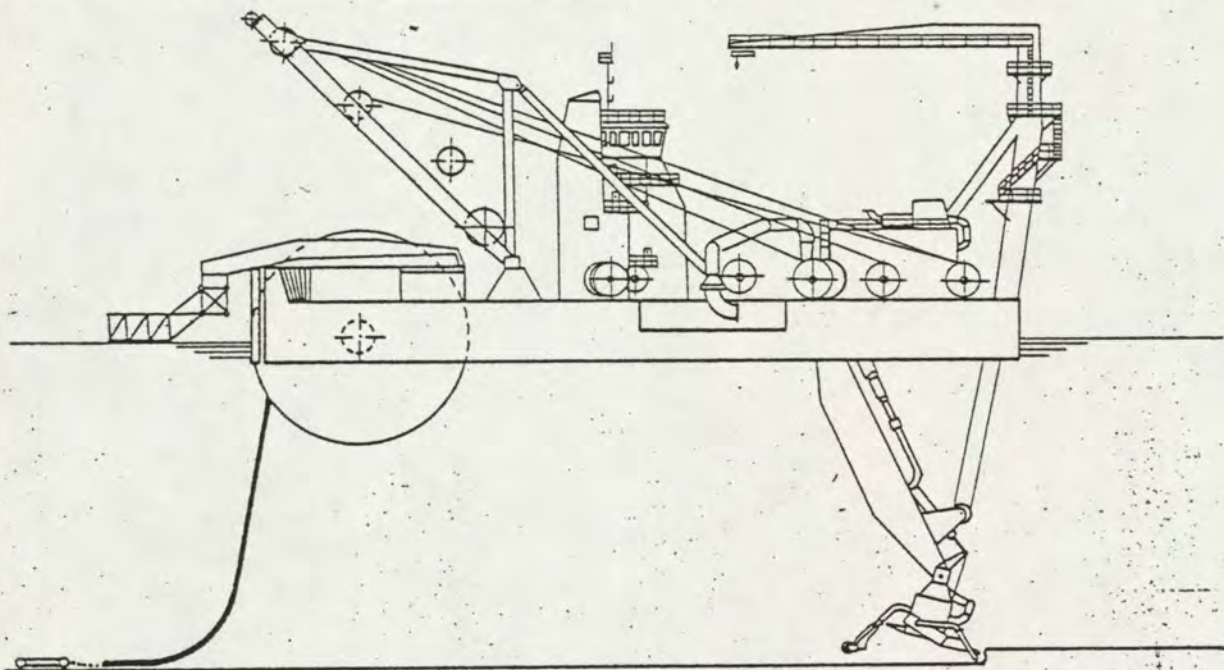
Op grond van de nauwkeurigheid vallen systemen gebaseerd op radiogolven voor de meest kritische metingen af.

Processen, waar de nauwkeurigheid minder groot is, maken echter wel van radiografische plaatsbepaling gebruik. Hierover later meer.

15.2.1.1 Elektrische optische plaatsbepaling

Optische instrumenten, zoals theodolieten, halen gemakkelijk de nauwkeurigheid, maar de gegevens komen slechts zeer traag beschikbaar.

Een flinke stap in de goede richting is de elektronische tachymeter, een op theodolietprincipes en -nauwkeurigheden gebaseerd instrument, dat langs elektronische weg niet alleen een horizontale en verticale hoek meet, maar tevens de afstand tot het doel. Tot zover is voldaan aan de eisen 1, 2, 3, 5.



METEN t.b.v. CARDIUM

De volgende te nemen stap is 4.

Met de huidige stand van de techniek is het overbrengen van gegevens via een radio verbinding goed uit te voeren en kunnen meetgegevens van een aan de wal opgestelde tachymeter worden ingelezen in een computer aan boord van een schip.

Voor een aantal processen is de nu verkregen meetconfiguratie voldoende en in deze opstelling wordt zij dan ook toegepast.

Alleen aan eis 6 en 7 is nog niet voldaan.

Bij continu, gedurende lange tijd werken gaat de beperkende faktor in dit meetsysteem een kritieke rol spelen, namelijk de mens achter de tachymeter. Vermoeidheid en verlies aan concentratie gaan al na zeer korte tijd een verlies aan nauwkeurigheid geven, doordat het richten op het doel minder goed gebeurt. Het volgen van een bewegend voorwerp in horizontale en verticale zin tegelijk, met een nauwkeurigheid, die in de orde van grootte van de instrumentspecificaties ligt, moet trouwens toch uitgesloten worden geacht, zelfs voor korte tijd.

De oplossing voor deze laatste eisen is een automatisch volgende tachymeter.

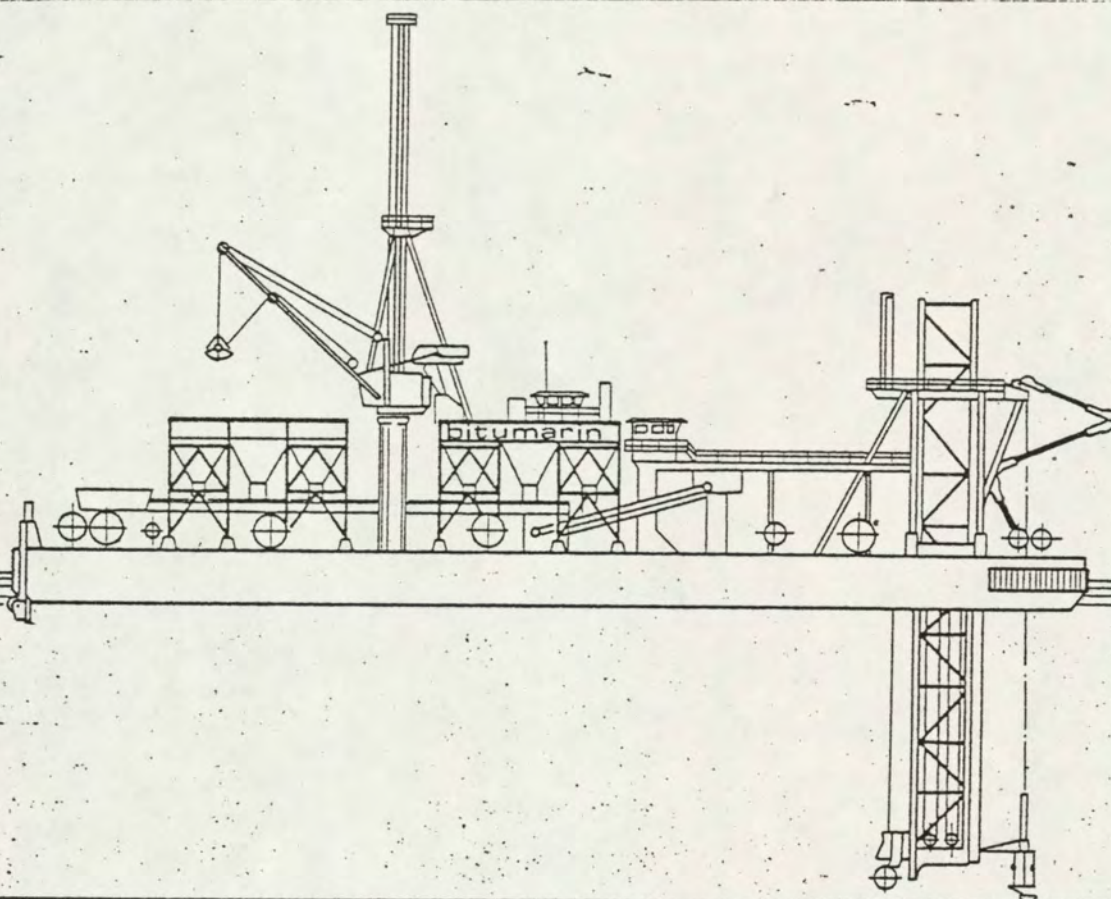
Dit futuristisch instrument bleek te koop te zijn in de vorm van de Minilir, een instrument, dat via een infrarood-detectie-systeem een warmtebron, waarop het eenmaal gericht is, blijft volgen, terwijl het ook een elektronische uitlezing van horizontale en verticale hoek geeft.

De nog niet gemeten afstand wordt toegevoegd via een op de Minilir gemonteerde infrarood afstandmeter (AGA 112), die op deze manier ook automatisch op het doel gericht blijft.

Specificaties:

richtnauwkeurigheid ca. 5 mm/km
 meetnauwkeurigheid : horizontale hoek)
 vertikale hoek) 4,5 boogsek.=20 mm/km
 afstand : 10 mm/km
 maximale volgsnelheid 36 graden per seconde.
 meetsnelheid : hoeken 5 maal per seconde
 afstand 2 maal per seconde
 exclusiviteit : totale produktie Minilirs bedraagt 21 stuks,
 waarvan 6 bij het S.V.K.O. projekt worden
 toegepast. Slechts bij het S.V.K.O. projekt
 als plaatsbepalingssysteem gebruikt.

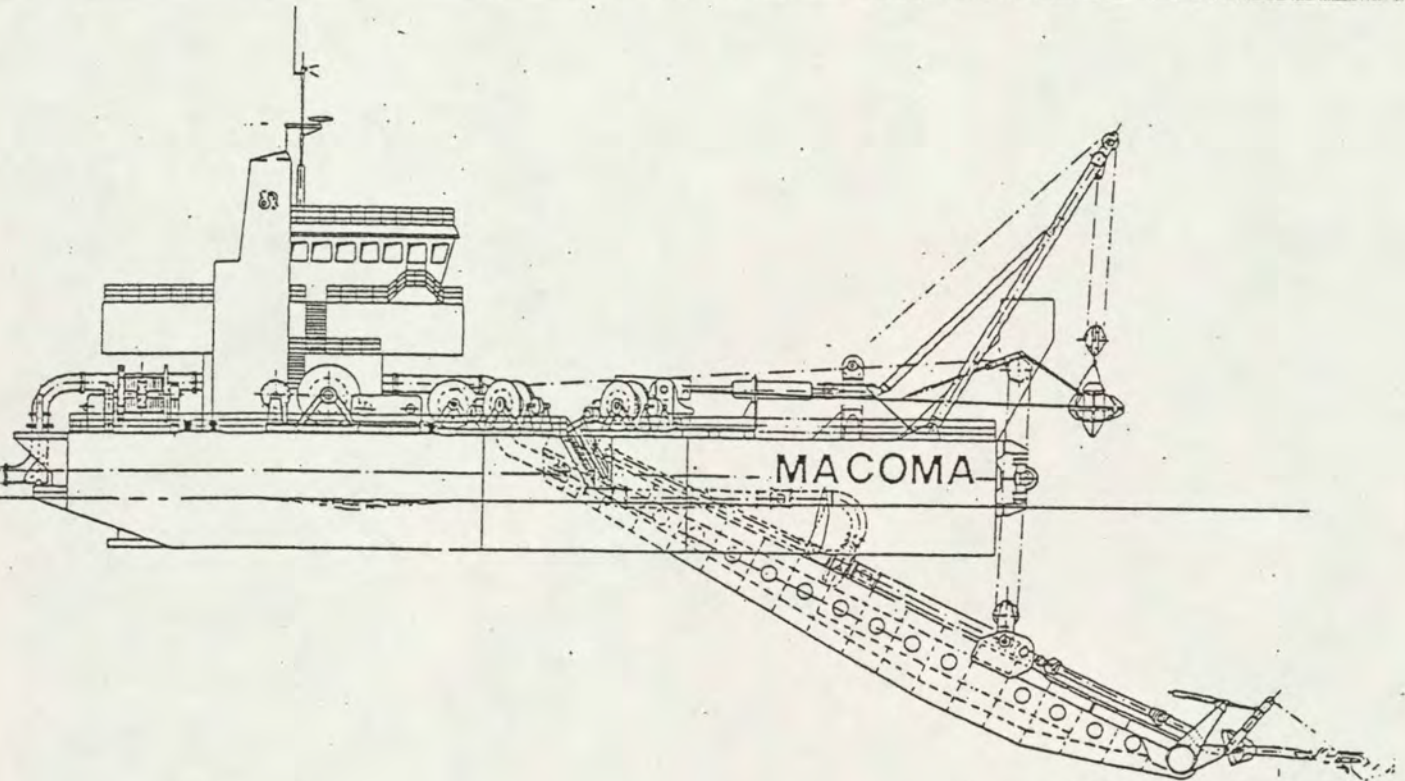
prijzen : Minilir f1. 550.000,--
 AGA afstandmeter f1. 25.000,--
 Telemetrie f1. 30.000,--



METEN t.b.v. JAN HEIJMANS

Recapitulerend:

Automatische plaatsbepaling van een voorwerp op het water, wordt met hoge nauwkeurigheid en update verkregen door een automatisch volgende elektronische theodoliet met afstandmeter. De gemeten horizontale en verticale hoek geven samen met de afstand een volledige, driedimensionale positie met een nauwkeurigheid beter dan 0,05 m op 1000 m afstand. Voor verdere verwerking en integratie met andere meetsystemen worden de gemeten grootheden radiografisch naar het object overgezonden.



METEN t.b.v. MACOMA

15.2.1.2 Radiografische plaatsbepaling

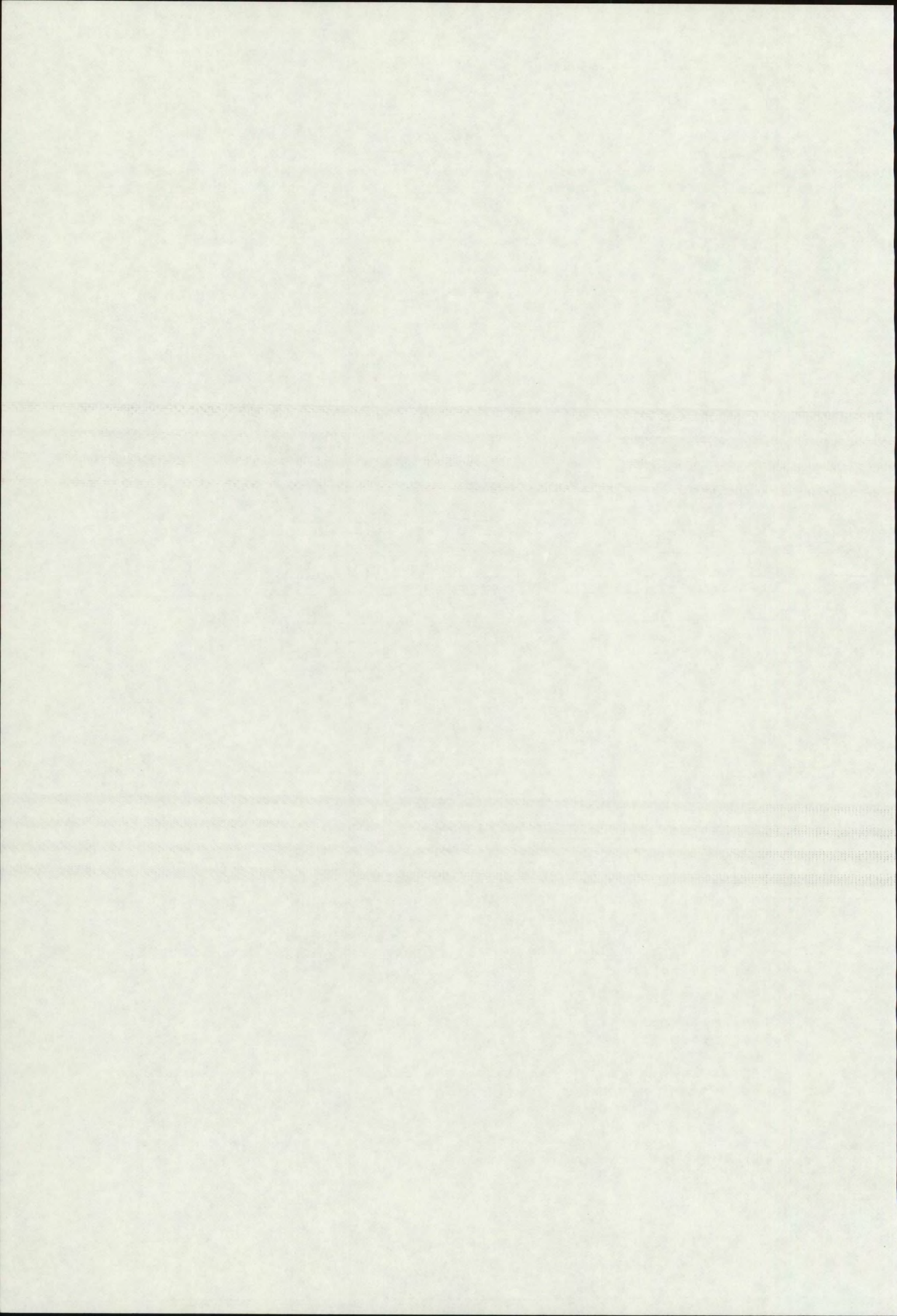
Een groot aantal processen binnen de bouw van de S.V.K.O. vragen nauwkeurigheden die in de natte waterbouw meer gangbaar zijn, zoals peilingen t.b.v. bodembewaking, nat grondverzet (baggeren), transport van de pijlers naar de sluitgaten, steenstortwerk, etc.

Voor deze plaatsbepaling wordt gebruik gemaakt van radioplaatsbepalingssystemen, te weten :

- Trident III
- Artemis-baken-systeem
- Tellurometersysteem

Bij deze systemen kan in het algemeen gesteld worden, dat de nauwkeurigheid afneemt met het toenemen van de operationele voordelen (Wet van behoud van ellende ?).

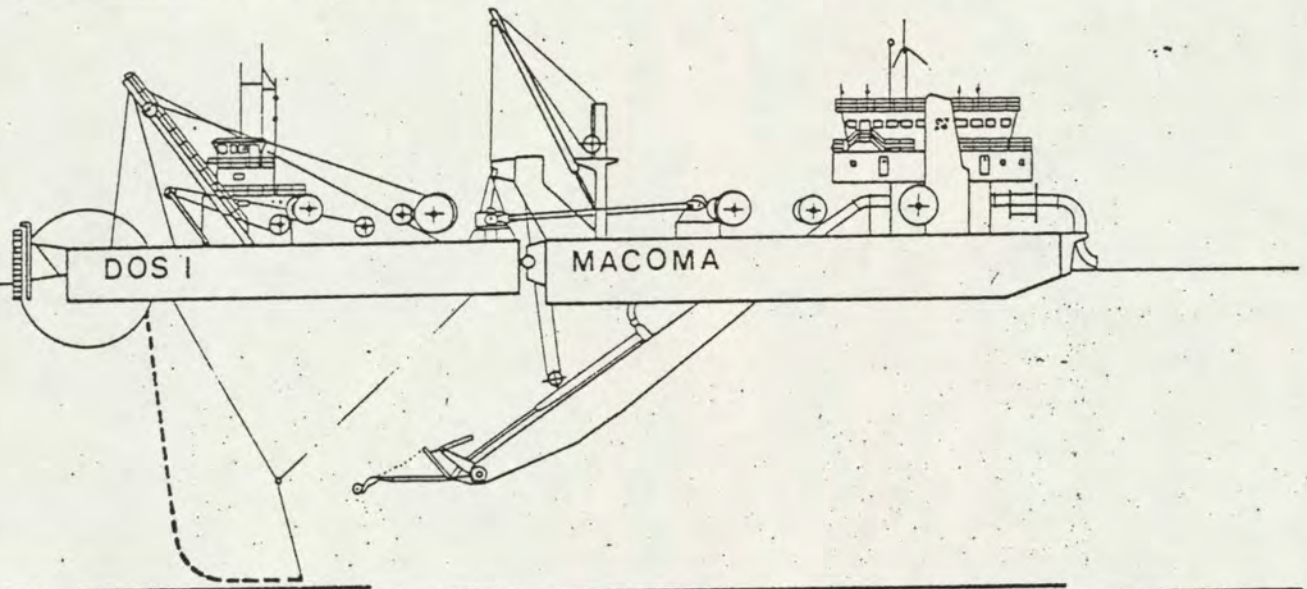
Voordelen welke voor alle radioplaatsbepalingssystemen gelden t.o.v. de (elektro-)optische zijn:



- tijdens mist, sneeuw en regen werken deze systemen ook.
- walstations behoeven niet bemand te zijn.

Een aantal andere aspecten van de systemen, zoals deze bij de S.V.K.O. in gebruik zijn, zijn :

- Nauwkeurigheid (2 sigma) van 2 meter (Trident III) tot 0,5 m (Tellurometer).
- Multi-user, d.w.z. dat de walbakens door meerdere gebruikers tegelijk gebruikt kunnen worden.
Trident III : 25 gebruikers, Artemis 10 gebruikers.
(Tellurometer is geen multi-user systeem)
- Trident III meet 4 afstanden tegelijk, daardoor interne controle op plaatsbepaling.
- Bedieningsgemak is groot. Vooral voor Trident III en in mindere mate voor Artemis zijn aan boord geen speciale surveymensen nodig (Mede dank zij gebruikersvriendelijke software).
- Meetapparatuur bevindt zich aan boord zodat de gegevens direct daar beschikbaar zijn waar ze nodig zijn.
- Geen van deze systemen geeft verticale informatie.
- Maximale meetafstanden kunnen oplopen tot boven 50 km (Trident III).



METEN t.b.v. MACOMA/DOS 1

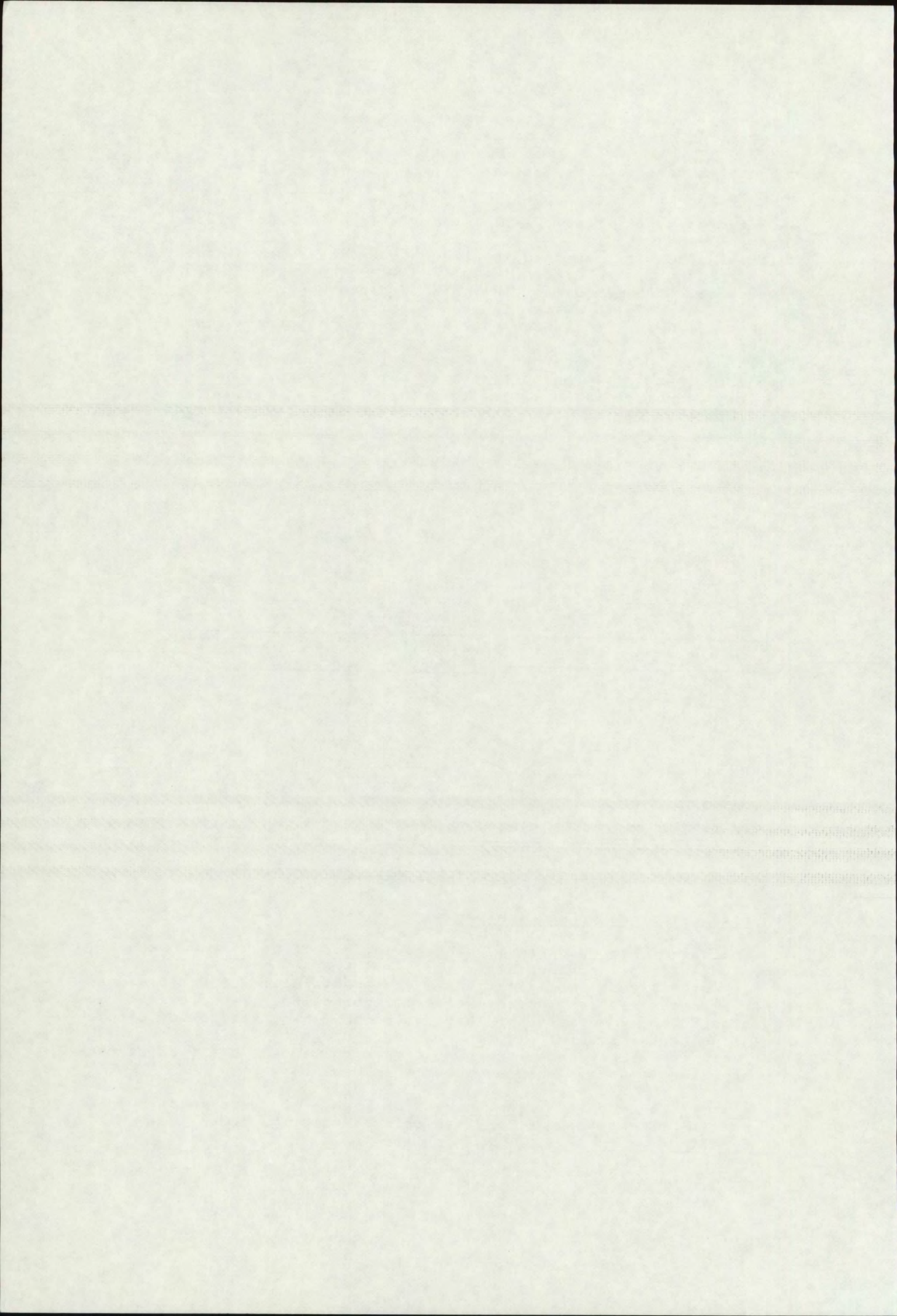
15.2.2 Plaatsbepaling op het schip

In de voorgaande hoofdstukken is aangegeven, hoe de positie van een punt van een schip wordt bepaald.

Voor de verschillende processen is men echter steeds in de posities van andere delen van het schip geïnteresseerd, bv. de positie en diepte van de zuigkoppen op 30 m diepte bij het opschonen van de mat, of de diepte van de echoloodtransducers bij een peiling.

Uit de positie van het ingemeten punt dienen dus andere posities op het schip berekend te worden en daarvoor dienen bekend te zijn :

- de rotaties om de drie assen van het schip en/of onderdelen daarvan.
- de onderlinge posities van objecten op het schip, de zogenaamde vormbepaling

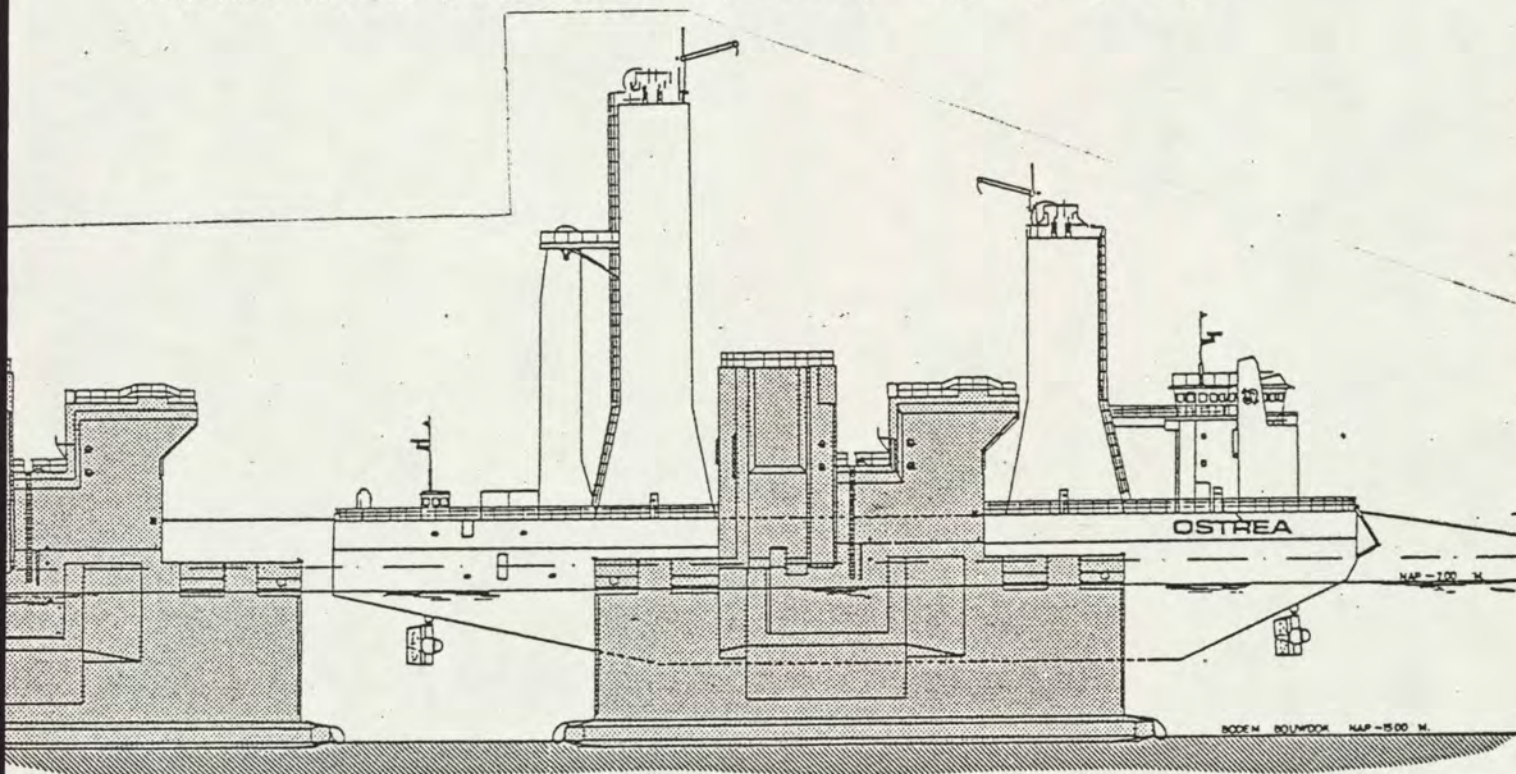


15.2.2.1 Rotatie om de verticale as

Afhankelijk van de vereiste nauwkeurigheid wordt hiervoor uit 2 systemen gekozen :

- * Voor minder nauwkeurige metingen ($2 \text{ sigma} = 0,25 \text{ deg.}$) wordt een nauwkeurig modern gyrokompas gebruikt.
- * Voor nauwkeurige metingen ($2 \text{ sigma} < 0,1 \text{ deg.}$) wordt met 2 Minilirs simultaan gemeten naar 2 reflektorunits op de uiteinden van het schip.

Uiteraard is dit laatste een dure oplossing, maar de verhoogde nauwkeurigheid maakt de extra uitgave verantwoord. Bovendien is, samen met de rotatiemetingen en vormbepaling, een overbepaald systeem ontstaan, waardoor continue interne controles op de plaatsbepaling mogelijk zijn.

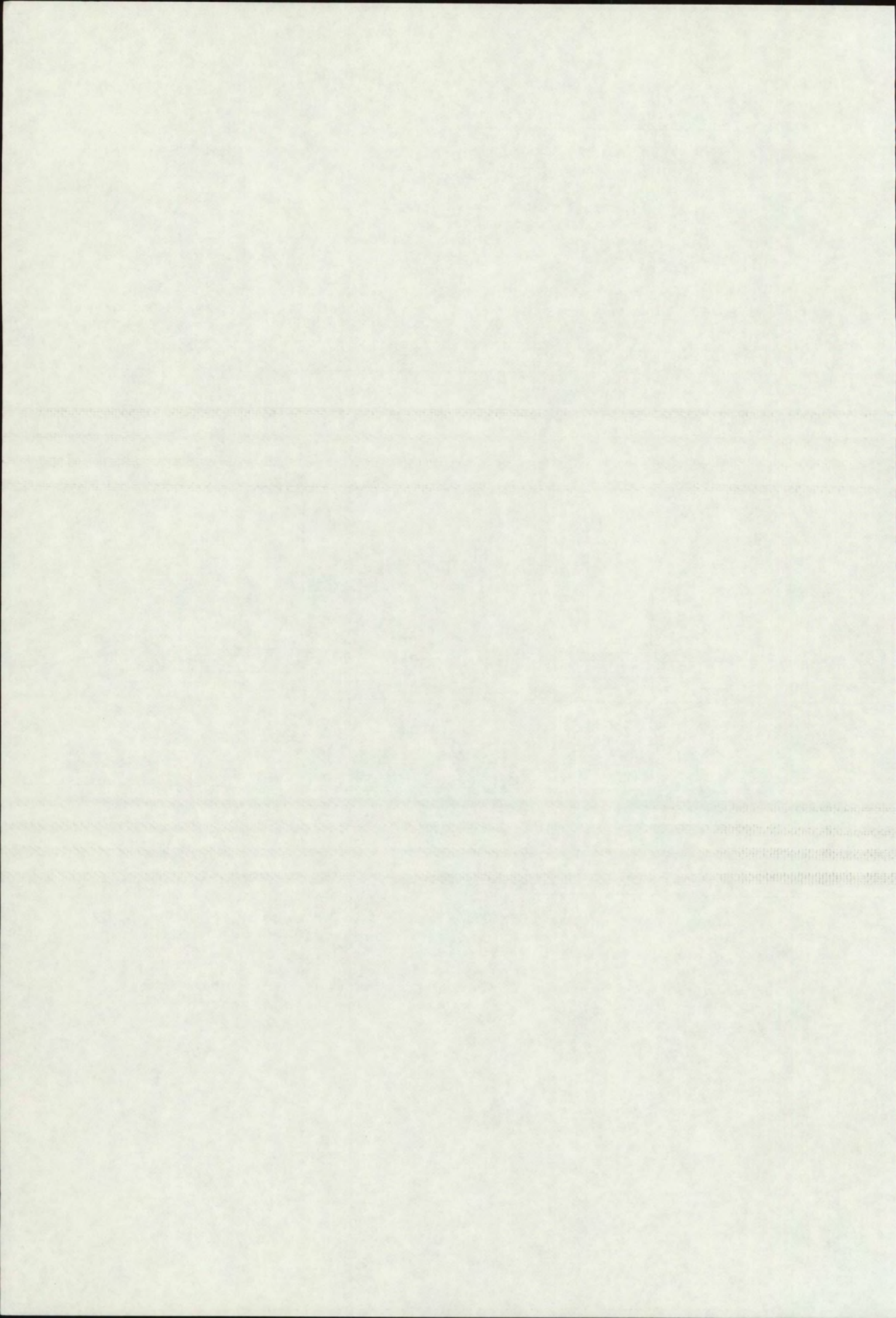


METEN t.b.v. OSTREA

15.2.2.2 Rotaties om de horizontale assen

Deze rotaties betreffen de trim en slagzij van het schip en de hellingen van scheepsonderdelen, zoals de baggerladder en de zuigkoppen. Ook hier onderscheiden we weer 2 systemen :

- * Voor minder nauwkeurige of minder kritische metingen worden op het pendulum principe gebaseerde standaard-hellingmeters gebruikt ($2 \text{ sigma} \sim 1,0 \text{ deg.}$).



* Daar waar nauwkeurige hellinginformatie nodig is (2 sigma = 0,2 deg.) worden speciaal t.b.v. het Oosterscheldeproject ontwikkelde hellingmeters toegepast.

Deze instrumenten zijn gebaseerd op een nauwkeurige versnellingsopnemer, die zodanig is gemonteerd, dat de gemeten versnelling een maat is voor de helling. Om ongewenste invloeden van schrik- en verzetbewegingen en trillingen uit te schakelen wordt het signaal voor afgifte gefilterd door een geavanceerd elektronisch filter.

Van dit type hellingmeter zijn er inmiddels meer dan 20 in gebruik.

15.2.2.3 Vormbepaling

De vormbepaling aan boord van de schepen is in principe een eenmalige gebeurtenis (tenzij in geval van schade, verbouwing, uitbreiding, etc.), maar daarom niet minder belangrijk.

Bij de beschikbare toleranties in het S.V.K.O. project tellen alle beetjes en vooral vormbepalingsfouten mee, omdat deze een oncontroleerbare systematische fout introduceren.

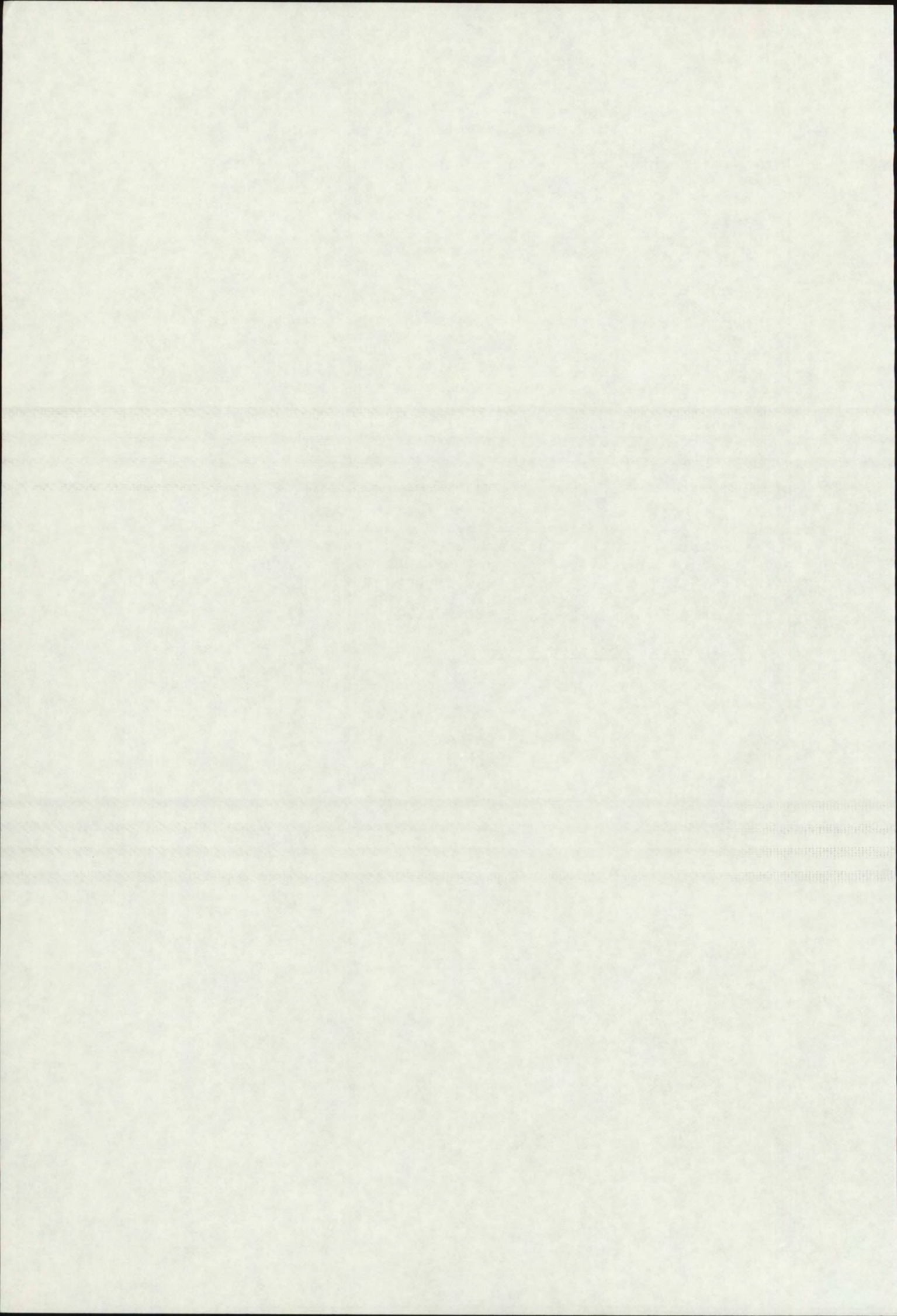
Bij de vormbepaling wordt over een schip een aan het schip vast verbonden coördinatenstelsel (scheepsgrid) gelegd, waarin alle belangrijke punten (reflektorunits, sensoren, ladderdraaipunt) worden ingemeten. Ook lengtes van ladder en zuigkoppen worden nauwkeurig gemeten.

Omdat de vormbepaling pas kan worden uitgevoerd als het schip zijn definitieve vorm heeft, d.w.z. in het water drijft en alle zware onderdelen zoals ladder en lieren aan boord staan, krijgen we hier te maken met het specialistisch vakgebied van het uitvoeren van nauwkeurige metingen op drijvende voorwerpen met veel obstakels. Rond deze materie heeft zich inmiddels een meetploeg gevormd die met veel kennis van zaken en vooral veel praktijkervaring tot bijzonder staaltjes van meetwerk met millimeternauwkeurigheid in staat is.

15.2.3 Plaatsbepaling onder water

Voor plaatsbepaling onder water zijn de twee belangrijkste groepen van meetsystemen :

- * kontakt : draadlengtes, draadhoeken, etc.
- * akoestisch : transpondersystemen, sonar.



De kontaktsystemen zijn, hoewel hiermee onder bepaalde omstandigheden hoge nauwkeurigheden bereikt kunnen worden, operationeel een probleem bij verhalende schepen, materiaal onder water en hoge stroomsnelheden. Hiervan is de profiler als afstandmeter in gebruik.

Sonars werken met gereflekteerd geluid.

Het principe van transpondersystemen is, dat het meetinstrument onder het schip (de hydrofoon) een gekodeerde akoestische puls uitzendt.

Een aan het in te meten voorwerp bevestigd elektronisch bakken (transponder) met overeenkomstige kode beantwoordt de ontvangst van de puls door het uitzenden van eenzelfde signaal.

Dit antwoord wordt door de hydrofoon aan het schip ontvangen, waarna de totale tijdsduur tussen uitzenden en ontvangen wordt omgerekend naar de afstand.

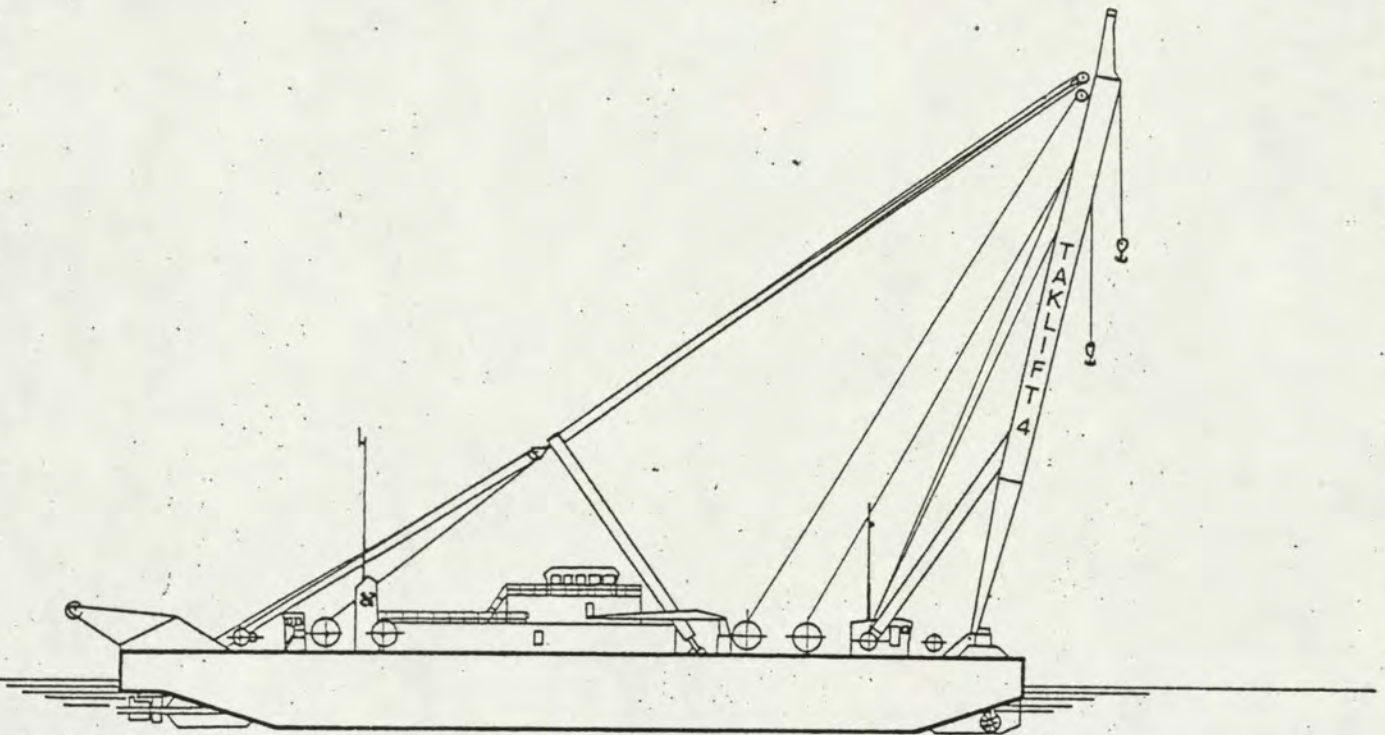
Het voordeel van dit bakensysteem is, dat een duidelijk gedefinieerd punt kan worden ingemeten.

Voor een totale plaatsbepaling van het bakken is 1 afstand niet voldoende. Bij de zogenaamde long-base-line en short-base-line systemen wordt een volledige plaatsbepaling verkregen door het meten van meerdere afstanden (minimaal 3) naar resp. een bakken-array op de zeebodem of een hydrofoon-array onder het schip.

Beide systemen vereisen echter omslachtige voorzieningen op de zeebodem dan wel onder het schip en zijn daardoor minder gewenst.

De grote vooruitgang van de techniek heeft dit probleem opgelost, in de vorm van Super Short Baseline en Ultra Short Baseline systemen.

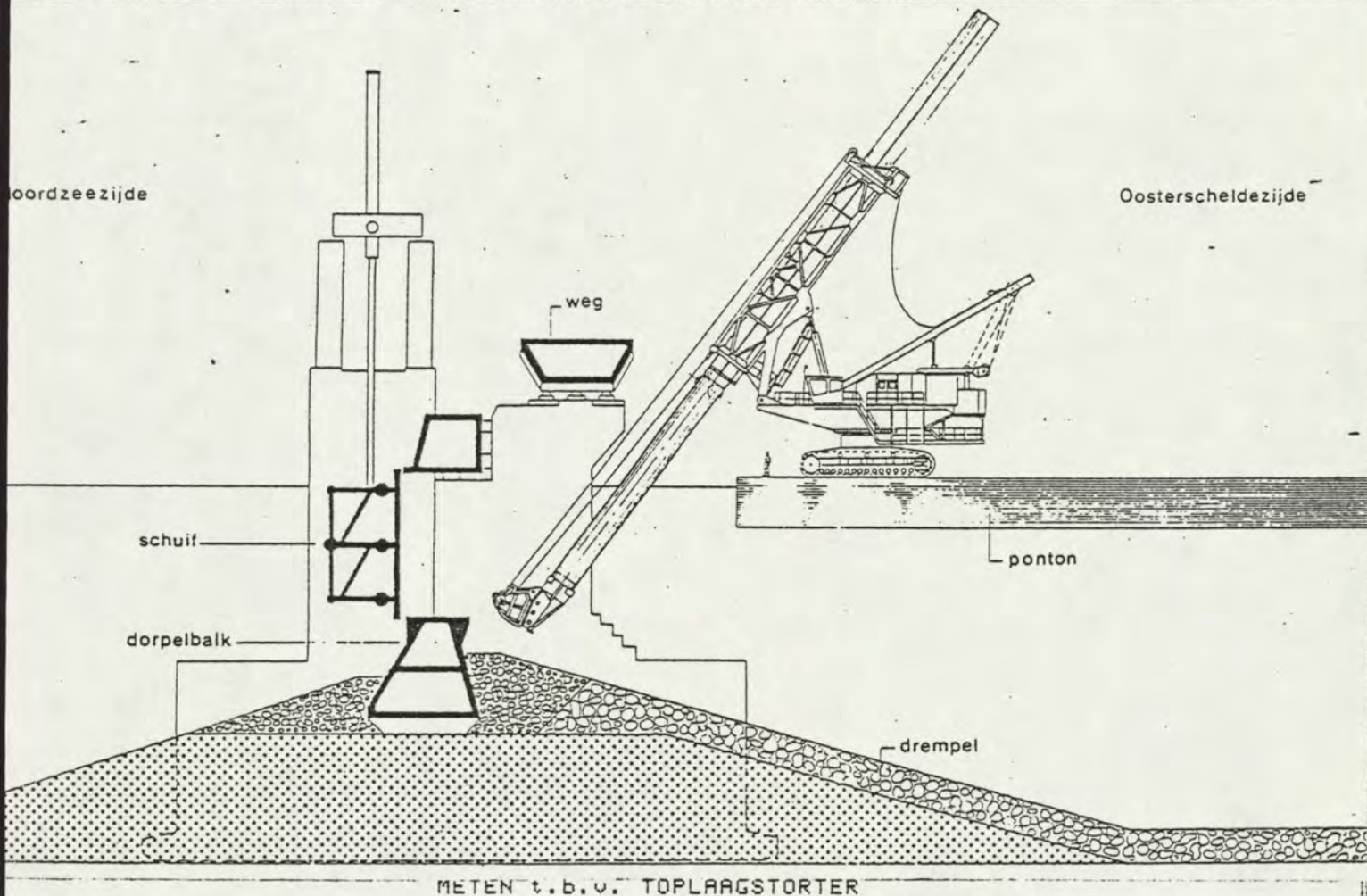
In het onder meer bij de S.V.K.O. gebruikte USB-systeem wordt het antwoord van het bakken niet door 1 ontvangstelement in de hydrofoon opgevangen, maar door drie elementen, in een onderling rechte hoek geplaatst op ongeveer 0,10 m afstand van elkaar.



METEN t. b. v. TAKLIFT 4

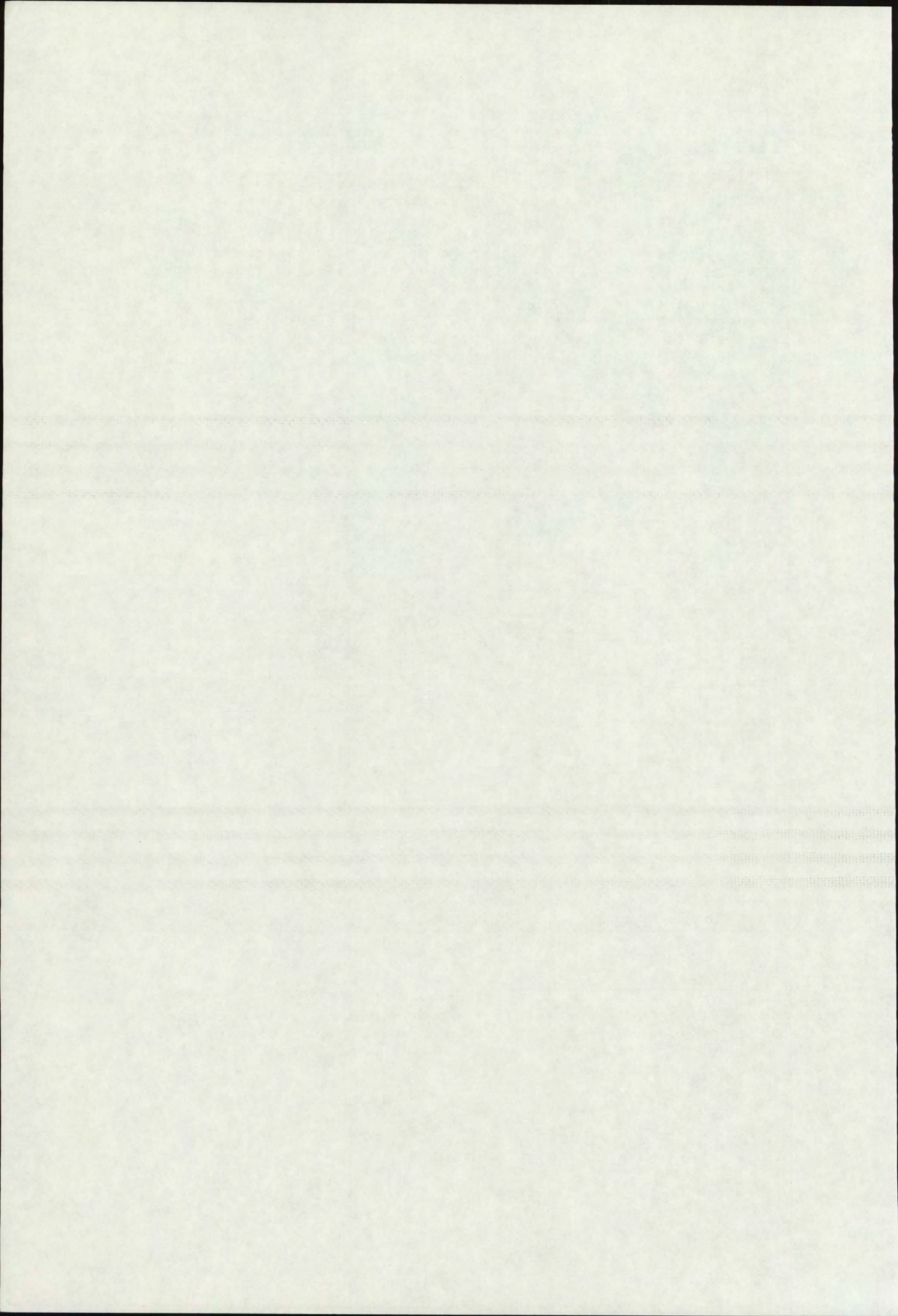
Faseverschilmeting tussen de ontvangen signalen in de 3 elementen bepaalt de richting waarin het bakken zich ten opzichte van de hydrofoon bevindt. Deze richtingmeting wordt voor de drie rotaties georiënteerd met de koers, de trim en de slagzij van het ponton. De georiënteerde richting geeft samen met de afstand een eenduidige plaatsbepaling van het bakken ten opzichte van de hydrofoonposititie.

In de praktijk wordt de USB bij het matleggen gebruikt. Uitgebreide proeven hebben aangetoond dat de nauwkeurigheid van deze vorm van plaatsbepaling ligt tussen 0,30 en 0,55 m (2 sigma waarde). Dit is de combinatie van de bovenwater, scheeps- en onderwater plaatsbepalingssystemen en is, voor akoestische systemen, een goed resultaat. Een probleem met de akoestische plaatsbepaling vormt het af en toe optredende instabiele gedrag van het systeem. Een onderzoek naar mogelijke redenen hiervoor is nog niet afgerond.



15.2.4 Afstandmeting onder water

Hieronder vallen drie systemen die allen gebaseerd zijn op het meten van de looptijd van een uitgezonden akoestische puls tot aan de terugkeer van het gereflekteerde signaal, waaruit de afstand wordt berekend.

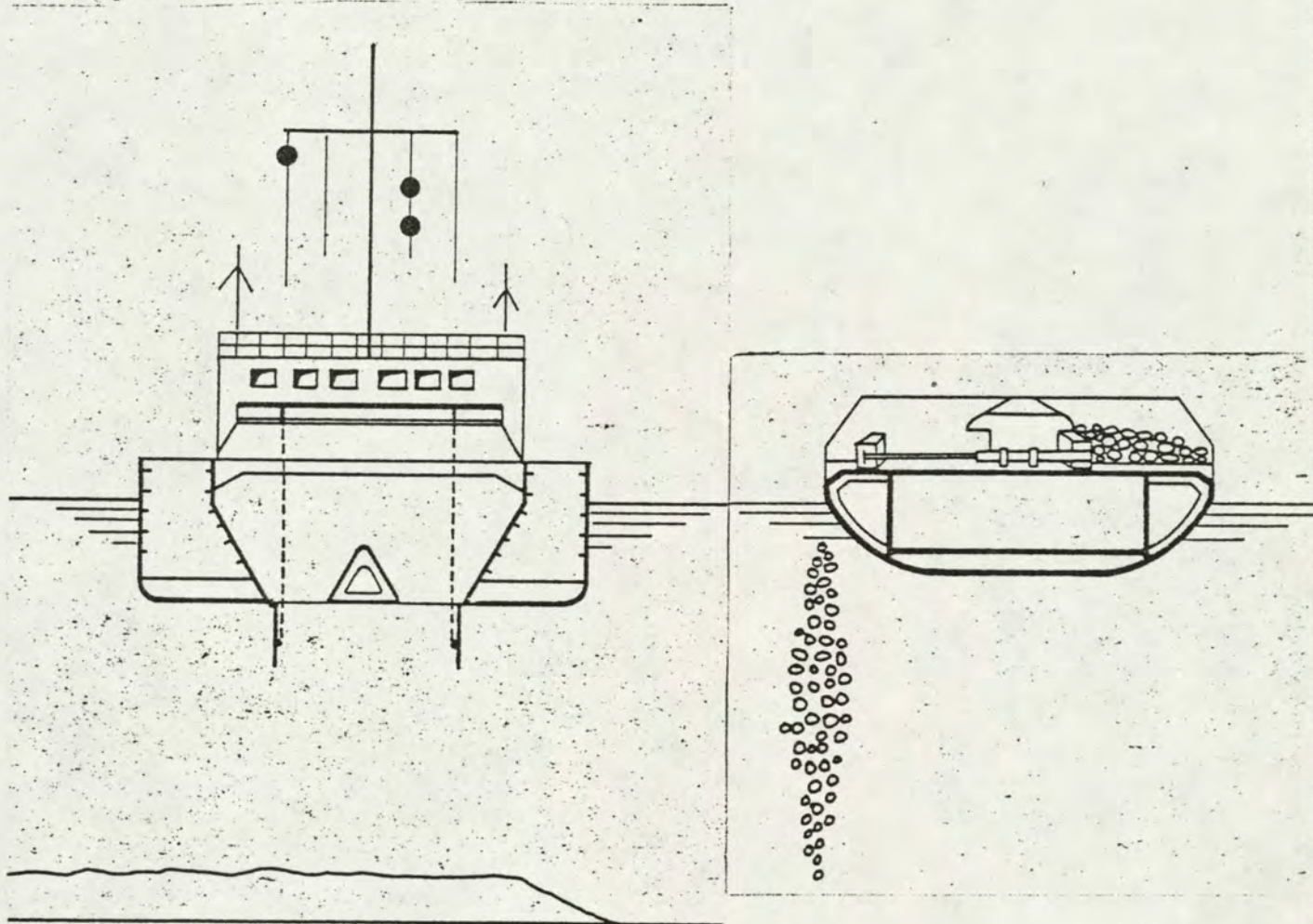


15.2.4.1 Echolood

Speciaal gemodificeerde digitale echoloden worden gebruikt om met hoge snelheid nauwkeurige dieptemetingen uit te voeren. Gebruikt wordt een frequentie van 700 KHz, nadat proefondervindelijk is aangetoond, dat bij deze frequentie een gunstig optimum ontstaat tussen vertroefing en reflectie, waardoor, zelfs in het turbulente en van veel gesuspendeerd zand voorzien water van de Oosterschelde, goede metingen mogelijk blijven.

Het echolood is verder voorzien van een centimeterresolutie en kan per 0,1 seconde met 24 transducers een meting uitvoeren.

Bij een goed reflektierende bodem zijn metingen tot 0,01 a 0,02 m (2 sigma waarde) nauwkeurig mogelijk.

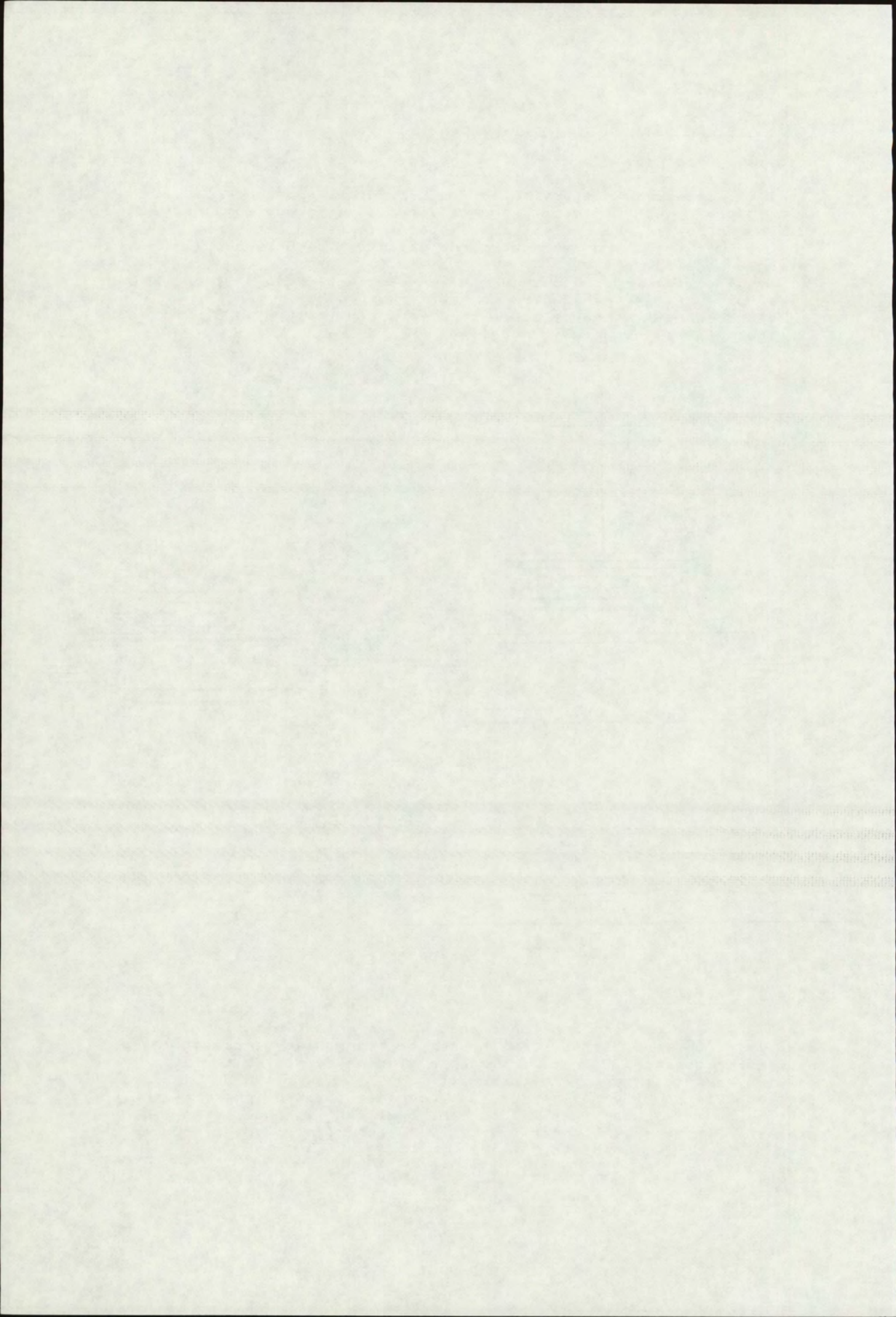


METEN t.b.v. STEENSTORTERS

15.2.4.2 Profilers

Hier is sprake van een echoloodtransducer, die in 1 richting draaibaar is gemonteerd. De hoek, waaronder de transducer verdraait, wordt nauwkeurig gemeten. Door de transducer tijdens de meting te laten draaien, ontstaat een diepte profiel.

De gebruikte profilers zijn speciaal voor het S.V.K.O. project ontwikkeld, waarbij de transducer over 2 loodrecht op elkaar staande assen kan draaien. Ten behoeve van het S.V.K.O. project zijn in totaal 10 van deze speciale profilers gebouwd.



Specificaties:

Frequentie: 750 KHz
 Bundelbreedte: 0,67 deg. (-3db)
 Afstand: bereik: 3,5 - 50 meter
 nauwkeurigheid: 0,025 m
 Sweephoek: bereik: +90 deg. / -90 deg.
 stapgrootte: 0,25 deg. & 0,50 deg.
 nauwkeurigheid: 0,09 m/25 m
 Tilthoek: bereik: +90 deg. / -90 deg.
 stapgrootte: 0,25 deg. & 1,0 deg. & 2,0 deg.
 nauwkeurigheid: 0,09 m/25 m

15.2.4.3 Zanddetektiemeters

Hier is sprake van een van de belangrijkste nieuwe ontwikkelingen t.b.v. het S.V.K.O. projekt. Uit de hoogfrequente echoloodtechnieken van de medische wereld (0,5-1 MHz) is een echolood met een speciale verwerkingsunit ontwikkeld, die in staat is om elektronisch onderscheid te maken tussen de reflectie van zand en van een ander, onder zand liggend materiaal (bijv. filtermat, tegelmat). Uit beide reflecties wordt door het instrument de zandlaagdikte berekend en gepresenteerd. Dit gebeurt met een nauwkeurigheid van 0,005 m bij een zandlaagdikte van 0,01-0,10 m.

Een praktisch probleem wordt gevormd door de maximale meetafstand van 0,30 m, waardoor de (dure) sensors op een kwetsbare plaats vlak boven de bodem moeten zitten tijdens meten.

15.3 Samenvoeging meetsystemen

De uitkomsten van de individuele meetsystemen zijn nog niet de resultaten zoals deze gewenst zijn.

Om de diverse processen goed te sturen c.q. controleren is het nodig om over het gekombineerde resultaat van verschillende meetsystemen te beschikken.

Bovendien is men vaak nog geïnteresseerd in afgeleide resultaten.

Een voorbeeld:

De proces-operator, die tot taak heeft de kopbalk van de mat op de juiste plaats te leggen, is niet geïnteresseerd in de horizontale hoek van de Minilir, de vormbepaling van het ponton of de relatieve positie van de transponder op de kopbalk t.o.v. de hydrofoon, zoals de USB deze afgeeft.

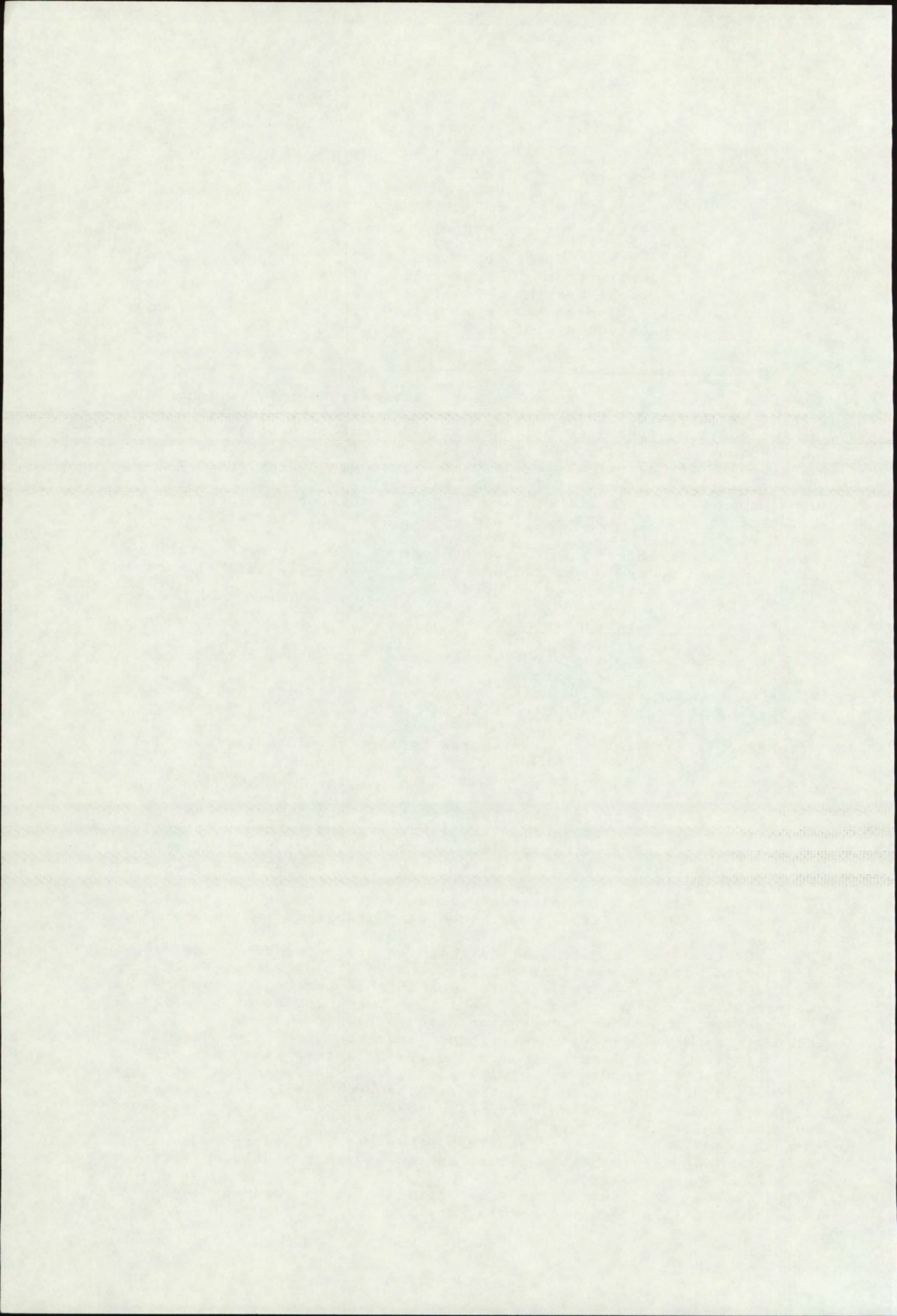
het enige dat hem interesseert, is de afwijking van de kopbalk ten opzichte van de plaats op de bodem waar de balk moet liggen.

Dit betekent, dat de vele meetinstrumenten moeten worden uitgelezen, dat berekeningen moeten worden uitgevoerd en dat gegevens moeten worden gekombineerd en vergeleken met vooraf ingevoerde gegevens. Het eindresultaat moet, met zo kort mogelijke tussenpozen, op overzichtelijke wijze aan de proces operators worden meegedeeld.

Voor dit samenstellen van de metingen is de komputer ingeschakeld. Bij het Macoma/DOS I systeem worden ca. 90 gegevens, samen met de ca. 90 gegevens van het ankersysteem en ca. 50 sensoren van het baggersysteem, ingelezen via analoog-digital-converters en preprocessors. Vervolgens worden alle ingelezen waarden gekonverteerd naar standaard-eenheden en getest op juistheid.

Daarna wordt een grote hoeveelheid berekeningen uitgevoerd waarvan de eind-uitkomsten nogmaals getest worden en vervolgens vergeleken met vooraf ingevoerde waarden.

Selekties van de zo verkregen (324) getallen worden daarna toegevoerd aan de verschillende uitvoermedia, zoals:



- video-processors, die de informatie in numerieke en/of grafische vorm presenteren op beeldschermen op de lessenaars van de proces operators.
- video-terminals, hiermee worden door de survey-operators de systemen gecontroleerd en bediend.
- plotters, printers, tape- en schijfunits.

Dit gehele proces wordt elke 3 seconden doorlopen, zodat de operators ook iedere 3 seconden over de nieuwste informatie beschikken. De niet te timen meetgegevens, de veelheid van uit te voeren taken en de complexiteit van het systeem veroorzaken echter wel, dat de informatie op het moment van presentatie 4,5 tot 6 seconden oud is.

Naast de hoofdkomputer loopt synchroon een back-up komputer mee, die bij storing in de hoofdkomputer diens taak onmiddellijk overneemt. Daarnaast worden enkele individuele taken uitgevoerd door aparte komputers. Voor deze doeleinden zijn een aantal meetinstrumenten met meerdere komputers tegelijk verbonden.

Een bijzonderheid van het Macoma/DOS I-systeem is nog, dat het meetsysteem gesplitst is over 2 schepen. Om de meetsystemen op de DOS I vanaf de Macoma te kunnen bedienen en de gegevens ervan ook daar in de komputer te kunnen inlezen, worden de daarvoor in aanmerking komende signalen via een aansluit-koppelkast doorverbonden, zodra de schepen gekoppeld zijn. Dit betekent het inpluggen en controleren van ca. 60 verbindingsstekers.

1850

1850

15.4 Bijzondere aspecten

Naast de hiervoor beschreven aspecten van het meten, hebben dergelijke complexe meetsystemen nog een aantal andere bijzondere kanten. Daarvan worden een aantal toegelicht, nl.

- Ontwikkeling van het systeem
- Nauwkeurigheden
- Kosten, tijd, personeel.

15.4.1 Ontwikkeling van het systeem

Problemen bij het ontwikkelen van dergelijke meetsystemen liggen niet alleen bij de keuze van meetinstrumenten en softwareontwikkeling, maar ook bij de, vaak tegenstrijdige wensen van de toekomstige gebruikers, die eigenlijk niet exakt weten wat ze over 1,5 jaar, de gemiddelde bouwtijd, precies nodig hebben.

Nadat met eerdere, kleinere, systemen al ervaring was opgedaan, is gekozen voor de volgende werkwijze.

Met de gebruikers wordt een programma van eisen opgesteld. Aan de hand hiervan wordt de apparatuurkeuze gedaan en een gedetailleerd meetverhaal (gebruikers specificatie) opgesteld.

Dit meetverhaal omvat, naast de apparatuur-omvang, tevens een eerste aanzet voor gewenste uitvoer, een nauwkeurighedsbeschouwing, een kostenschattting en een planning.

Na goedkeuring van dit meetverhaal door zowel de uitvoerings- als survey-organisatie wordt, met het meetverhaal als basis, het computersysteem, hard- en software, aanbesteed en worden de typische survey-instrumenten aangekocht.

Bij het aanbesteden van de bouw van het schip wordt de aannemer van het computersysteem als "aangewezen onderaannemer" opgevoerd. Daarmee wordt bereikt, dat kontraktueel het computersysteem deel van het schip uitmaakt, hetgeen de verantwoordelijkheid duidelijk vastlegt.

De werf is tevens leverancier voor de minder uitgesproken survey-instrumenten op het schip.

Vanaf dit moment is het computersysteem maatgevend voor de verdere ontwikkeling.

De bouwer van het computersysteem begint met het maken van de "funktionele specificatie" van het systeem, op basis van het meetverhaal.

De funktionele specificatie omvat een volledige beschrijving van wat de komputer ingaat, wat deze er mee doet, en wat er uit komt, dit alles in, ook voor leken, begrijpelijk Nederlands.

Deze funktionele specificatie wordt weer door de uitvoerings- en survey-organisatie goedgekeurd, waarna met de bouw begonnen kan worden.

De bouw omvat de fasen systeemontwikkeling, resulterend in de systeem specificatie, de programmering van de modules, de implementatie en daarna het aan elkaar koppelen van deze modules, de integratie.

Parallel aan deze werkzaamheden, heeft de bouwer, in overleg met de opdrachtgever, de testspecificaties omschreven voor de vier testfasen, te weten :

- gesimuleerde invoer-tests bij de bouwer
- gesimuleerde funktionele tests bij de bouwer
- invoertests na het installeren van het systeem aan boord van het schip.
- funktionele tests van het systeem op het in werking zijnde schip, dit is de opleveringstest.

Na het akkoord bevinden van de testspecificaties door de opdrachtgever en het voltooien van de implementatie en integratie worden de inhouse-testen uitgevoerd.

Daarna wordt het gehele systeem aan boord geïnstalleerd, en de invoer-tests met de echte systemen uitgevoerd. Tenslotte wordt de funktionele

1784

1785

1786

1787

1788

1789

1790

1791

werking tijdens de proefvaart uitgetest.

Omdat er inmiddels, 1,5 jaar na het meetverhaal, niet te voorkomen veranderingen van inzichten zijn gekomen en bovendien een aantal zaken in de praktijk toch anders ervaren worden dan men voorheen op papier dacht, blijken wijzigingen noodzakelijk. Deze worden uitgevoerd en het systeem kan dan pas volledig operationeel genoemd worden.

De gevolgde werkwijze lijkt omslachtig, maar dient voor systemen van deze omvang als noodzakelijk beschouwd te worden, wil men niet de draad van het projekt kwijtraken, of later met een pakket software zitten, waar men niet meer aan kan wijzigen of repareren, als de oorspronkelijke bouwers al lang uit het zicht zijn.

Het totale pakket software dokumentatie bevat :

- de functionele specificatie + wijzigingen
- de systeem specificatie
- de programma-listings
- de test specificaties
- het operator handboek.

Alles tesamen een ca. 60 cm hoge stapel komputeruitdraaien.

15.4.2 Nauwkeurigheden

Bij samengestelde metingen is het aangeven van de meetfouten in het eindresultaat niet eenvoudig.

Men dient een goed overzicht te hebben over de fouten van de diverse meetsystemen met de opsplitsing ervan in systematische en toevallige fouten. Bovendien hangt het aandeel van een bepaalde fout in het eindresultaat sterk af van zijn functie in de meting.

Om toch een betrouwbare afschatting van de meetfouten te kunnen maken, zijn proefondervindelijk de systematische en toevallige fouten van de individuele meetinstrumenten vastgesteld.

Vervolgens is het wiskundig model van de metingen met de voortplantingswet van de standaardafwijkingen verwerkt tot toevallige meetfouten van de eindresultaten, terwijl tevens van de diverse tussenstappen de nauwkeurigheden zijn bepaald. Het residu systematische fout na kalibratie wordt geschat en op dezelfde wijze verwerkt.

De zo berekende meetfouten in het eindresultaat staan wel leuk op papier, maar zullen ook moeten worden waargemaakt.

De hierbij gebruikte methoden zijn :

- simulatie van berekeningen, om fouten hierin op te sporen.
- goed onderhouden en controleren van alle meetapparatuur, om de opgegeven standaard afwijkingen te handhaven.
- regelmatig en nauwkeurig kalibreren van de meetapparatuur, teneinde de systematische fouten zo klein mogelijk te houden.
Hieraan wordt zeer veel aandacht besteed. Vaak leidt dit tot grote en/of dure konstrukties aan de schepen, als het bijvoorbeeld om kalibreren van onderwater apparatuur gaat.
Het feit dat de schepen vaak stil moeten voor kalibraties, vooral tijdens rustig weer, geeft wel eens problemen met de produktie, maar om kwaliteit te kunnen blijven garanderen is het toch noodzakelijk dit produktieverlies te accepteren.
- op kruciale punten interne controles inbouwen, waardoor het meetsysteem verschillende metingen onderling kan controleren en de operator van het resultaat op de hoogte houden.
- werken via uitgebreide draaiboeken en met check lists, waardoor voorkomen wordt dat belangrijke handelingen c.q. controles vergeten worden.

15.4.3 Kosten, tijd, personeel

180
181
182

183
184

Om tot slot nog een idee te geven over de financiële en personele kant van een dergelijk meetsysteem volgen hier enige cijfers, betrokken op het Macoma/DOS I meetsysteem, een systeem van gemiddelde grootte.

15.4.3.1 Kosten

De hardwarekosten van het survey systeem zijn het eenvoudigst op te delen in de volgende groepen. (Scheepssystemen zoals anker- en bagger-systemen zijn hierin niet begrepen evenals bekabeling op het schip.)

* Hardware aan boord (hoofdsysteem)			
komputers + randapparatuur		f1.	950.000,--
survey sensoren		f1.	1.580.000,--
hulpkonstrukties		f1.	730.000,--
	Totaal	f1.	3.620.000,--
* Software (hoofdsysteem)			
1e versie		f1.	810.000,--
wijzigingen		f1.	280.000,--
	Totaal	f1.	1.090.000,--
* Tegematkontrolemeting			
hardware (komputer + sensoren)		f1.	290.000,--
software		f1.	70.000,--
	Totaal	f1.	360.000,--
* Procesregistratie DOS I			
hardware		f1.	90.000,--
software		f1.	10.000,--
	Totaal	f1.	100.000,--
* Walsysteem (tevens voor Ostrea)			
minilirs + afstandmeters		f1.	1.650.000,--
telemetrie + tachymeter		f1.	250.000,--
meetkabinen, aggregaten, montageframes etc.		f1.	120.000,--
	Totaal	f1.	2.020.000,--
	aandeel tegelmatten 50%	f1.	1.010.000,--

Met de totale aanschaf van het Macoma/DOS I survey systeem is dus een bedrag van ca. f1. 5.810.000,-- gemoeid geweest.

15.4.3.2 Tijd

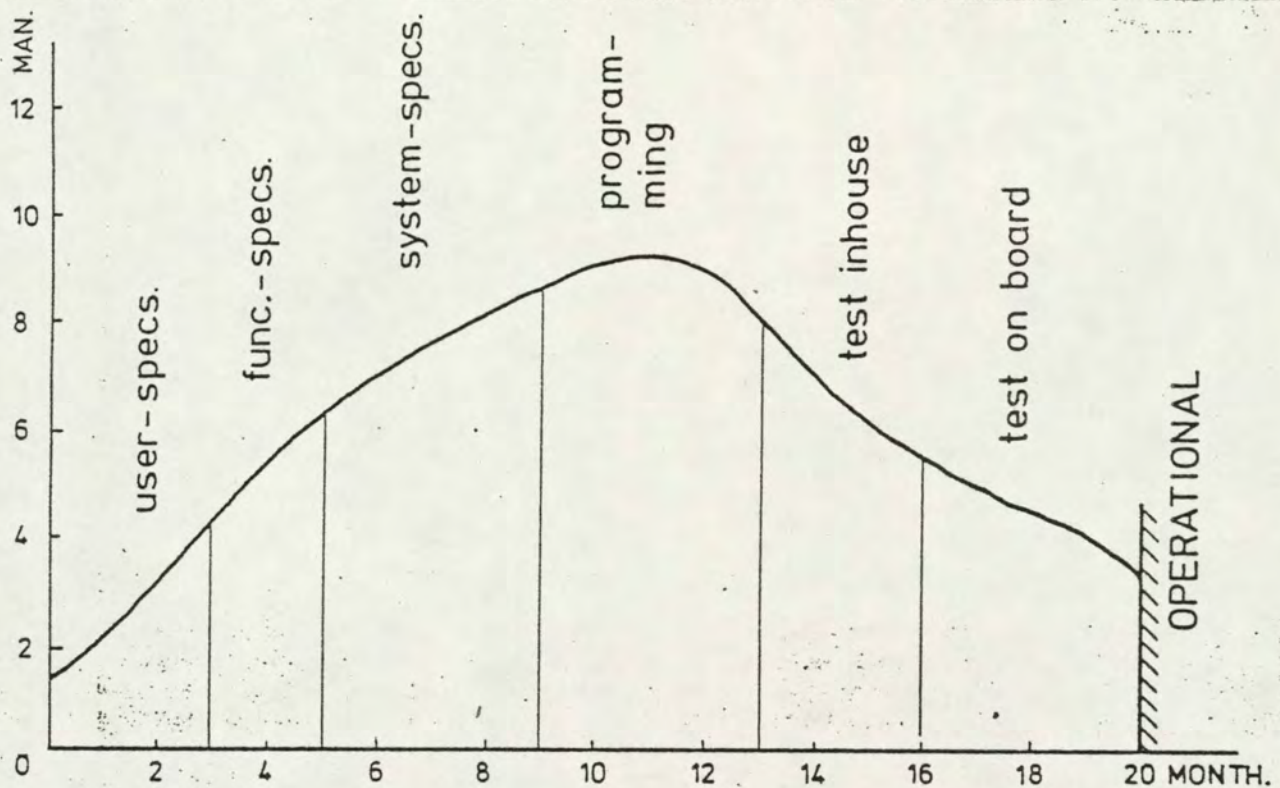
De tijd die verlopen is tussen begin ontwikkeling en volledig operationeel zijn van het hoofdsysteem was 20 maanden (excl. wijzigingen).

Deze zijn globaal als volgt te verdelen: (zie ook figuur 15.1)

- Eisenpakket en meetverhaal	3 maanden
- Funktionele specificatie	2 maanden
- Systeem ontwerp	4 maanden
- Programmeren	4 maanden
- Testen inhouse	3 maanden
- Testen aan boord (tevens inwerken)	4 maanden

De tegematkontrolemeting is later aangebracht terwijl het schip operationeel was. De bouwtijd hiervoor heeft, alles inbegrepen, 5 maanden bedragen.

1961 01 1991



-MANPOWER-

FIGUUR 15.1

15.4.3.3 Personeel

Ook hier gaat de regel op, dat automatisering niet personeelsbesparend hoeft te werken. Om het totale survey systeem van de Macoma/DOS I in een twee ploegdienst operationeel te houden is het volgende survey-personeel nodig :

Ran boord : - 2 leidinggevende funktionarissen op ervaren HTS-niveau.
- 4 operators op MTS-HTS-niveau.

In de meetkabine : 4 operators op LTS-niveau.

Ten behoeve van de vele externe kontakten, het organiseren etc. is nog 50% tijd van een koordinator aan de al nodig en geregelde assistentie van algemene survey-diensten.

15.5 Organisatie

Het meetgebeuren rond de bouw van de SVKO is zowel qua technieken als omvang nogal verschillend van wat in de (natte) waterbouw gebruikelijk is.

Om het grote aantal omvangrijke meetprojekten operationeel te maken en te gebruiken is in de loop der jaren een meetorganisatie ontstaan, bestaande uit ca. 60 man van de opdrachtgever en ca. 90 man van de aannemer, die in een bijzonder samenwerkingsverband, niet tegenover elkaar maar met elkaar, alle meetaspecten behandelen.

De gang van zaken rond de meetprojekten is globaal in 2 fasen te

-SAMENVATTING-

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF CHEMISTRY
530 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607

RECEIVED
MAY 15 1964
FROM
DR. J. H. GOLDSTEIN

TO
DR. J. H. GOLDSTEIN
530 SOUTH EAST ASIAN AVENUE
CHICAGO, ILLINOIS 60607

splitsen :

- Ontwikkeingsfase.

Hierin wordt het meetsysteem ontworpen, gebouwd of samengesteld en uitgetest. In deze fase wordt het werk door opdrachtgever en aannemer samen gedaan.

- Operationele fase.

De aannemer voert nu het meetwerk uit, terwijl de opdrachtgever, met hetzelfde meetsysteem, het meetwerk controleert.

Overkoepelend over het gehele meetgebeuren is de Stafgroep Survey, welke alle meetwerkzaamheden coördineert tijdens de ontwikkelingsfasen. Voor de operationele fase is er een regie-overeenkomst tussen opdrachtgever en aannemer, in de vorm van een deelkontraakt binnen de raamovereenkomst, waarin alle kontraktuele en financiële aspecten van het meetgebeuren zijn geregeld.

Ondanks al het voorgaande dient men zich toch te realiseren dat ook bij de bouw van de SVKO er niet gemeten wordt om het meten, maar ten behoeve van de eigenlijke bouwprocessen.

Binnen de hele organisatie is de Meetdienst dan ook een dienstverlenende instantie en poogt vanuit die positie zoveel mogelijk service te verlenen en daarmee bij te dragen aan het streven de Stormvloedkering zo goed mogelijk, zo goedkoop mogelijk en zo snel mogelijk gereed te krijgen.

