

P. L. WALRAVEN

Burgermaatschappij profiteert mee van resultaten defensie-onderzoek

Defensie-onderzoek kan wel eens uitkomsten opleveren die ook in de burgermaatschappij bruikbaar zijn. De kennis die uit militaire overwegingen is vergaard, kan soms ook civiel worden toegepast. Dit verschijnsel wordt de 'spin-off van defensie-onderzoek' genoemd. Het inzicht in explosies bijvoorbeeld dat militaire onderzoekers hebben kan worden benut om de explosieveiligheid in bepaalde bedrijfstakken te verbeteren.

P. L. Walraven is directeur van een van de instituten van de Hoofdgroep Defensie-Onderzoek TNO (HDO-TNO). Hij beschrijft drie voorbeelden van 'spin-off' van defensie-onderzoek uit drie verschillende instituten. Aan de orde komen achtereenvolgens: stofexplosies in onder meer de zuivelindustrie, het waarnemen op afstand uit vliegtuig of satelliet ('remote sensing') en het ontwerpen van bruggen voor koopvaardij schepen.

Het defensie-onderzoek is een hulpmiddel om het beleid en het bereiken van de doeleinden van de krijgsmacht te ondersteunen. Deze formulering sluit aan bij wat de Britse eerste minister, mevrouw Margaret Thatcher, in 1979 schreef in het blad 'Nature': 'Door de overheid gesubsidieerd toegepast onderzoek is geen doel op zich, maar een middel om het beleid van de overheid en de doelstellingen van de overheid te verwezenlijken'.

In het 'Beleidskader TNO 1979' wordt (nog eens) gesteld dat alle activiteiten van TNO gericht dienen te zijn op het beschikbaar stellen van in de samenleving toepasbare resultaten. In de loop der jaren is binnen het defensie-onderzoek een brede reeks van deskundigheden opgebouwd. Door de krijgsmacht wordt deze kennis en kunde niet gemonopoliseerd. Gegeven de formulering in het 'Beleidskader TNO 1979' volgt hieruit dat het defensie-onderzoek binnen TNO kennis en activiteiten ook aan de samenleving buiten de krijgsmacht ter beschikking kan stellen.

Het defensie-onderzoek heeft daarmee een 'spin-off' in de civiele samenleving gekregen. Het lijkt niet juist een dorre opsomming te geven van alle soorten defensie-onderzoek die in de loop der tijd op een of andere manier aan de civiele samenleving ten goede zijn gekomen. In dit artikel zal het onderwerp 'spin-off van defensie-onderzoek' worden geïllustreerd met drie voorbeelden uit het werk van

verschillende sectoren van de Hoofdgroep Defensie-Onderzoek TNO (HDO-TNO).

Achtereenvolgens komen aan de orde:

- explosieveiligheid
- 'remote sensing' (het waarnemen op afstand uit vliegtuig of satelliet)
- het ontwerpen van bruggen voor koopvaardij schepen.

Intensief bezig met explosieveiligheid

Het ligt voor de hand dat niet alleen het te weegbrengen van explosies, maar ook het beheersen van explosief materiaal altijd de grote interesse heeft gehad van de krijgsmacht.

Na de Tweede Wereldoorlog is de schaal van industriële activiteiten, vooral in de procesindustrie, zeer snel gegroeid. Daar veiligheid een van de meest fundamentele behoeften is van de mens, heeft de industrie in Nederland zich veel moeite getroost om de bedrijven zo veilig mogelijk te maken. En de gezamenlijke inspanning van industrie en overheid op dit gebied heeft ertoe geleid dat de industriële veiligheid aanzienlijk is toegenomen. Het stofexplosie-onderzoek dat door het Prins Maurits Laboratorium TNO (PML-TNO), Instituut voor Chemische en Technologische Research te Rijswijk, in samenwerking met het Instituut voor Graan, Meel en Brood TNO (IGMB-TNO) te Wageningen, werd en wordt uitgevoerd is daartoe een bijdrage geweest.



P. L. Walraven behaalde in 1953 het diploma van natuurkundig ingenieur aan de Technische Hogeschool in Delft. Hij promoveerde in 1962 aan de Rijks Universiteit in Utrecht op een proefschrift getiteld 'On the mechanisms of colour vision'. Vanaf 1953 is hij werkzaam bij het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (IZF-TNO). Sinds 1966 aan de Rijks Universiteit in Utrecht. Vanaf 1975 bekleedt hij tevens het voorzitterschap van de Werkgroep Nieuwe Research-activiteiten TNO.

Het Prins Maurits Laboratorium TNO is geschikt voor het explosie-onderzoek over faciliteiten die typisch bij een instituut voor defensie-onderzoek behoren. Deze faciliteiten worden benut bij het onderzoek dat hieronder het kort wordt weergegeven.

Explosieve melkpoeder

Een stofexplosie is een snel voortschrijdend verbranding door een mengsel van fijnverdeelde brandbare vaste stoffen en een gas, met al lucht. Zo moet in de zuivelindustrie bij verwerking en opslag van bijvoorbeeld melkpoeder en weipoeder rekening worden gehouden met stofexplosies. Hetzelfde geldt voor zetmeelindustrie, de bloemindustrie en melkvoederindustrie.

Doel van het onderzoek was het vastleggen van enkele belangrijke explosie-eigenschappen van stoffen, zoals ze in de praktijk voorkomen in de bij het onderzoek betrokken bedrijfstakken. Hiertoe werden in zeven

drijven in totaal 26 stofmonsters genomen; in de meeste gevallen op vrij willekeurige plaatsen en momenten. De onderzochte stoffen kunnen als volgt worden gekarakteriseerd:

- bloemindustrie: enkele bloemsoorten en enkele stofmonsters afkomstig van de afzuiging van reinigingsmachines;
- mengvoederindustrie: stofmonsters van grondstoffen, van een mengsel en enkele premixen (halffabrikaten) die voornamelijk uit filters of cyclonen werden genomen;
- overslagbedrijf: diverse monsters uit stof-filters en van het cellendek (de ruimte boven de silo's);
- zetmeelindustrie: diverse monsters van aardappelzetmeelderivaten;
- zuivelindustrie: diverse monsters magere melkpoeder en weipoeder.

Van alle monsters werden de volgende explosie-eigenschappen bepaald:

Het maximale effect, gekarakteriseerd door de maximale drukstijgsnelheid en de maximale overdruk die tijdens de explosie worden bereikt.

De minimale ontstekingsenergie; dat is de laagste energie die in een stofluchtmengsel een explosie veroorzaakt.

Van een aantal monsters is ook de glimtemperatuur bepaald. Dit is de laagste temperatuur waarbij liggend stof tot gloeien (glimmen) komt. Zo'n gloeiverschijnsel kan een ontstekingsbron voor een stofexplosie betekenen.

De explosieproeven

De proeven werden uitgevoerd in een 1 m³-explosie-apparaat en een zogenaamd Hartmannapparaat. Dit is een buisvormig stofexplosie-apparaat met een volume van 1,2 liter. De te onderzoeken stof werd vanuit het voordrukvat via een sproeiring in de explosieruimte verstoven. Het stof-luchtmengsel vulde de explosieruimte en een zekere tijd na het begin van de verstuiving (vertraagtijd) werd het door middel van een pyrotechnische ontsteker (vergelijkbaar met een stukje siervuurwerk dat wordt ontstoken) met een energie van 10 kJ ontstoken. Het druk-tijdverloop tijdens de explosie werd geregistreerd. Door de proeven te herhalen met verschillende stofconcentraties, kon men de maximale drukstijgsnelheid en de maximale explosiedruk bepalen. De maxima voor de drukstijgsnelheid en de explosiedruk treden niet altijd bij dezelfde stofconcentratie op.

Het Hartmannapparaat werd gebruikt voor de bepaling van de minimale ontstekingsenergie.

De glimtemperatuur werd bepaald volgens de norm VDE 0165/8.69(6).

Alle onderzochte stoffen bleken onder de toegepaste proefomstandigheden (niet gedroogd, niet gezeefd) met lucht explosieve mengsels te kunnen vormen. Tabel 1 geeft een indruk van de onderzochte eigenschappen en van de getalswaarden voor enkele van de onderzochte stoffen.

Methionine het meest explosief

Om de gevaarlijkheid van stoffen onderling te kunnen vergelijken is een klasse-indeling gemaakt op grond van de onder standaardcondities bepaald maximale drukstijgsnelheid.

Men hoeft geen deskundige te zijn om vast te kunnen stellen dat methionine duidelijk gevaarlijker is dan de andere stoffen. Het onderzochte monster had enerzijds een relatief lage minimumontstekingsenergie (0,14 J) en anderzijds de grootste maximale drukstijgsnelheid in het 1 m³-explosie-apparaat (370 bar/s). Daardoor moet deze stof worden ingedeeld in een hoge gevarenklasse. Een mogelijke verklaring voor het zeer explosieve gedrag van het onderzochte methioninemonster ligt in het extreem lage vochtgehalte in vergelijking met de overige onderzochte stoffen.

Vele stoffen kunnen exploderen

Het tot nu toe uitgevoerde onderzoek geeft zeker geen antwoord op alle vragen die er met betrekking tot stofexplosies zijn. Wel is duidelijk dat vele stoffen met lucht tot explosie kunnen worden gebracht. Het al of niet optreden van stofexplosies in de praktijk is dan ook afhankelijk van omstandigheden die men tot op zekere hoogte kan beïnvloeden. Vooral het regelmatig verwijderen van stof en het verwij-

deren van ontstekingsbronnen in ruimten waar hoge stofconcentraties aanwezig zijn behoort daar toe.

Wat is 'remote sensing'?

'Remote sensing' omvat 'het systematisch verzamelen van gegevens van objecten op of in de grond vanuit een vliegtuig of satelliet dat uitgerust is met verschillende instrumenten die werken met elektromagnetische straling van zichtbaar licht tot microgolven; en het interpreteren daarvan tot bruikbare informatie'. Aldus een definitie in de inleiding van het symposiumverslag van het symposium 'Luchtwaarneming' dat werd gehouden op 1 en 2 september 1977 in Delft onder auspiciën van de Nederlandse Vereniging voor Fotonica.

Waarnemen vanuit de lucht was in eerste instantie om voor de hand liggende redenen een voornamelijk militaire bezigheid. Onderzoek op dat gebied heeft dan ook lange tijd het stempel van defensie-onderzoek gehad. Dit werd nog versterkt doordat de laatste jaren nieuwe technieken werden gebruikt, waarmee naast de reeds langer gangbare luchtfotografie, het aardoppervlak en de zee werden waargenomen en afgebeeld. Bij deze nieuwe technieken gaat het om het gebruik van radar. Daar het Fysisch Laboratorium TNO (PHL-TNO) in Den Haag zelf aan de wieg van het radaronderzoek heeft gestaan, is het duidelijk dat op dit gebied door het PHL-TNO veel onderzoek en ontwikkeling is verricht. De civiele toepassingen en het belang daarvan worden in het onderstaande nader toegelicht.

'Remote sensing' van belang voor toegankelijkheid van Europoort

De activiteiten op de Noordzee (scheepvaart,

Tabel 1. Resultaten voor enkele onderzochte stoffen

	Stof-eigenschappen		Explosie-eigenschappen			Gevaren-klasse volgens VDI 3673	Glimtemperatuur volgens VDE 0165 (°C)
	Vochtgehalte (%)	Deeltjes 63 µm (%)	Min. ontst. energie (Joules)	Max. explosie-druk (bar)	Max. drukstijgsnelheid (bar/s)		
Tarwebloem (droog)	13,2	59	-	10,0	128	St.1	300
Tapiocastof	13,7	99	-	11,4	120	St.1	-
Methionine	0,04	35	0,14	10,0	370	St.3	-
Magere melkpoeder	5,1	83	36	10,1	168	St.1	275
Maisstof (droog)	12,0	88	52	9,9	160	St.1	275

'off-shore'-werkzaamheden) nemen toe, ook in het Nederlandse gebied. Het Nederlandse deel van het Continentale plat is vele malen groter dan Nederland zelf. Gezien de grote belangen die op het spel staan wordt door rijkswaterstaat, als 'penvoerend ministerie' voor de interdepartementale Begeleidings Commissie Remote Sensing (BCRS), onderzocht of een vliegtuig dat is uitgerust met moderne waarnemingsapparatuur kan helpen bij de controle, studie en bij het beheer van zo'n uitgebreid stuk zee.

Men denke daarbij aan olie-opsporing, met name 's nachts en bij slecht zicht; aan bepaling van windvelden ten behoeve van weersvoorspelling en scheepvaartbegeleiding; aan het bepalen van de richtingspectra van zeegolven waarvan de kennis van belang is voor de toegankelijkheid van Europoort voor grote tankers, enzovoorts.

Een en ander geldt in nog sterkere mate wanneer men in de toekomst oceanen wil gaan waarnemen. De Verenigde Staten, de Sovjet-Unie en ook een Europese instelling als de 'European Space Agency' onderzoeken daarom de mogelijkheden van zulke waarnemings-systemen voor deze gebieden. Als drager van zulke systemen worden satellieten dan de geëigende platforms.

Speciale aandacht voor radar

Zoals reeds gesteld, heeft radar als waarnemingssysteem speciale aandacht gekregen. Dat komt omdat de atmosfeer voor radargolven (elektromagnetische straling met een golflengte van 0,3 - 50 cm) doorzichtig is. Voor de bovengeschetste toepassingen is de conventionele radar, met de ronddraaiende antenne minder geschikt.

Door het PHL-TNO werd een belangrijke bijdrage geleverd tot het operationeel gebruik van de SLAR, de 'Side Looking Airborne Radar'. Deze radar wordt zo genoemd omdat hij een of twee antennes heeft die in de zijkant(en) van een vliegtuig of satelliet zijn gemonteerd en dus dwars op de vliegrichting 'kijken'.

Er ontstaat een beeld door het oppervlak in lijnen af te tasten en wel loodrecht op de beweringsrichting en deze lijnen af te beelden op een film die wordt voortbewogen met een snelheid die evenredig is met de vliegsnelheid. Zo wordt een op een kaart gelijkend beeld van het aardoppervlak verkregen. In moderne systemen (thans ook in Nederland) worden de beelden digitaal opgenomen en vastgelegd. Een zogenaamd 'quick-look' systeem - een TV-

IMAGE PROCESSED BY PHYSICS LABORATORY TNO DATE: 03/03/81

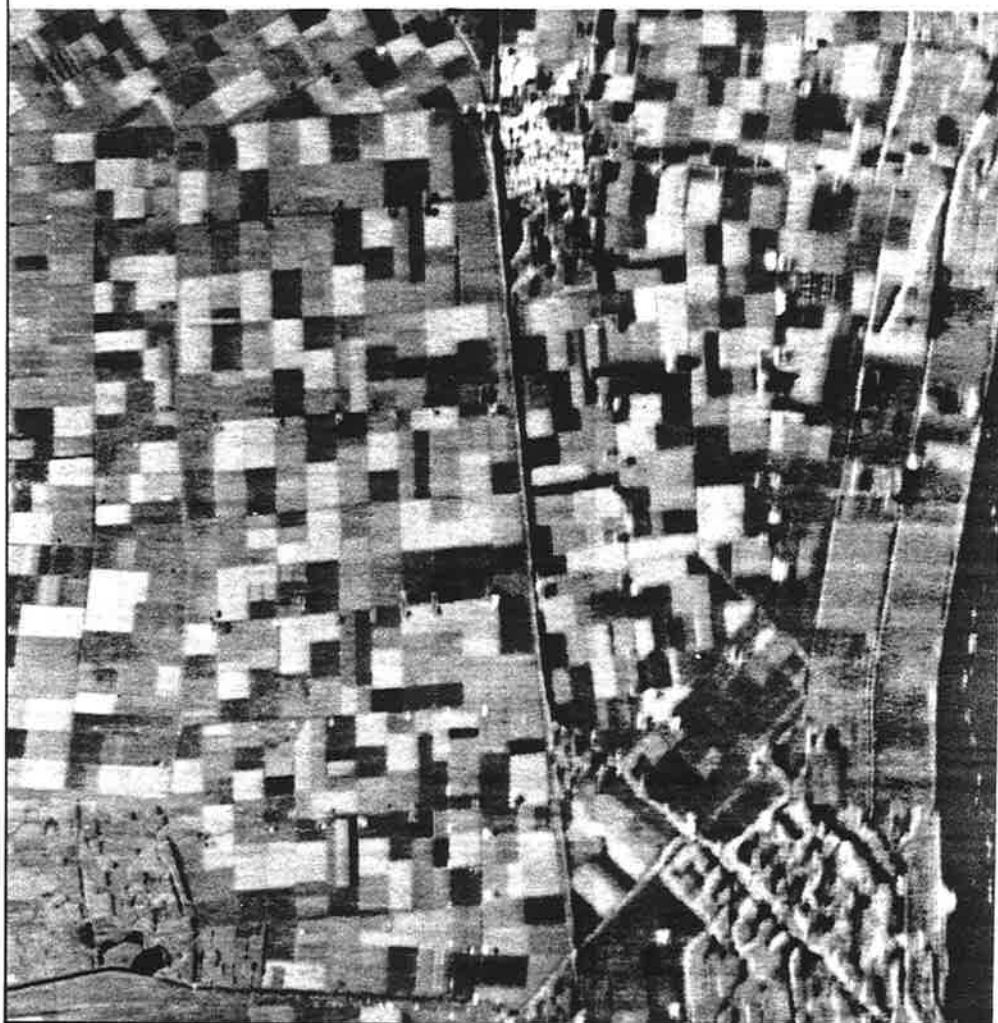
SLAROPNAME BOVEN FLEVOPOLDER D.D. 11/7/80.

BEELDAFMETINGEN 10 X 10 KM. AFGEB. DYNAMIEK: 17 DB.

2200

GREYSCALE

3100



Opname van de Flevopolder, op 11 juli 1980 gemaakt met de nieuwe digitale 'Side Looking Airborne Radar' (SLAR).

achtige presentatie - maakt direct waarnemen in het vliegtuig mogelijk. De digitale magneetbanden worden op de grond verder verwerkt tot een beeld. Met deze techniek is het mogelijk om met geijkte beeldsignalen te werken, wat met name voor het onderzoek van groot belang is.

In Nederland vliegt het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR) reeds enige jaren met een SLAR voornamelijk voor onderzoeksdoeleinden. Dit gebeurt in samenwerking met rijkswaterstaat, het PHL-TNO en het Microgolflaboratorium van de TH

Delft. Onlangs werd het SLAR systeem in een gezamenlijke inspanning van de gehele groep omgebouwd tot een digitaal en absoluut systeem.

Het tot nu toe uitgevoerde onderzoek geeft zeker geen antwoord op alle vragen die er met betrekking tot stofexplosies zijn. Wel is duidelijk dat vele stoffen met lucht tot explosie kunnen worden gebracht.

*Figuur 1. De Noordzee voor Europoort.
A golfveld; B uitstroming van de Rijn;
C verhoging respectievelijk verlaging van de
versterking van de ontvanger; D scheiding tussen
zoetere water van de Rijn en het zoutere water van
de Noordzee; E megaribbel.*

Informatie over bodem door middel van radar

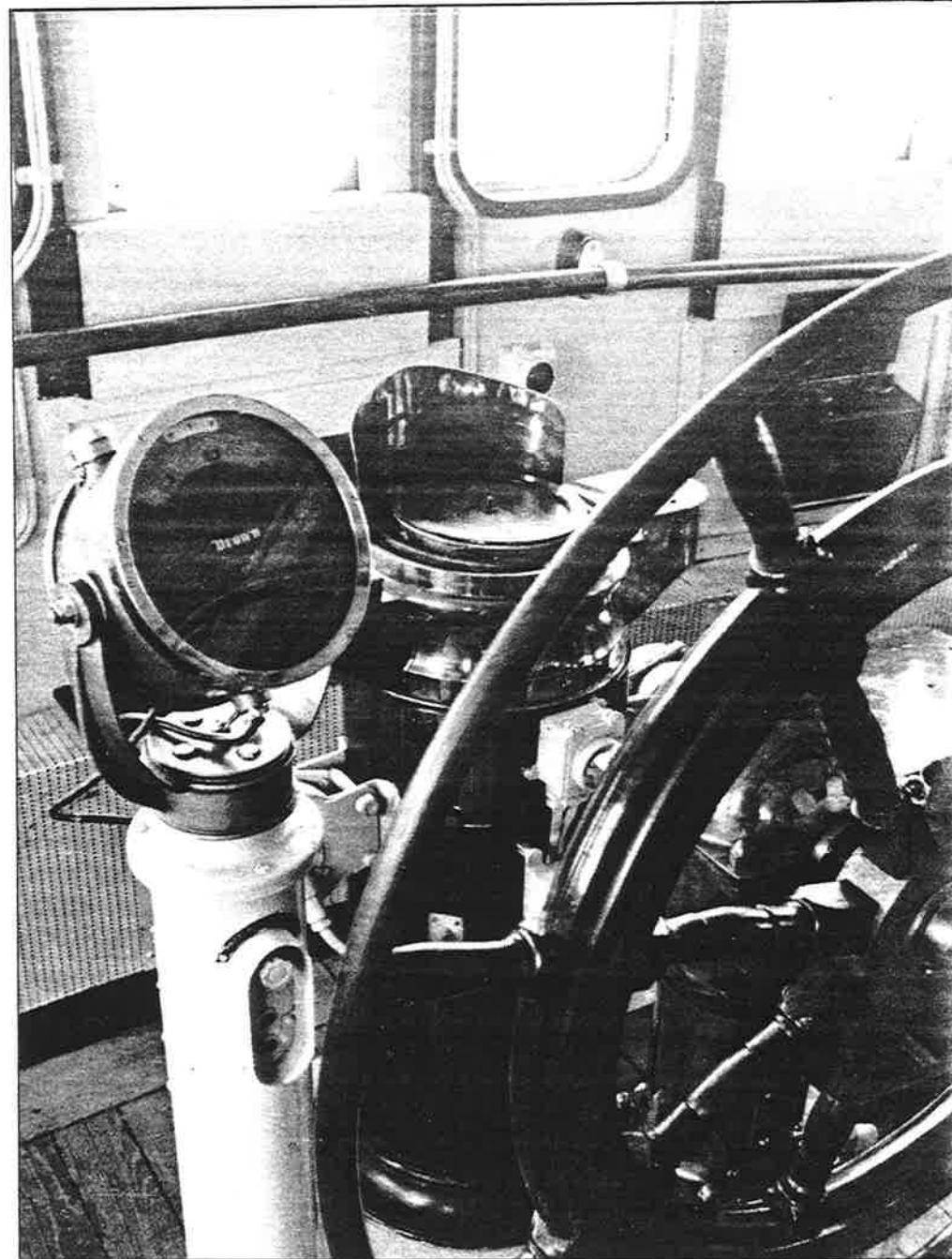
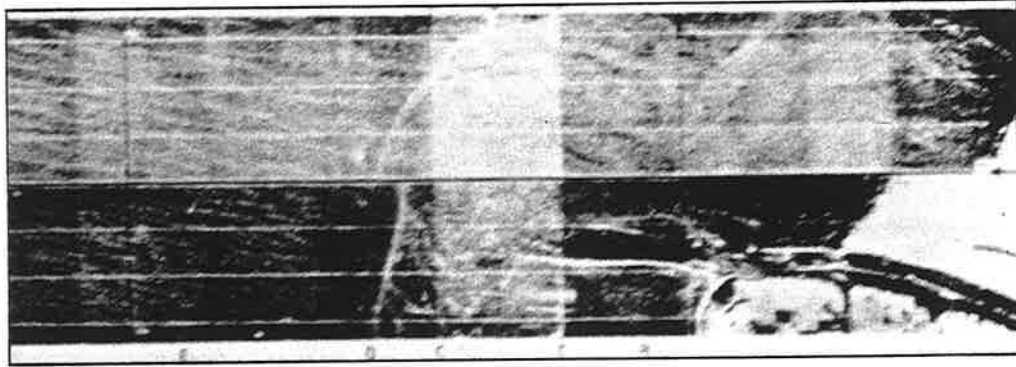
Van andere mogelijkheden is ook al veel bekend. Dit wordt geïllustreerd in figuur 1. Het hier gebruikte systeem kijkt naar beide zijden van het vliegtuig. Recht onder het vliegtuig wordt niet waargenomen en op de film ontbreekt dit stuk. Laten we nu een en ander eens nader beschouwen.

Naast schepen (let ook op het zogspoor) zien we onder de kust een golven-patroon dat zich naar de kust toe beweegt, en de branding. Het nog zichtbaar zijn van golven wordt hier bepaald door het scheidend vermogen van dit radarsysteem dat dan ook aangepast moet zijn aan de kleinste golflengte die we nog willen waarnemen.

Gaan we wat verder uit de kust, dan zien we duidelijk vlak voor Europoort de scheiding tussen de stroom van de rivier en de zee en nog wat verder de zee op, de scheiding tussen het zoetere water van de Rijn en het zoutere water van de Noordzee.

Tenslotte zien we nog wat verder uit de kust een golfverschijnsel dat loodrecht op de kust staat. Dit wordt veroorzaakt door de zogenaamde *mega-ribbel*, dus door de topografie van de bodem ter plaatse. We begrijpen zelfs ongeveer hoe het verschijnsel ontstaat, maar nog niet hoe de afbeelding moet worden gerefereerd met de actuele topografie; zien we nu de top, het dal of iets er tussen in van de megaribbel licht weergegeven?

Deze mogelijkheid om met radar informatie te krijgen over de topografie van de bodem is uitermate interessant, maar behoeft nader onderzoek. Radargolven dringen immers niet door in het water, ze registreren uitsluitend veranderingen van het zee-oppervlak zelf. De bodem manifesteert zich dus indirect. Overigens geldt dit niet alleen voor de bodem. Ook andere verschijnselen 'spreken door' naar het zee-oppervlak, zoals bijvoorbeeld interne golven. Vele van de op radarbeelden waargenomen verschijnselen behoeven nog een nadere



*Bij het ontwerpen van bruggen voor
koopvaardischepen is gebruik gemaakt van de
resultaten van defensie-onderzoek.*

interpretatie en met name op dit terrein is nog veel onderzoek nodig.

'Remote sensing' vergt juiste vraagstelling

Radar biedt grote mogelijkheden in een waarnemingssysteem van de zee vanuit de lucht, respectievelijk de ruimte. Het gaat er daarbij om goed op te letten dat de 'sensor', zoals het radarapparaat, een fysische grootheid waarneemt, bijvoorbeeld een reflectiefactor. De gebruiker vraagt echter meestal iets heel anders: hij zoekt bijvoorbeeld naar ziekten in een gewas, naar een 'bedekkingsgraad' (de hoeveelheid groen, bijvoorbeeld cultuurgewas, per oppervlakte-eenheid), naar de waterinhoud van de bodem of hij wil economische grootheden kennen als verwachte opbrengst, areaalschattingen, enzovoorts.

Al deze informatie is in een aantal gevallen en onder bepaalde voorwaarden af te leiden uit de waargenomen fysische grootheden waar het technisch opname-systeem mee werkt. En hier wordt de kern van het probleem aangeeraakt: welke zijn die gevallen en welke zijn die bepaalde voorwaarden? De techniek is daarbij veelal niet het probleem, althans het is een oplosbaar probleem, als de juiste vraagstelling maar bekend is.

Dat is wat het onderzoek met name vergt. Pas met de kennis van de omzetting van de gebruikersgrootheden naar de fysische grootheden en weer terug kan van het gehele technische systeem optimaal gebruik worden gemaakt. Een goed inzicht in de basis-fysica van de verschijnselen die aan de beeldvorming bijdragen is daarbij noodzakelijk.

Gezien de successen bij radar-waarneming vanuit de lucht en vanuit de ruimte, mag worden aangenomen dat voor radar-waarneming aldaar nog een grote toekomst is weggelegd.

Bruggen voor koopvaardij schepen

Om de relatie tussen mens en technische omgeving zo goed mogelijk te houden kan men proberen de mens aan te passen (door training, selectie). Beter is om het ontwerp van de omgeving aan de eigenschappen van de mens aan te passen. In dit laatste geval spreekt men van *ergonomie*. Ergonomie wordt wel gedefinieerd als *het zodanig ontwerpen van producten, gereedschappen, werkomgeving en werk-*

De met behulp van 'remote sensing' (waarnemen op afstand) gemaakte foto's worden zeer nauwkeurig bekeken.



Waarnemen vanuit de lucht was in eerste instantie om voor de hand liggende redenen een oornamelijk militaire bezigheid. Onderzoek op dat gebied heeft dan ook lange tijd het stempel van defensie-onderzoek gehad.

ethoden, dat optimale doelmatigheid, veiligheid en comfort worden bereikt bij bediening en onderhoud van het mens/machine systeem.

De toepassing van de ergonomie in het maritieme veld vindt men bij de vormgeving van schepen, kanalen en sluisen aan de ene kant, en bij de vormgeving van de navigatiebrug aan de andere kant. Het adviseren op ergonomisch gebied door het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (IZF-TNO) in Soesterberg aan de Koninklijke Marine ten aanzien van de vormgeving van navigatiebruggen, is reeds een jarenlange traditie. Dit betreft overigens ook andere operationele ruimten, zoals de commandocentrale en officiers- en manschappenruimten van voor de marine ontworpen schepen.

Op opdracht van het Nederlands Maritiem Instituut (NMI, thans MARIN) werd de aldus verkregen kennis ook toegepast voor de brug van koopvaardij schepen.

Samenwerking tussen mens en techniek

Een gangbare methode om een ontwerp van een navigatiebrug in de ontwerpfasen te evalueren is het bouwen van een 'mock-up', een model, van werkelijke grootte.

De bouw van zo'n mock-up is een onmisbaar instrument om het ontwerp als een geïntegreerd probleem te kunnen behandelen. Tellingen, en zelfs schaalmodellen geven wat betreft onvoldoende inzicht.

Een mock-up is tevens onmisbaar om het contact tussen bouwer, gebruiker en ontwerper onderling misverstanden te laten verlopen. Het lang daarvan neemt alleen nog maar toe. De automatisering grijpt immers steeds verder om zich heen. Het vaststellen van de juiste samenwerking tussen de mens en zijn ingewikkelde technische omgeving wordt

veertien kapiteins en zestien stuurlieden kregen opdracht op een simulator de haven van Den Helder binnen te varen.

meer en meer van groot belang. De bouw van een mock-up alleen – statische simulatie – kan zelfs te kort schieten. Het wordt dan noodzakelijk om over te stappen op dynamische simulatie.

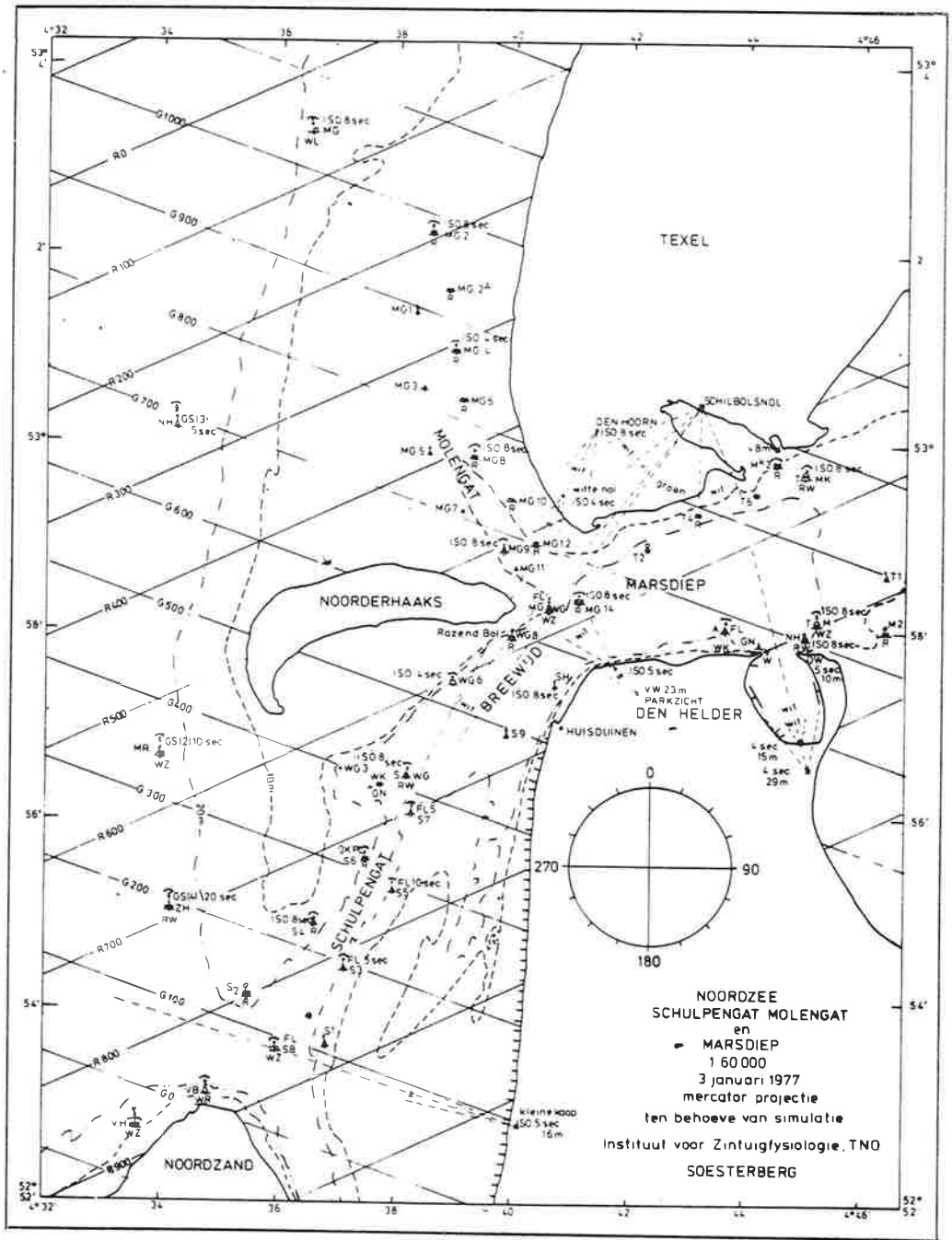
Uit eerdere studies met statische simulatie ten behoeve van de inrichting van de brug van koopvaardij schepen waren voorkeuren bekend over de plaatsing van de consoles, de radar en alle andere bedieningsmiddelen op de brug. Deze voorkeuren waren bepaald door het laten invullen van vragenlijsten door ervaren kapiteins en stuurlieden.

Toch bleven er daarna nog vragen open en het

doel van het experiment was om in een dynamische simulator twee verschillende brugontwerpen met elkaar te vergelijken.

'Op het droge' de haven in

De simulator bestaat uit een maquette van vaarwater en kustgebied (schaal 1:500), waar een camera door 'vaart'. Deze camera neemt het beeld op zoals men op de brug de buitenwereld voor zich ziet, en met behulp van tv-projectoren wordt het beeld op een grootbeeldscherm voor de mock-up van de brug geprojecteerd. Dit beeld wordt door de be-



De automatisering grijpt (. . .) steeds verder om zich heen. Het vaststellen van de juiste wisselwerking tussen de mens en zijn ingewikkelder wordende technische omgeving wordt meer en meer van groot belang.

stuurder van het schip als buitenbeeld ervaren. Vanuit de brug wordt nu, door middel van een computer waarin de mathematische beschrijving van het gedrag van een bepaald type schip (lengte, tonnage enzovoorts), en wind en stroom zijn verwerkt, de tv-camera door de maquette heengestuurd.

Als schip werd een 40.000 tons containerschip gekozen met een lengte van 225 meter. Zestien kapiteins en zestien stuurlieden namen deel aan het experiment.

Hen werd opgedragen om vanuit een gegeven positie in de Noordzee (53° 3' noorderbreedte en 4° 35' oosterlengte) hun schip via een route zuidwaarts ten westen van de Noorderhaaks, en vervolgens door het Schulpengat de haven van Den Helder binnen te varen (zie kaart).

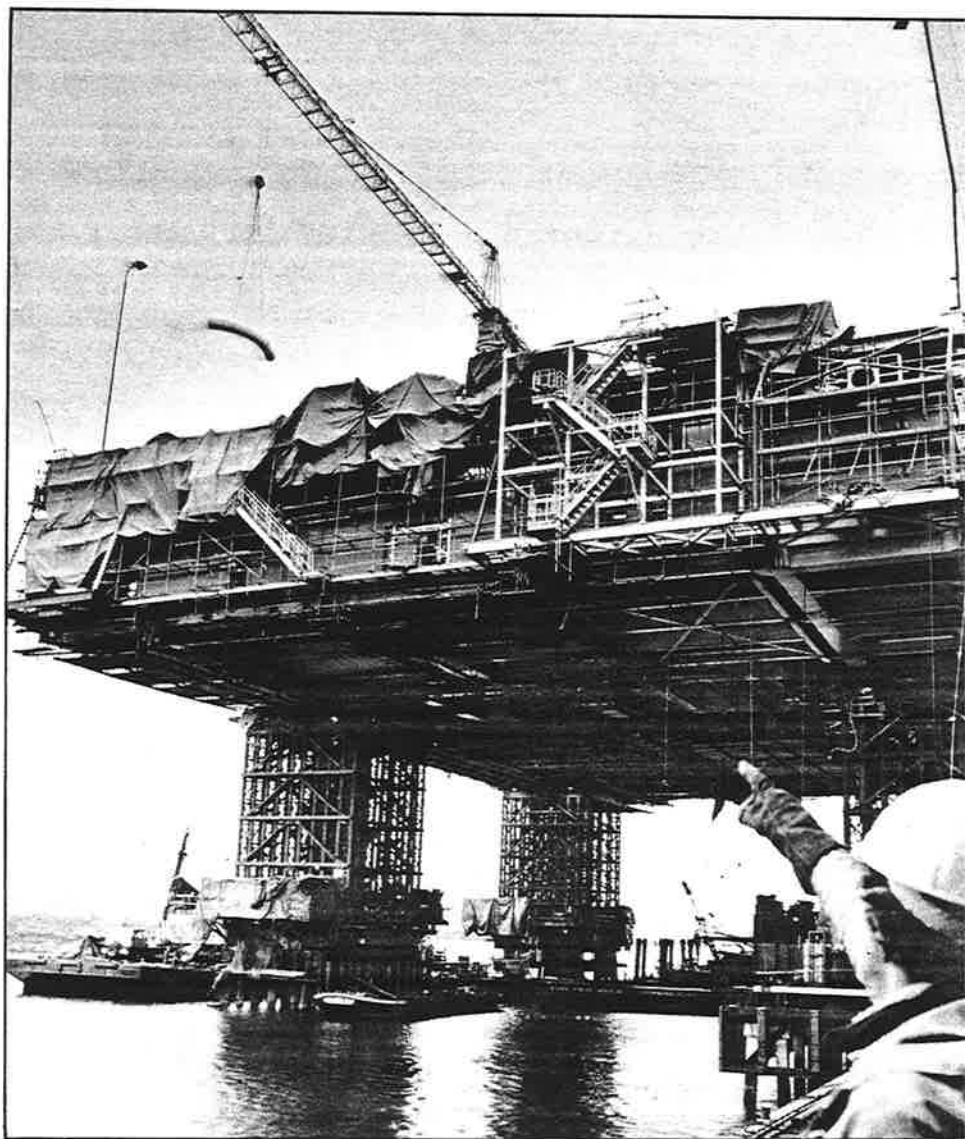
Alle faciliteiten die men op een brug vindt waren beschikbaar, inclusief het radioverkeer met andere schepen. In de maquette waren ook twee andere schepen aanwezig, elk met een vaste koers en snelheid, maar zo dat botsing met deze schepen tot de mogelijkheden behoorde.

Nieuwe aanbevelingen voor het ontwerp van bruggen

De proefpersonen waren vrij om het schip te sturen zoals zij dat wilden in open zee naar het gebied waar de loods aan boord kwam. De enige restricties waren dit veilig te doen, en de vaart van het schip te minderen om de loods aan boord te nemen. De rol van de loods werd gespeeld door een van de onderzoekers. Ook als loods liet hij het initiatief zoveel mogelijk over aan de proefpersonen. De test was geëindigd als het schip stil lag in het midden van de haven.

Een vergelijkende studie werd gemaakt van twee typen vormgeving van de brug; ontwerp I en ontwerp II.

Gegeven de vrijheid die de proefpersonen kregen om hun schip te navigeren is het moeilijk om een criterium te vinden voor goed of slecht navigeren. Iedere keer werd het schip veilig de



De activiteiten op de Noordzee (bijvoorbeeld off shore) nemen zo sterk toe dat waarnemen op afstand steeds noodzakelijker wordt.

haven binnengebracht. Toch bleek de snelheid waarmee men voer te worden beïnvloed. Op bepaalde trajecten was de snelheid van het 'schip' met brugontwerp II 15% lager. Ook met een aantal andere criteria kon worden aangetoond dat ontwerp I voordelen gaf.

Toch zou de conclusie voorbarig zijn om, gegeven het beperkte aantal omstandigheden waaronder werd gevaren, alleen op grond van deze experimenten tot algemene aanbevelingen te komen. De subjectieve voorkeur van de proefpersonen stemde echter wel overeen met de voorkeur voor ontwerp I.

De studie leverde daarmee een bijdrage tot een beter inzicht in de invloed van de inrichting van de brug. Het gevolg van deze (gezamenlijke) studie is, dat de aanwijzingen in dit laatste

rapport nu door de Scheepvaartinspectie denaangebolen.

Suggesties voor verder lezen:

- Ing. Th. M. Groothuizen en Ir. H. Beumer: Maandblad 'De Veiligheid', OD 88, 1980.
- Dr. Ir. J. P. Zeeuwen: Onderzoek naar oorzaak preventie van stofexplosies. De Ingenieur, nr. 4.
- G. P. de Loor: Het dag en nacht waarnemen van verontreinigingen in het water. TNO Project, juli/aug. 1977.
- G. P. de Loor: Radarwaarneming van de zee van de lucht en de ruimte. Ruimtevaart, febr. 1980.
- Drs. C. L. Truijens: Enkele voetangels en klemmen van het leren op een simulator. TNO Project, juni 1979.
- H. van Donselaar, A. Lazet, H. Schuffel en A. Wepster: Merchant Vessel Bridge Lay-out. Report 144 van het Nederlands Maritiem Instituut.