

Automatische peiling en dataverwerking in de haven van Antwerpen

ir. W. CRETEN en ir. L. BRESSELEERS
Technische Dienst Havenbedrijf Stad Antwerpen
(Hoofdingenieur-Direkteur ir. G. Thues)

1. INLEIDING

Begin september 1980 nam de Technische Dienst van het Havenbedrijf der Stad Antwerpen een nieuw volledig uitgerust opmetingsvaartuig in dienst om te kunnen voldoen aan de vraag van nauwkeuriger en meer frekwent opgenomen peilingen en peilingsplannen. De meer dan 19.000 jaarlijks binnenkomende zeeschepen, met als maximale diepgang ca. 48 voet, die over een dokkencomplex met een wateroppervlakte van 1421 ha hun weg zoeken naar hun aanlegkade, eisen een vlotte en veilige doorgang.

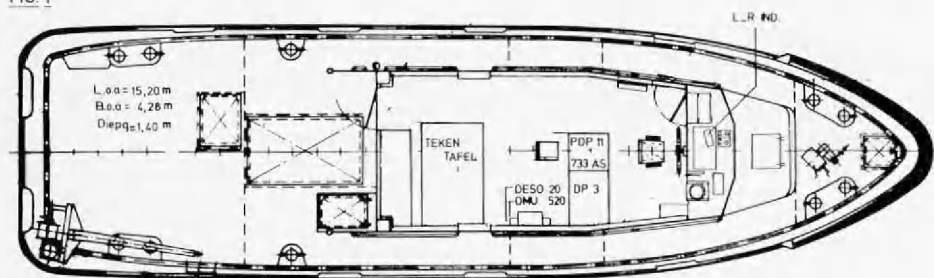
Voor de toegangsgeulen naar de sluizen (aan de Scheldekant) en de zwaaikommen achter de sluizen (dokkant) hebben last van aanslibbing die gecontroleerd moet worden om efficiënt baggeren en dus ongehinderd verkeer toe te laten. De soms dringende vragen van de havengebruikers om steeds dieper liggende schepen naar verschillende kaaien te mogen brengen nopen tot gedetailleerde peilingen aan deze ligplaatsen, binnen de kortste tijdsspanne.

Voorheen werden de peilingen uitgevoerd met een klein omgebouwd schip, uitgerust met een Deso 10 Atlas Echo sounder en een Doppler log afstandsmetsysteem. Het schip was niet erg stabiel en de afstandsmeteenheid was slechts ééndimensioneel, zodat steeds op visuele bakens op de wal moest gevaren worden, om de richting van het schip vast te leggen. Verschillende tekenaars waren belast met het arbeidsintensieve optekenen, verifiëren en overnemen van dieptewaarden, deze te combineren met positiecoördinaten die uiteindelijk voor betwisting vatbaar waren.

FOTO 1



FIG. 1



De bouw van een nieuw volledig uitgerust schip en het gebruik van gesofisticeerde elektronische apparatuur drong zich op. De gestelde eisen kunnen als volgt kort samengevat worden :

1. Voor de scheepsapparatuur.

- Een volledig geautomatiseerd computergestuurd systeem eenvoudig bedienbaar door niet computerspecialisten met gedeeltelijke verwerking der gegevens aan boord.
- Gebruik van beproefde programma's in een volledig gekoppeld systeem (die o.a. foutieve metingen niet opnemen !).
- Bedrijfszeker plaatsbepalingssysteem zelfs in de meest ongunstige omstandigheden (tanks, fabrieken, kranen, scheepswanden) met een nauwkeurigheid beter dan ± 2 meter.

2. Voor de walcomputer.

- Een computer en plot systeem dat uitsluitend dient voor de berekening van dieptelijnen, het uittekenen van peilingsplannen, het berekenen van volumes.
- De mogelijkheid de contourlijnen der kades met de bolders, steigers, aanduiding van gebouwen e.d. op de plannen aan te brengen.
- Een goede interfacing tussen schip en walsysteem.

Een marktprospectie werd uitgevoerd waaruit vrij vlug de breekpunten naar voren kwamen die opgelost moesten worden. Vooreerst stelde iedereen (Europese havens) zich tevreden met het produceren van dieptecijferkaarten, waarin door een tekenaar desgevallend dieptelijnen werden getekend.

De eisen, door de gebruiksomstandigheden in de dokken aan het plaatsbepalingssysteem opgelegd, waren zwaar en niet te vergelijken met deze op de Schelde of de zee. De interfacing tussen schip en walcomputersysteem zouden we zelf moeten oplossen. En last but not least, de soms enorme prijsverschillen (factor 2 tot 3) tussen de beschikbare partiële systemen dienden bekeken te worden in verhouding tot de bereikte resultaten.

De vraag wat de fysische kenmerken zijn van de sliblaag (lagen) waarop de echo reflecteert werd bewust terzijde geschoven. Tot op heden is hier geen antwoord op en behelpt iedereen zich met een eigen, meestal niet continu, meetsysteem (slibbemonstering door meetbuis, back-scattering methode, sub-bottom profiler e.d.), om enig inzicht te verkrijgen in de plaatselijke en meestal typische aanslibbingen.

In het verder verloop van het artikel wordt dieper ingegaan op het uiteinde-

lijk verkozen systeem waarvan de kostprijs, BTW inclusief bedraagt (prijzen 1979-1980):

- Voor het schip: ca. 12 miljoen Bfr.
- Voor de meetapparatuur: ca. 6 miljoen Bfr.
- Voor het walcomputercentrum: ca. 4,2 miljoen Bfr.

De voorziene uitbreidingen vermeld onder punt 5 zijn niet inbegrepen.

2. HET SCHIP

Is een specifiek opmetingsvaartuig en heeft daartoe een ruime stuurhut voor de opstelling van de meetapparatuur en een ruim achterdek, wat o.a. slibbemonstering toelaat. (fig. 1 en foto 1).

De lengte over alles 15,2 m, breedte over alles 4,28 m, diepgang 1,4 m. Niettegenstaande de wendbaarheid bij het peilen van zeer groot belang is, werd omwille van de technische eenvoud en kostprijs de voorkeur gegeven aan één enkele schroefaanrijving met hydraulisch krachtige besturing (pomp aangedreven door de hoofdmotor). Er is gebleken dat de wendbaarheid in de praktijk goed is, doch dat een elektrisch-hydraulische stuurinstallatie de nauwkeurigheid van het varen kan verhogen.

De hoofdmotor is een SCANIA D11 203 PK DIN bij 2.300 t/min. Twee dieselaggregaten van 10 kVA leveren de nodige gestabiliseerde stroom, met een gescheiden circuit voor de meetapparatuur. In het voororder is accommodatie voor de bemanning bestaande uit 3 à 4 personen, voorzien.



FOTO 2

3. APPARATUUR

Fig. 2 en foto 2 geven het systeemoverzicht. De gegevens van plaats en diepte worden door de computer verwerkt en opgeslagen op de cassettes van de data-terminal ofwel uitgeprint ofwel uitgetekend.

De links-rechts indikator duidt de positie van het schip aan t.o.v. de te varen lijn, ten behoeve van de stuurman.

3.1. De plaatsbepaling

Het opgestelde RACAL-DECCA TRISPONDER systeem steunt op het principe van de nagenoeg constante voortplantingssnelheid van de X-band golven (9,4

GHz) in de atmosfeer. Het mobiele zend-ontvangsttoestel, « Master » genoemd, zendt gecodeerde pulsen uit (9,325 GHz) naar de zender-ontvangers opgesteld aan de wal, « Remotes » genoemd. Een remote zal slechts antwoorden — op een andere frekwentie (9,48 GHz) — als hij zijn eigen code ontvangt. Master en remote (foto 3) moeten t.o.v. mekaar steeds zichtbaar zijn (line of sight). Fig. 3 geeft het blokschema weer van de remote en de master, die dezelfde onderdelen bevatten. Fig. 4 geeft het principe van de afstandsmeting. De digitale microprocessor gestuurde afstandsmeeteenheid (DMU) stuurt de master en zorgt voor de berekening van de afstanden door de valabele gegevens te verwerken. De 60 MHz oscillator die de looptijd van de golven meet, zou de resolutie beperken tot 2,5 m (dubbele weg looptijd) indien er geen statistische verwerking zou zijn. Dit programma slaat 32 goed bevonden waarden op in het geheugen, elimineert de waarden met een te grote standaardafwijking en maakt een geponderd gemiddelde, waardoor de resolutie 0,1 m wordt. De nauwkeurigheid van de afstandsmeting is nu ± 1 m.

De computer voert de positiebepaling uit door trilateratie. De nauwkeurigheid van de positiebepaling hangt af van de hoek waaronder de twee gemeten afstanden zich snijden. Bij een hoek van 90° bedraagt deze $\pm 1,4$ m.

De opstelling en het gebruik van drie remotes en drie afstanden laat toe de plaatscoördinaten nauwkeuriger te berekenen en de nadelen van het uitvallen van een remote te vermijden. Er bestaat namelijk een relatie tussen de ingeschreven cirkel en de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling. Het algoritme hiervoor dient nog ontwikkeld te worden in een verdere fase.

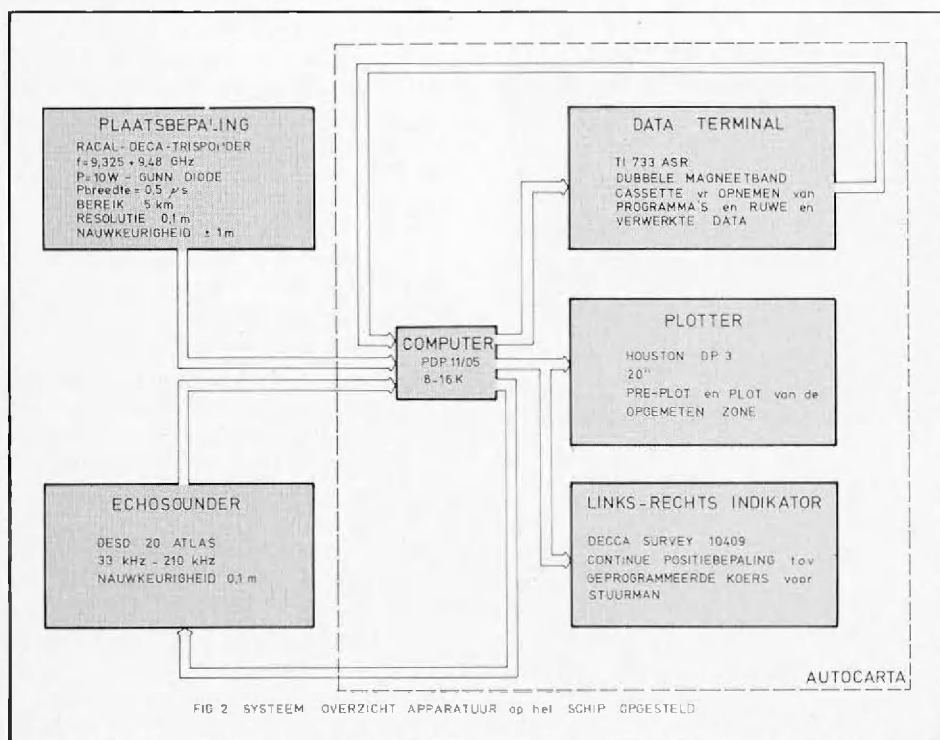


FIG 2. SYSTEEM OVERZICHT APPARATUUR op het SCHIP OPGESTELD

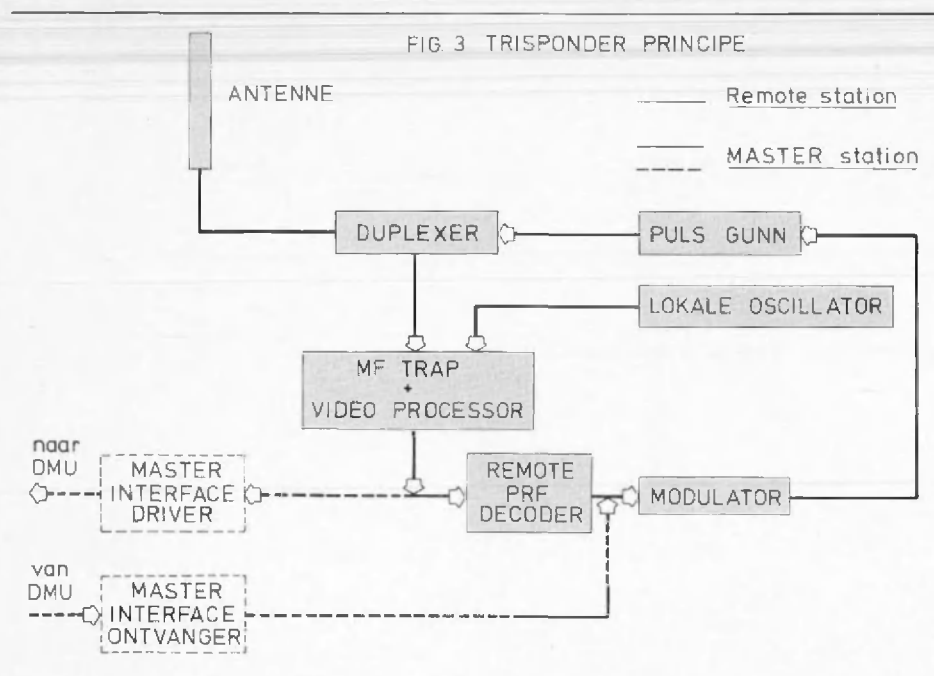


FOTO 3

Enkele specifieke technieken maken trisponder bruikbaar in smalle vaarroutes met bebouwing en stalen constructies aan de wal, die aanleiding geven tot reflecties en zo foutieve metingen kunnen introduceren.

Deze technieken bestaan uit :

1. Het aanbrengen van een « snelheidsvenster ». Dit venster wordt berekend uit de laatste goede meting en aangebracht rond de verwachte ontvangsttijdzone van de volgende puls, waardoor de reflecties die buiten dit venster vallen geëlimineerd worden. Zie fig. 5.
2. Een gesynchroniseerde pulsamplitudecontrole die de reflectie verwerpt die uiteraard een aantal dB zwakker is dan het rechtstreeks signaal.
3. Een automatische fasecompensatie die met twee antennes werkt en na vergelijking der berekende waarden de grootste waarde (dus van de reflectie) verwerpt.

De computer schrijft per seconde één positiebepaling op cassette (instelbaar van 1 meting op 10 sec tot 10 metingen per sec). De keuze is afhankelijk van de peilsnelheid van het schip en verhindert dat te veel data opgenomen wordt.

3.2. Het AUTOCARTA systeem.

Een verregaande automatisatie zorgt voor de verwerking van de data van plaats en diepte, zodat de opnametijden drastisch beperkt worden. Daar de operationele programma's alle van het conversationale type zijn is de belasting voor de operator en de kans op fouten minimaal. De definitieve peilingsplannen worden met de walcomputer getekend.

De programma's bestaan uit :

1. Plotterkaart voorbereiding. Omvat het vastleggen van het vaarplan, de begin- en eindpunten van de te varen lijnen (raaien), de kaartbegrenzing, de oriëntatie van het vaarplan op de plotter.
2. Het opnameprogramma. Omvat de omrekening van de posities naar Lambert coördinaten en het vastleggen van de diepte (10 maal per sec). Per seconde ontvangt de links-rechts indicator een nieuwe waarden ten behoeve van de stuurman. Elke minuut heeft er een kwaliteitscontrole plaats en worden tijd, twee afstanden, omgerekende coördinaten (met raainummer) en diepte uitgeprint. Interessant is dat de schaal van de te tekenen kaart onafhankelijk is van de hoeveelheid opgeslagen gegevens. Dit kan door een segment van gegevens van plaatsen en diepten te kiezen en daaruit de minste diepte of gemiddelde diepte per segment te berekenen, in functie van de schaal van de kaart.
3. Het verwerkingsprogramma. Tekent de posities en de diepten uit op de plotter en kan dwarsprofielen tekenen en volumeberekeningen uitvoeren. De definitieve peilingsplannen worden echter in een meer gestructureerde vorm uitgetekend, met de computer in het walstation.

3.3. De Echounder

Heeft de klassieke twee frequenties — 30 khz en 200 khz — transducers en geeft een grafische voorstelling van de opgenomen diepten die gesynchroniseerd wordt met het Autocarta systeem.

De BCD uitgang levert de dieptegegevens aan het Autocarta systeem. De interpretatie van de gemeten diepten is steeds noodzakelijk. Storingen door luchtballen of voorwerpen onder water (vb. plastic zakken) kunnen foutieve resultaten geven. Bovendien is de vraag welke sliblaag of lagen aanleiding geven tot een « diepte echo » nog steeds een voorwerp van uitgebreid onderzoek. Alleen een slibmonstering en een ervaringrijke kennis van de gepeilde zones laat toe een gefundeerd oordeel te vellen.

3.4. De opmetingsresultaten

Na de inlooperperiode en de opleiding van de bemanning die ca. zes maanden bedroeg, kan per dag gemiddeld ca. 1 km² gepeild worden. De best bevonden vaarsnelheid i.v.m. wendbaarheid van het schip en nauwkeurigheid van de metingen bedraagt ca. 10 à 12 km/uur. De opnamecapaciteit van het schip wordt beperkt door een aantal situaties die in de haven niet te vermijden zijn zoals kruisende zeeschepen die de « line of sight » doorbreken, uitwijkmanoeuvres, zeeschepen of lichters die afmeren voor remotes e.d. Het gebruik van een pneumatische mast van 12 meter hoogte voor opstelling van de remotes vermindert deze moeilijkheden.

Onnauwkeurigheden van de coördinatenrasters van bestaande plannen komen tot uiting bij het aaneenlassen van verschillende peilingen en noodzaken tot correcties van de ingegeven coördinaten.

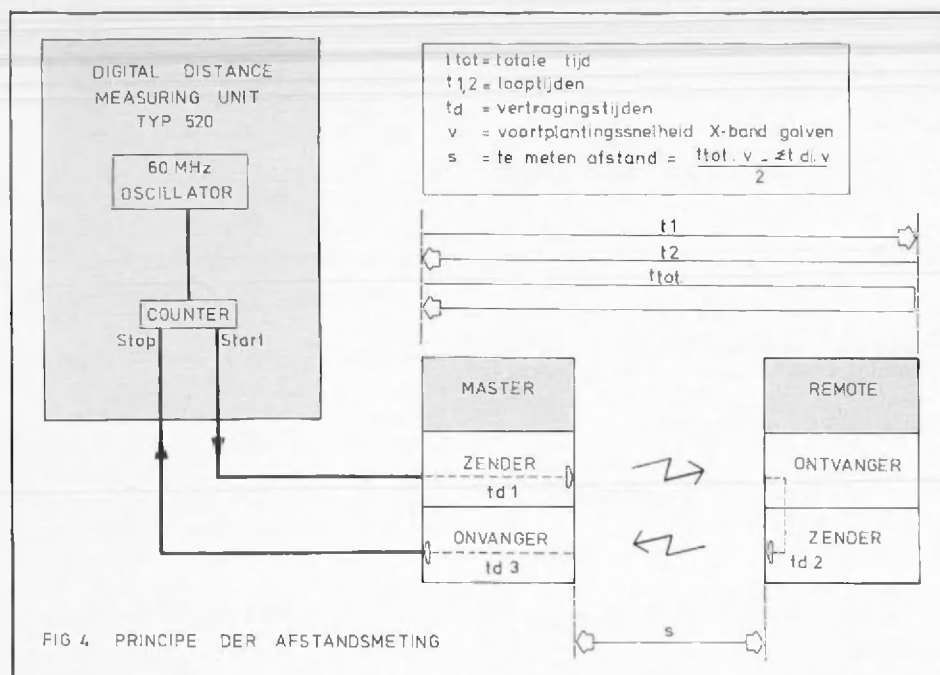
Een groot voordeel van dit systeem is de ijking die slechts éénmaal per zes maanden dient te geschieden, dit in tegenstelling tot andere systemen waar aan elke meting een ijking moet voorafgegaan.

FIG. 6

+ PEILPLAN VAN DE ZWAAIKOM ZANDVLIETSLUIS

(ter verduidelijking is hier de vaargeul in de Zwaaiakom aangegeven door een grijze kleur (origineel tekent de plotter dit plan in 3-kleuren))





4. DE VERWERKING VAN DE PEILINGSGEGEVENS

De apparatuur aan boord van het schip is niet krachtig en snel genoeg om de berekeningen van de dieptelijnen en het uittekenen ervan uit te voeren. Het drukke gebruik van het schip voor de opmetingen zelf laat er ook geen tijd voor over. Het uittekenen geschiedt dus in het walcomputercentrum dat bestaat uit de volgende elementen.

4.1. Opgestelde informatieverwerkende apparatuur

- CYBER 18 computer (Control Data) met 64 KB geheugen.
- CARTRIDGE DISK DRIVE 1866-14 (Control Data) met 8.8 MB.
- SILENT 700SR cassettelezer, als interfacing schip - wal.
- CALCOMP 1039 automatische teken-tafel.

4.2. Systeem programmatuur en applicatie programmatuur

- Besturingssysteem MSOS 5, utilitaire programma's en vertalers van CDC.
- I/O backup - recovery.
- Calcomp tekenprogrammatuur.
- Interpolatie van langs- en dwarsdoorsneden.
- Kontourlijn interpolatie.
- DTM plot, dwars- en langsdoorsnede plot, volumeberekeningen.

4.3. Inputgegevens

Deze bestaan uit de op cassette vastgelegde tijd, de positie in Lambert coördinaten, de diepte en een volgnummer van het gevaren traject. Omgevingsinformatie betreffende bolders op de kaaien, kra-

nen, kaainummer, steigers, taluds, voor de gehele haven is opgeslagen op een schijfgeheugen.

4.4. Het uittekenen van de peilingsplannen

Vooraleer de dieptelijnen uit te tekenen voert men een correctie uit voor de schommelingen van het dokwaterpeil met als referentieniveau TAW (tweede algemene waterpassing). De opgemeten Lambertcoördinaten zijn via een translatie en een rotatie omgerekend naar een intern coördinatenstelsel, met de oorsprong op de rand van het gepeilde gebied, dit om de opslagplaats der gegevens te beperken en de berekeningen te vereenvoudigen. De plannen worden dan uitgetekend na het invoeren van de parameters die het formaat en de presentatie bepalen.

De vaargeulen en ondiepten springen in het oog door het gebruik van drie kleu-

ren die elk een bepaalde dieptezone bestrijken, al naargelang de diepteëisen die aan die bepaalde zone gesteld zijn (Fig. 6).

Een tweede soort peiling is de detailpeiling die de diepten aangeeft vlakbij de kaaimuur (dichter dan ca. 40 meter) en die van belang is voor het afmeren van diepliggende schepen. De dieptecijfers worden voor deze zone ook op het peilingsplan gedrukt. Er ontstaat dus een combinatie van dieptelijnen voor vaargeul en grote wateroppervlakten en een gedetailleerde cijferkaart aan de kades.

4.5. Langs- en dwarsprofielen en volumeberekeningen

De berekening van de te baggeren specie geschiedt langs vrij gekozen profielen met een vrij te bepalen baggerbreedte.

5. DE PRODUCTIVITEIT

Zoals reeds gezegd kan ca. 1 km²/dag opgemeten worden met het schip. Een grotere capaciteit is mogelijk indien de opstelling van de bakens niet door de bemanning van het schip zou geschieden, of door het plaatsen van meer bakens. Het volume van de op te slagen gegevens is groot in verhouding tot de schijfgeheugencapaciteit en het aaneenlassen van de verschillende gepeilde zones vraagt tijd. Het vermenigvuldigen van de peilingsplannen in het gewenste aantal exemplaren gebeurt daarom buiten de diensturen d.m.v. een floppy disk die de plotter stuurt. De uitbreiding van de opslagcapaciteit d.m.v. een tweede schijf-eenheid dringt zich op. Een digitaliseertafel die toelaat de veranderingen of uitbreidingen aan kades, steigers e.d. direkt in te geven in het bestand kan het actualiseren van de toestand vergemakkelijken. Toevoeging van informatie over het dichtheidsverloop in de sliblagen, resultaten van slibbemonstering, op de peilingsplannen wordt in het vooruitzicht gesteld.

