

E 264

Bibliotheek Hoofdkantoor TNO
's-Gravenhage

17 JULI 1980



11e INTRODUKTIEKURSUS

ergonomie

3. De werkomgeving

3. 5. Mock-ups en simulatie t.b.v. ontwerp

Docent: H. Schuffel

TNO

22766

MOCK-UPS EN SIMULATIE TEN BEHOEVE
VAN HET ONTWERP VAN SCHEEPSBRUGGEN.

<u>Inhoud</u>	<u>pagina</u>
1. Inleiding	1
2. Vragenlijsten	4
3. Mock-ups	6
4. Simulatie	12
5. Discussie	20
Literatuur	22

1. Inleiding

Ongevallen ter zee worden voor 85% aan menselijk falen en voor 15% aan technische storingen geweten (Margetts, 1976). Dit menselijk falen heeft niet alleen betrekking op het falen van mensen aan boord.

Het schip is een produkt en een deel van een groot geheel. Het is gebouwd op een scheepswerf, maakt deel uit van een rederij en heeft een bemanning die koers en vaart regelt binnen randvoorwaarden zoals bebakening, verkeersregels en wetten en adviezen van maritieme autoriteiten. Het zijn dus diverse organisaties die invloed hebben op de veiligheid ter zee.

Veiligheid ter zee wordt o.a. afgemeten aan het aantal schepen dat per jaar verloren gaat. Mondiaal beschouwd gaat er, gemiddeld over 24 landen met zeegaande schepen, één schip per dag ten onder, hetgeen verlies van 0,34% per jaar aan "gross-tonnage" scheepsruimte betekent (Archer, 1978).

Een aantal ontwikkelingen in de scheepvaart heeft het belang van veiligheid, zowel t.a.v. schip, opvarenden als omgeving, doen toenemen. Lamayer (1973) schetst de volgende tendenzen:

- toename van de verkeersdichtheid.

Sinds 1947 is het aantal schepen op de oceanen verdubbeld. Neemt men daarbij in rekening dat de reisduur ten gevolge van hogere scheepssnelheden en sneller laden en lossen relatief verkort is, dan is de verkeersdichtheid met meer dan een faktor 2 toegenomen. In het bijzonder speelt dit een rol bij de afwikkeling van verkeer in de kustwateren en havenmonden.

- toename van het aantal mammoetschepen.

Ten gevolge van de verhoudingsgewijs grote afmetingen van deze schepen is, in het bijzonder met betrekking tot de diepgang, de nauwkeurigheid van navigeren nog belangrijker, dan die van andere schepen. Tevens vormen de zeer bijzondere manoeuvre-eigenschappen (erg trage reacties) problemen voor de besturing door mensen en voor de overige scheepvaart.

- toename van de snelheid van schepen.

Hier bestaat het probleem vooral uit de verhoging van snelheid waarmee de navigatie moet worden uitgevoerd onder, wat betreft navigatie-uitrusting, nagenoeg gelijk blijvende omstandigheden. Tevens veroorzaakt deze toename grotere onderlinge verschillen van snelheden tussen schepen, waardoor de kans op ongevallen groter wordt.

- Het aantal personen aan boord van schepen dat aan de navigatie en besturing van schepen kan deelnemen, is afgenomen. Er zijn minder mensen aan boord t.g.v. "rationalisering" van taken, maar ook door een structureel tekort aan goed opgeleide stuurlieden. Ook is de leerling-stuurman, die minder verantwoordelijk werk en minder belangrijke routinematige werkzaamheden voor de stuurman uitvoerde, nagenoeg verdwenen.
- toename van het gevaar waarmee de scheepslading bij ongevallen het milieu bedreigt.
- de strijd tot het handhaven van een rendabel bedrijf dwingt meer dan ooit tot het ontwerpen van strakke reisschema's. Dientengevolge is de druk op het brugpersoneel zeer hoog om onder moeilijke omstandigheden (storm, hoge scheepvaartintensiteit) een hoge snelheid van het schip te handhaven.
- de exploitatie van de zeebodem is een nog steeds groeiende taak van de industrie. In sommige vaarwaters, zoals de Golf van Mexico, dienen schepen bepaalde routes te varen om de olieboorplatformen uit de weg te blijven.

Het grote aandeel, dat menselijke fouten zou hebben bij het ontstaan van ongevallen, is terug te voeren op fouten in het mens/schip/omgevingssysteem. In een rapport over "Human Error in Merchant Marine Safety" (Margett, 1976) worden 14 factoren aangegeven die bijdragen tot ongevallen. De belangrijkste oorzaken die daarin worden genoemd zijn de onoplettendheid van brugpersoneel, onduidelijke verdeling van verantwoordelijkheden tussen loods en gezagvoerder en een slecht brugontwerp.

De brug van een schip is voor de navigatie een belangrijke schakel tussen omgeving en schip. Vanuit de ergonomie is het ontwerp van de scheepsbrug een te optimaliseren mens/machine relatie.

De brug moet zo ontworpen worden dat bij de besturing van het schip de grootst mogelijke veiligheid, doelmatigheid en comfort wordt geboden.

In dit artikel wordt het gebruik van mock-ups en simulatie voor de verbetering van de inrichting van de brug toegelicht. De vermelde resultaten zijn voor een groot deel ontleend aan een opdracht van de Koninklijke Nederlandse Redersvereniging (KNRV) voor "rationalisatie" van het brugcomplex van het Nederlandse Koopvaardij schepen.

Met de opdracht werd vooral beoogd, gegevens uit de ergonomie toe te passen op de inrichting van stuurhuizen. De studie moest leiden tot een leidraad voor brugontwerp (Donselaar et al., 1979).

2. Vragenlijsten

Om gegevens te verzamelen over bestaande inrichtingen werd besloten gebruik te maken van vragenlijsten. Na enkele korte verkennende reizen, werd door een aantal observatoren een vragenlijst opgesteld, waarin opmerkingen waren verwerkt uit interviews die op deze reizen aan kapiteins en stuurlieden waren afgenomen.

De vragenlijst bestond uit 138 beweringen waarop officieren dienden te reageren door het maken van een keuze uit drie antwoordcategorieën (Moraal et al., 1973).

De vragen behoorden tot 11 groepen, zoals plaats van instrumenten, gebruik van instrumenten, verlichting en comfort. De volgorde der vragen was willekeurig. De vragenlijst werd door 67 koopvaardij officieren en 48 nederlandse loodsen beantwoord.

Tabel I. Enkele voorbeelden van antwoorden uit een lijst met 138 vragen. De volgorde der vragen was willekeurig.

Kapiteins en stuurlieden (K) en loodsen (L) dienen hun antwoorden te geven door het aankruisen van een der drie antwoordcategorieën.

De antwoorden zijn vermeld als percentage van het totaal aantal antwoorden per groep.

Onderwerp	eens		geen mening		oneens	
	K	L	K	L	K	L
<u>Plaats van instrumenten</u>						
35 Consoles voor de koers- en vaartregeling dienen aan het frontschot ¹⁾ van de brug te zijn geplaatst.	91	67	0	2	9	31
<u>Gebruik van instrumenten</u>						
74 Voor het navigeren kunnen loodsen het beste gebruik maken van een "relative-motion head-up" radarbeeld ²⁾ .	48	79	23	0	29	21
<u>Verlichting van brug en instrumenten</u>						
96 Het gebeurt vaak dat men een zaklantaarn of aansteker moet gebruiken om iets op de brug te verlichten.	86	96	0	2	14	2
<u>Komfort</u>						
104 Men wordt op de brug vaak door trillingen, veroorzaakt door de hoofdvoortstuwingsinstallatie, gehinderd.	70	67	5	2	25	31

- 1) Dwarsscheeps staande wand aan de voorzijde van het stuurhuis.
- 2) Radarbeeld waarbij de as van het schip door voor- en achtersteven vertikaal gericht blijft, de positie van het schip vast is en alleen de omgeving beweegt.

Tabel I illustreert enkele verschillen en overeenkomsten in beoordelingen tussen en binnen deze groepen. Uit de beantwoording van de gehele vragenlijst blijkt, dat beide groepen het zicht op de vaarweg vanaf elke werkplek op de brug noodzakelijk achten. Over de plaats van een aantal instrumenten bestaat unanieme voorkeur. Zo zijn beide groepen het eens met de bewering, dat een radar aan het frontschot aan te bevelen is.

De verlichting en het comfort van de brug worden onvoldoende gevonden. Wat betreft de taakuitvoering achten kapiteins, stuurlieden en loodsen het waarschijnlijk, dat niet alle gegevens van het navigatieproces worden waargenomen en dat er niet altijd voldoende tijd is om fouten in de navigatie te corrigeren.

Het verschil in de beoordeling van de bruginrichting door enerzijds loodsen en anderzijds kapiteins en stuurlieden is gelegen in het verschil tussen de functies. De loods bezit in het bijzonder kennis van het vaarwater en behoeft voor zijn taakuitvoering "slechts" zicht op de vaarweg, wal-schip communicatie en inzicht in het manoeuvreergedrag van het schip. Voor de stuurman en gezagvoerder spelen echter ook andere factoren, zoals bijvoorbeeld het gebruik van een kaartentafel voor het bijhouden en uitzetten van de scheepspositie, de bewaking van de technische toestand van het schip (scheepssterkte, lading, machines), de routeplanning voor de volgende haven e.d. een belangrijke rol.

3. Mock-ups

Een mock-up is een houten model van de werkplek, schaal 1:1, met behulp waarvan plaats en uitvoeringsvorm van instrumenten, van consoles en de verlichting beoordeeld kunnen worden, voordat de werkplek gebouwd is. Meestal worden alternatieve uitvoeringsvormen door "experts" vergeleken. Daarbij wordt verondersteld dat deze beoordelaars, op grond van hun ervaring, dezelfde ideeën hebben over de uitvoering van de taak in de werkplek.

Voor de beoordeling van de bruginrichting ten behoeve van de studie voor de KNRV, werden vier mock-ups ontworpen met behulp van gegevens uit de in hoofdstuk 2 genoemde enquête en met gebruik van gegevens uit de ergonomische literatuur.

De inrichtingen werden beoordeeld door Nederlandse kapiteins en stuurlieden, Nederlandse loodsen en door een groep superintendents * van westeuropese rederijen (Moraal et al., 1975 (zie Fig. 1)).

* Meestal oud-stuurlieden in dienst van een rederij, belast met o.a. uitrusting van schepen.

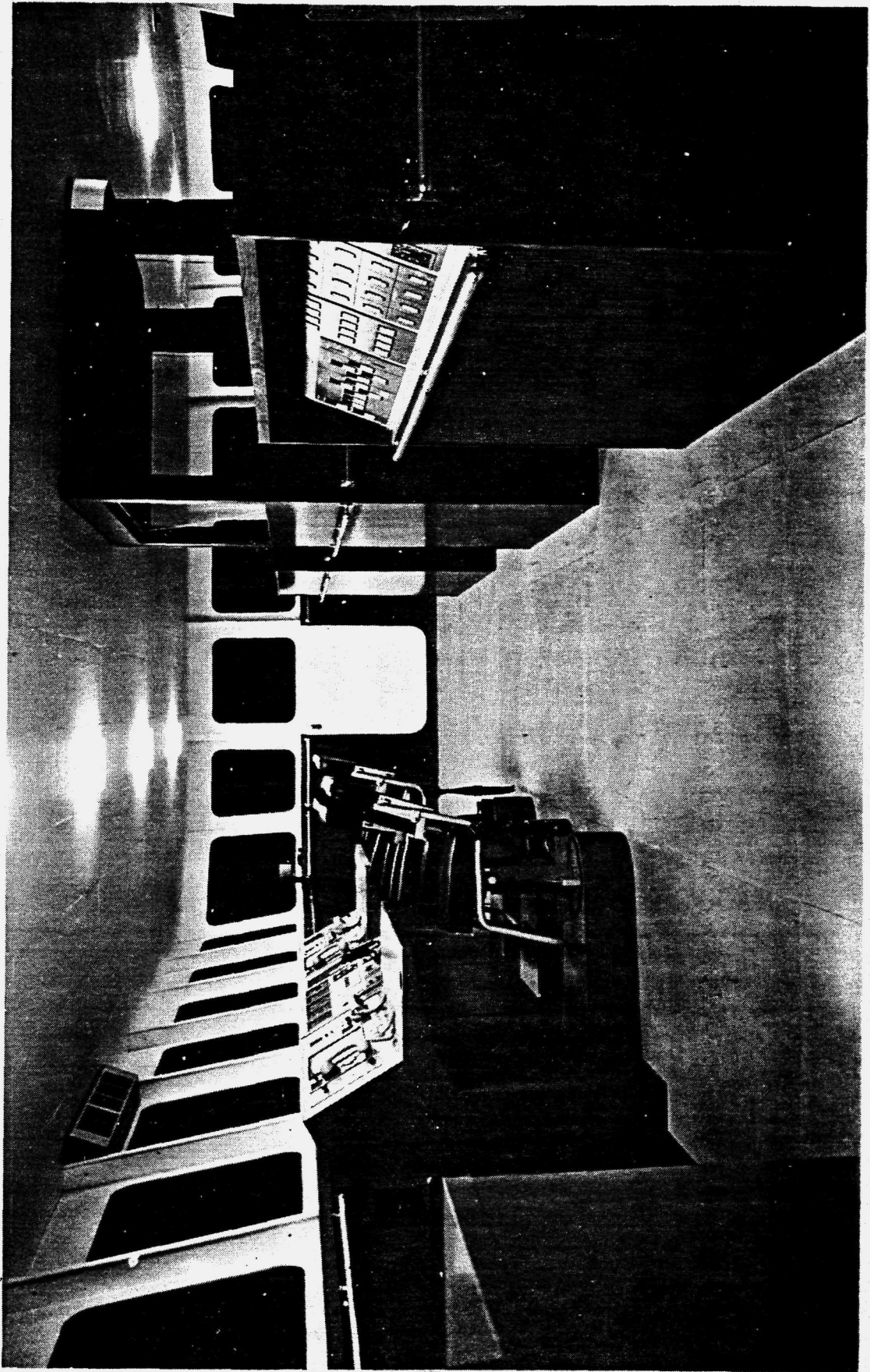


Fig. 1 Foto van enkele panelen uit de mock-up. In het midden rechts een radarkabine met ernaast kaartentafels. Links aan het frontschot een paneel voor de stuurman en voor de roerganger.

Aan deze "experts" werd gevraagd de elementen van de werkplek te beoordelen, zoals vorm van de consoles, soort instrumenten in de consoles, presentatievorm van instrumenten en uitvoeringsvorm van bedieningsmiddelen. In het bijzonder werd aan hen de beoordeling van de inrichting als geheel voorgelegd. De beoordeling diende voor verschillende vaargebieden en weersgesteldheden gemaakt te worden. Een "veilige vaart" gold daarbij als uitgangspunt. Omdat het niet mogelijk was de inrichtingen tegelijkertijd te vergelijken, werd een andere procedure gevolgd. Gedurende ca. een uur werd een eerste bruginrichting geschouwd. Daarna werden achtereenvolgens de andere mock-ups getoond, waarbij de eerste mock-up steeds als referentie werd gebruikt.

Daarvoor werden plattegrond- en andere tekeningen gebruikt. De beoordeling van de indelingen bestond uit het verdelen van 10 punten over twee alternatieve items van een vragenlijst (zie Fig. 2). Er werden in totaal drie "paars-gewijze" vergelijkingen gemaakt.

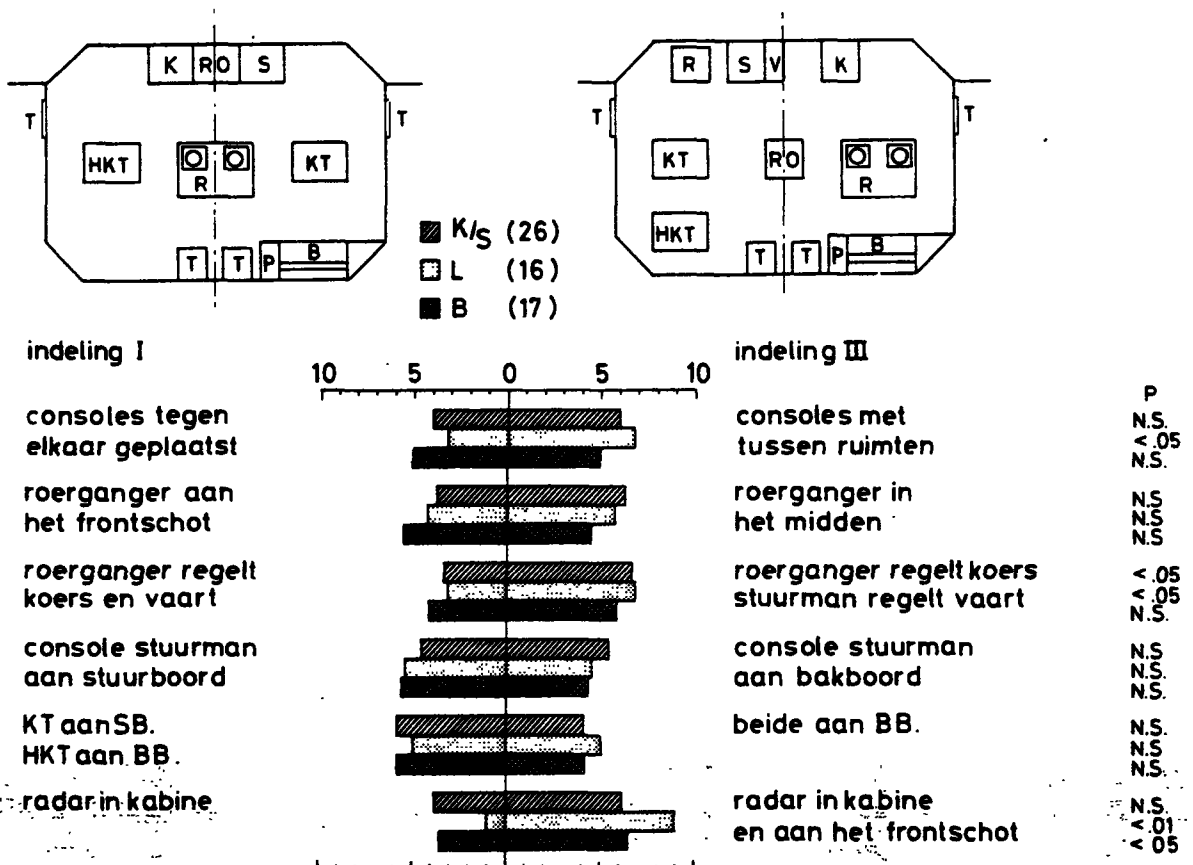


Fig. 2 Voorbeeld van één der drie paarsgewijze vergelijkingen van inrichtingsplannen.

Fig. 2 26 Nederlandse koopvaardij-officieren (K/S), 16 Nederlandse loodsen (L) en 17 superintendents (B) van buitenlandse rederijen namen aan de beoordeling deel. Voor de beoordeling van de diverse aspecten van de indelingen dienden 10 punten verdeeld te worden tussen de alternatieven. Hoe hoger de puntentoe wijzing, hoe groter de voorkeur. Of de voorkeur statistisch significant is staat onder "p" vermeld (N.S. = niet significant). Uit de eerste regel bijvoorbeeld, blijkt dat kapiteins en stuurlieden, gemiddeld over 26 personen, ca. 4 punten toekennen aan layout I en ca. 6 punten aan layout III. Het verschil is niet significant.

K = console kapitein

RO = console roerganger

S = console stuurman

HKT = hulpkaartentafel

R = radar

KT = kaartentafel

T = toegangsdeur

P = pantry

B = bank

Uit de analyse van de resultaten blijkt, dat de voorkeur voor een bepaalde inrichting niet wordt beïnvloed door vaargebied of weersgesteldheid. Verschillen in voorkeur tussen groepen (loodsen, koopvaardij-officieren, superintendents) zijn het meest opvallend. Loodsen tonen een sterke voorkeur voor een indeling waarbij een onbelemmerde doorloop van bak- naar stuurboord mogelijk is tussen het frontschot en de eerste rij van consoles.

De groep kapiteins en stuurlieden en de groep superintendents hebben geen duidelijke voorkeur voor één der vier bruginrichtingen.

Een illustratie van de wijze waarop elementen van de indelingen, zoals grootte van het stuurhuis, zichtmogelijkheden, afmetingen van ramen, presentatievorm van meters, vorm van consoles, plaats van instrumenten e.d. werden beoordeeld, wordt gegeven in Tabel II.

Verlichting werd in een speciale mock-up geanalyseerd, waarbij gebruik gemaakt werd van verschillende lichtniveau's, teneinde instrument- en kaartentafelverlichting goed te kunnen beoordelen.

Tabel II. Elementen van de mock-up van de bruginrichting, beoordeeld door 106 personen (kapiteins, stuurlieden, loodsen en superintendents). De antwoorden zijn vermeld als percentage van het totaal aantal antwoorden.

Onderwerp	antwoord categorie	
afmetingen van het stuurhuis	voldoende	88
	bijna voldoende	12
het uitzicht rondom	goed	84
	acceptabel	16
afmetingen van de ramen	goed	72
	te klein	28
letters en cijfers op meters	goed leesbaar	88
	slecht leesbaar	12
stoelen	goed	82
	acceptabel	18
plaats van deuren in het stuurhuis	goed	62
	acceptabel	38
bescherming tegen wind en regen op de brugvleugel	goed	19
	slecht	81

In het algemeen beoordeelden de proefpersonen de inrichting op drie factoren; de inrichting als geheel (systematisch, instrumenten gegroepeerd), de eenvoud van bediening (handig, gemakkelijk) en de leefbaarheid van de ruimte (plezierig, warm).

In Tabel III zijn de resultaten van een faktoranalyse weergegeven.

Tabel III. Resultaten van een faktor-analyse op polariteitschalen (hoofdkomponenten, varimax rotatie). Factoren beneden de .50 zijn weggelaten.

Onderwerp	faktor I	faktor II	faktor III
14. georganiseerd	.57		
16. systematisch	.53		
45. apparatuur gegroepeerd	.52		

Onderwerp	faktor I	faktor II	faktor III
49. ordelijk	.72		
58. begrijpelijk	.64		
5. eenvoudig te gebruiken		.81	
8. praktisch		.89	
11. apparatuur goed geplaatst		.69	
21. veroorzaakt geen stress		.69	
26. goed opgesteld		.79	
27. gemakkelijk toegankelijk		.52	
29. werkelijk		.65	
31. efficiënt		.71	
34. goed overwogen		.79	
35. handig		.84	
43. apparatuur is goed bereikbaar		.65	
50. goede informatie-presentatie		.71	
57. gemakkelijk		.77	
6. goede atmosfeer			.56
20. prettig			.70
39. warm			.60
42. kleurrijk			.55
44. gezellig			.67
52. gezond			.52
55. goede verhoudingen			.53

De voordelen van het gebruik van de mock-ups betreffen vooral de mogelijkheid elementen van de werkplek zoals consoles, instrumenten, verlichting en ruimteindeling te definiëren en te beoordelen.

Opvallend in de beoordeling is het verschil in eensgezindheid tussen groepen. Loodsen oordeelden uniform, kapiteins en stuurlieden vertoonden grote meningsverschillen. Uiteraard zou wel uit de gegeven voorkeuren voor elementen en layout samengesteld kunnen worden die het beste past bij alle subjectieve ideeën. De variabiliteit in de oordelen zou echter ook op de complexiteit van de taak kunnen duiden. Verondersteld wordt dat verschillen in opvatting over taakuitvoering divergerende meningen veroorzaken over werkplekinrichting.

Deze veronderstelling wordt ondersteund door de homogeniteit in het oordeel van de loodsen, die inderdaad een veel meer begrensde taak hebben dan de koopvaardij-officieren. Aan de, in eerste instantie veronderstelde eenduidigheid over taakuitvoering bij "experts" dient, in ieder geval bij kapiteins en stuurlieden, minder gewicht te worden toegekend.

4. Simulatie

Een scheepsmanoeuvresimulator kan omschreven worden als een apparaat dat het "brug-schip-omgeving"-systeem uit de werkelijkheid kan vervangen. Dit betekent dat de manoeuvreereigenschappen op werkelijke tijdschaal worden nagebootst, dat de mock-up van de scheepsbrug met funktionerende instrumenten is uitgerust en dat een uitzicht op de omgeving wordt geboden dat met een gedefinieerd zicht overeenkomt.

In het geval dat de simulator voor training wordt gebruikt, bestaat het doel uit het besparen van tijd en geld t.a.v. training in de werkelijkheid en uit het verbeteren van kwaliteit van de taakuitvoering. Voor het uitvoeren van onderzoek betreffende de mens/schip/omgeving-interactie biedt simulatie bij uitstek de mogelijkheid, de omstandigheden waaronder het onderzoek wordt uitgevoerd, te controleren. Op andere wijze, zoals bijvoorbeeld in een veldexperiment, is dat minder goed mogelijk. Er zijn echter ook problemen aan het gebruik van simulatoren verbonden.

In het bijzonder is de validiteit van een simulator een lastige schakel in het onderzoek. Validiteit is een onderwerp dat uit zeer verschillende facetten bestaat, waarbij kennis van die facetten niet in gelijke mate is ontwikkeld. Een vraag als "Hoe goed komt de informatie-inhoud van het gepresenteerde omgevingsbeeld met de werkelijkheid overeen?" is veel moeilijker te beantwoorden dan de vraag "Hoe goed komt de dynamica van het na te bootsen proces met de werkelijkheid overeen?"

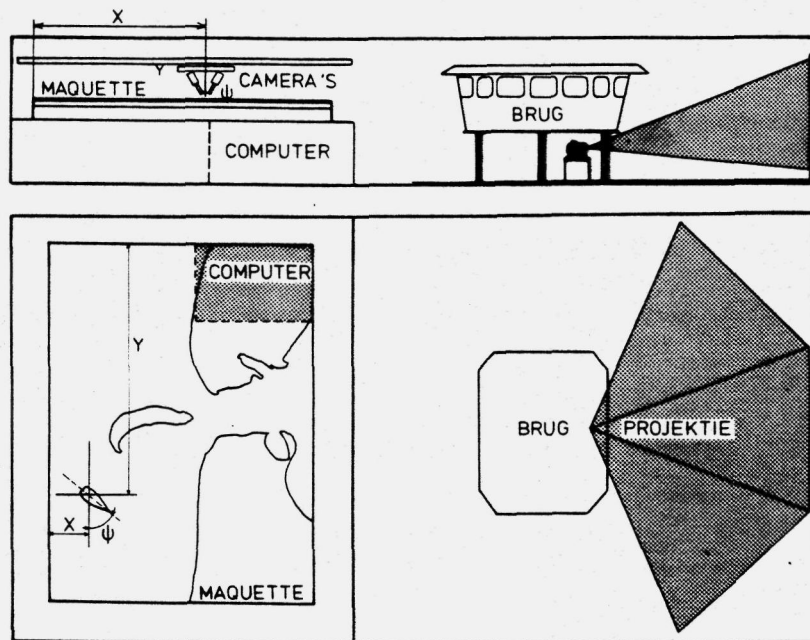


Fig. 3a. Dwarsdoorsnede en bovenaanzicht van de simulator in gebruik op het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. Het beeld om het "schip" wordt opgenomen m.b.v. een TV-systeem in een maquette en geprojecteerd op een omgevingsscherm (zichthoek 120°). Het "schip" (TV-systeem in de maquette) wordt door de proefpersoon vanuit de brug gestuurd. De bijbehorende scheepsbewegingen worden op basis van een wiskundig model van het scheepsgedrag op "real time basis" door de computer berekend en doen het TV-systeem overeenkomstig bewegen.



Fig. 3b. Het TV-systeem in de maquette. Het TV-systeem bestaat uit Kamera's met endoscopen waarmee via een spiegelement het beeld van de omgeving wordt opgenomen. Het virtuele beeldpunt van het spiegelement bevindt zich op de plaats van de brug in het schaalmodel van het schip. Het "schip" ligt in positie om de haven binnen te varen. (Tabel IV, layout I, biedt vanuit de brug het zicht op de haven in deze positie.).

De validiteit van de simulator van het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (Fig. 3a,b) werd in een daartoe apart opgezet experiment getoetst (Truijens et al., 1978). In dat experiment werd gemeten hoe goed voorspellingen van ervaren kapiteins over het verloop van manoeuvres overeenkomen met de uitvoering van die manoeuvres in simulatie. De resultaten van dit experiment werden op twee manieren verwerkt. Per proefpersoon werd de korrelatie tussen zijn voorspelling van de manoeuvre en de uitkomst van de simulatievaart bepaald. De mediane waarde van deze korrelatie bedroeg .61. Deze waarde is van dezelfde orde als de korrelatie tussen voorspellingen van alle proefpersonen die dezelfde manoeuvre beoordelen (.56). Met behulp van een variantie-analyse werd onderzocht of verschillen tussen voorspellingen en simulatievaarten significant waren. Dit bleek niet het geval te zijn.

Tevens werd gemeten hoe het contrast van objecten in het geprojecteerde beeld overeenkomen met het contrast in werkelijkheid. Ten gevolge van de meteorologische omstandigheden neemt het contrast van een object als functie van de afstand af. Voor de experimenten werd vastgesteld, dat dit contrastverloop van het gesimuleerde beeld overeenkomt met een zicht van 3 nm (1 nautische mijl = 1852 m). Met het vastleggen van de zichtkonditie op basis van het contrastverloop, is ook bepaald op welke afstand een lichtbron van een bepaalde helderheid waarneembaar is. Daartoe wordt gebruik gemaakt van lichtenlijsten, waarin de optische dracht (waarnemingsafstand) van een lichtbron gegeven is, als functie van de helderheid van de bron voor een bepaalde zichtkonditie. De lichtbronnen in de simulator worden overeenkomstig deze tafel ingesteld (zie Fig. 4).

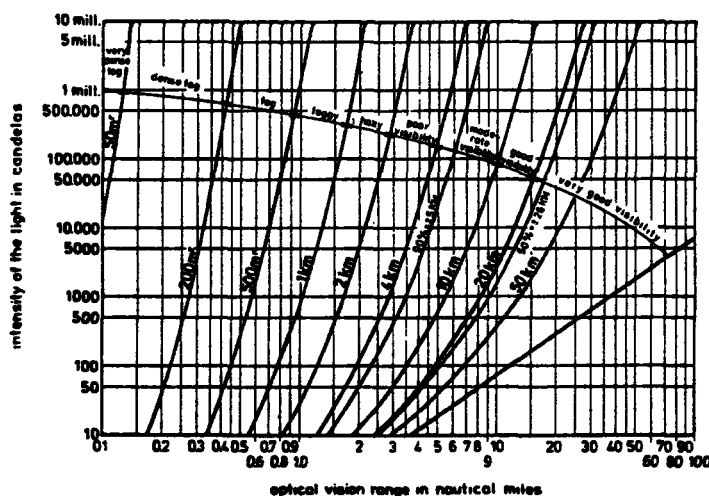


Fig. 4.

Fig. 4. Lichtenlijst waarin het verband tussen helderheid van een lichtbron en waarnemingsafstand als functie van het meteorologisch zicht is vastgelegd.

Teneinde de nogal kontroversiële meningen van kapiteins en stuurlieden uit de mock-up evaluatie te analyseren, werden twee, wat voorkeur betreft zeer verschillende, inrichtingen met behulp van simulatie vergeleken in een kritische taak. In het ideale geval zouden alle operationele kondities nagebootst behoren te worden, maar vanwege de omvang van een dergelijk experiment, werden de kondities sterk beperkt. Gekozen werd voor een zicht van 3 nm, een zichtkonditie waarbij zowel van radar als van het uitzicht gebruik gemaakt wordt. Als zeegebied werd een loodsmansvaarwater aangewezen vanwege het hoge percentage (70%) scheepsongevallen dat in zo'n gebied plaatsvindt (zie Fig. 5 op pag. 16).

Als type schip werd een goed manoeuvreerbaar containerschip gekozen met een waterverplaatsing van 40.000 ton.

In het experiment (Schuffel et al., 1978) voerde één gezagvoerder vier naderingen uit van het loodsmansvaarwater onder wisselende kondities van stroom, wind, scheepvaart- en berichtenverkeer.

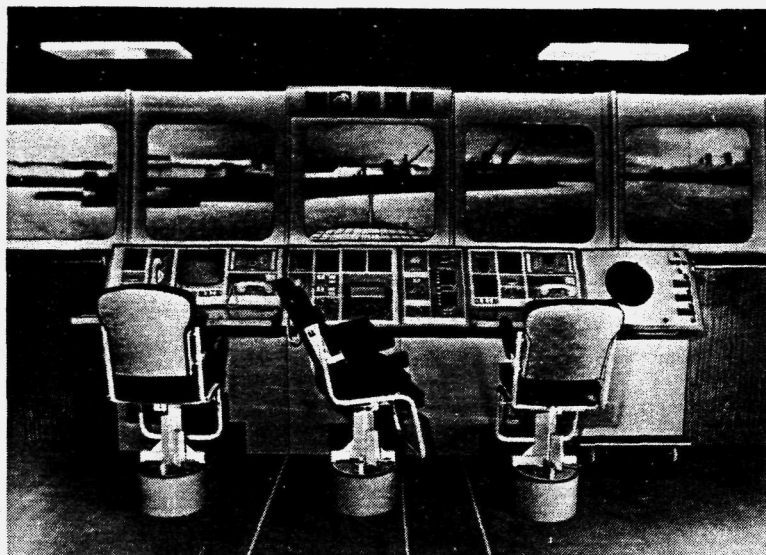
Tweemaal voerde hij de nadering alléén uit en tweemaal werd hij door een stuurman geassisteerd. In totaal namen 16 kapiteins en 16 stuurlieden deel aan het experiment.

Zij waren van verschillende rederijen afkomstig. De stuurman en de kapitein hadden elkaar nooit eerder ontmoet en werden op de simulator getraind. Na elke vaart en bovendien aan het einde van het experiment werd een deel van de in eerdere mock-up onderzoeken gebruikte vragenlijst ingevuld. De verschillen in bruglayout worden in Tabel IV (op pag. 17) samengevat.

Volgorde van layout en bemanningssamenstelling werd gebalanceerd.



Tabel IV Verschillen tussen de twee onderzochte bruginrichtingen.



layout I

consoles aan het front-
schot tegen elkaar

console van de roerganger
aansluitend op de console
van stuurman aan het front-
schot

radar aansluitend op de
console van de stuurman

console van de kapitein
aansluitend op de console
van roerganger

layout II

consoles over de ruimte
verspreid

aparte positie voor de
roerganger in het midden
van de brug

radar in een kabine in
het midden van de brug
aan bakboord

aparte positie voor de
console van de kapitein

Effekten van de inrichting op de mens/schip prestatie werden door een aantal criteria gekenmerkt en geanalyseerd. Er traden significante verschillen op tussen snelheden van het schip uitgerust met bruglayout I versus bruglayout II. De snelheid van het vaartuig, bestuurd vanuit bruglayout II lag 15% lager in de trajectgedeelten waarin ander verkeer werd gepasseerd. Afwijkingen tussen de geplande baan en de werkelijk gevaren baan waren met layout I veel kleiner dan met layout II. In Fig. 6 is het verschil tussen geplande en werkelijk gevaren baan uitgezet als functie van het traject. Uit de figuur blijkt dat, in het bijzonder bij het in-draaien van het Schulpengat, afwijkingen van de gevaren baan t.o.v. de geplande baan met bruginrichting I kleiner zijn dan die met inrichting II.

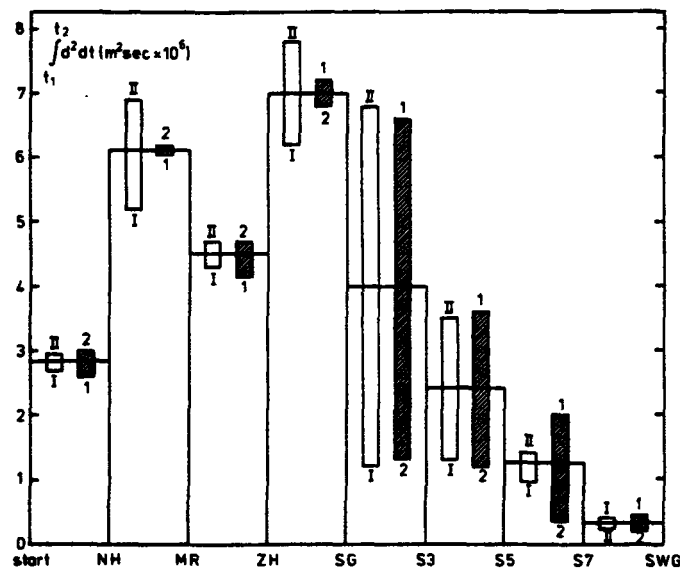


Fig. 6. Verschil tussen geplande en werkelijk gevaren traject als functie van trajectgedeelten (horizontale as, notatie komt overeen met boeien uit Fig. 5), gemiddeld over proefpersoon. Op de verticale as staat het verschil gekwadrateerd en geïntegreerd over het trajectgedeelte. Effekten van de bruginrichting (I, II) en het aantal officieren (1, 2) zijn gesuperponeerd op het gemiddelde verschil.

Het gebruik van consoles en radar door kapitein en stuurman werd door een observator in de mock-up geregistreerd. Dit gebruik werd gedefinieerd als "het zich bevinden achter" de console.

Uit Fig. 7 blijkt dat vooral het gebruik van de radar en het naar buiten uitkijken door de konfiguratie wordt beïnvloed.

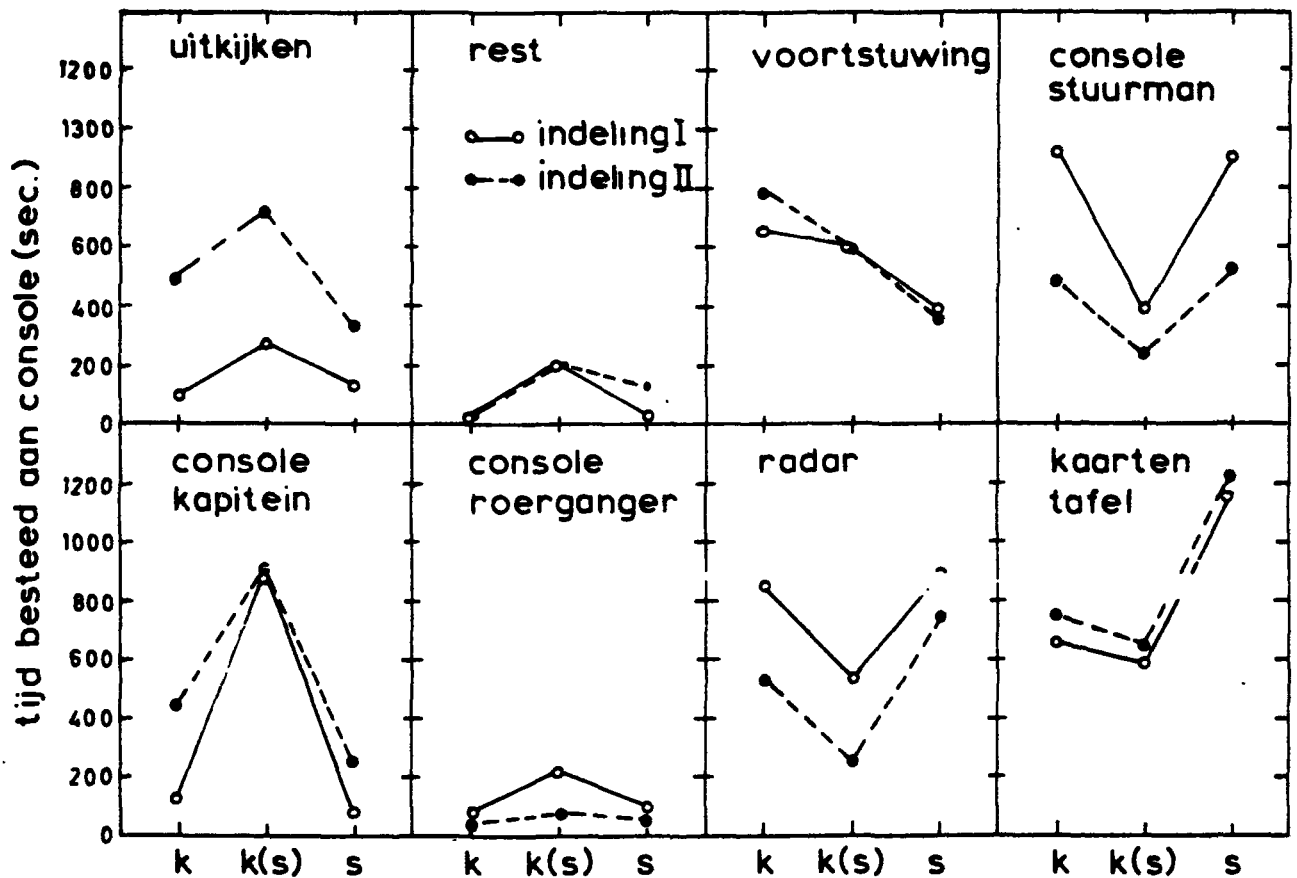


Fig. 7. Tijd die in totaal besteed werd aan het gebruik van bepaalde consoles door kapitein en stuurman.

K = kapitein (konditie waarin alleen de kapitein op de brug is)
 K(s) = kapitein (konditie waarin kapitein en stuurman aanwezig zijn)
 s = stuurman
 uitkijken = het naar buiten uitkijken.

5. Diskussie

Een opmerkelijk verschil bestaat tussen de beoordeling van de inrichting vóór het simulatorexperiment en daarna. In de eerder genoemde mock-up studie werden indelingen vergeleken. Daarbij bleken tussen koopvaardij-officieren nogal wat kontroverses te liggen. Na het simulatorexperiment waarin nagenoeg dezelfde layouts werden vergeleken (hier I en II genoemd) bleek de waardering geheel naar layout I uit te gaan (zie Tabel V). Het blijkt dus dat het daadwerkelijk uitvoeren van de taak de beoordeling van de bruginrichting beïnvloedt.

Tabel V. Beoordeling van layout door het geven van punten 0-10 (10 hoogste waardering). In de mock-up studie werden 10 punten verdeeld over alternatieven!

layout (simulatiestudie)	I	II	P
gezagvoerder alleen	8.3	4.7	.01
gezagvoerder met stuurman	8.7	5.0	.01
stuurman alleen	7.9	6.4	.05
layout (mock-up studie)	I	III	
26 C/N's (zie Fig. 2)	4	6	n.s.

Gekonstateerd wordt dat het gebruik van vragenlijsten vooral van belang is voor het opsporen van fouten in een bestaand brugontwerp. De inrichting van de brug als werkplek kan, vooral wat betreft de samenstellende delen, goed beoordeeld worden met een mock-up. Voor de configuratie als geheel, waarin de onderlinge relaties van consoles in verband worden gebracht met de taakuitvoering, verdient het gebruik van simulatie aanbeveling. Voor verdere studie is het noodzakelijk de complexe navigatietaak niet als geheel te onderzoeken, maar de aandacht te richten op, voor de ergonomie meest interessante, elementaire delen.

Met betrekking tot de opdracht heeft de studie aan het doel beantwoord. De gids voor "Merchant Vessels Bridge Layout" (Donselaar et al., 1979) geniet (internationale) belangstelling.

Tevens heeft de studie geleid tot het volgen van een meer fundamentele richting van onderzoek over de bruginrichting. Daartoe is de complexe nautische situatie geabstraheerd tot een duidelijk gedefinieerde elementaire manoeuvreertaak voor één man, waarbij effecten van informatiepresentatiemiddelen op het manoeuvreren worden onderzocht (Schuffel et al., 1979).

L I T E R A T U U R.

Archer, J.N. Marine Safety Statistics. Safe Navigation Symposium.
Washington D.C., 17-18 january 1978.

Donselaar H. van, A. Lazet, H. Schuffel and A. Wepster. Merchant
Vessel Bridge Layout. The Netherlands Institute for
Perception - TNO. The Netherlands Maritime Institute.
Rotterdam, 1979.

Lameyer, J.N.F. Ergonomic aspects of shipdesign, in particular with
regard to ship's bridges and wheelhouses. Europort '73,
Amsterdam.

Lazet, A. and H. Schuffel. Dynamic simulation: A tool in research on
human behaviour in navigation. The Royal Institute of
Navigation. Vol. 31, no. 1, Londen 1978.

Margetts, D.B. Chairman Panel on Human Error in Merchant Safety.
The national research council. National Academy of Sciences.
Washington D.C. 1976.

Moraal, J., H. Schuffel and A. Lazet. Bridge Design on Dutch Merchant
Vessels. Part II: First results of a questionnaire completed
by captains navigating officers and pilots. Nederlands
Scheepsstudie Centrum - TNO. Delft 1973.

Moraal, J., H. Schuffel, H.J. Leebeek and A. Lazet. Bridge Design on
Dutch Merchant Vessels. Part IV: Evaluation of Standards
and recommendations by means of a static mock-up.
Nederlands Scheepsstudie Centrum - TNO. Delft 1975.

Schuffel, H., C.L. Truijens and A. Lazet. Bridge Design on Dutch
Merchant Vessels. Part V: Evaluation of bridge lay-out by
means of dynamic simulation. Netherlands Maritime
Institute. Rotterdam 1978.

Schuffel, H. en L. van Breda. Onderzoek naar enige ergonomische as-
pekten van het manoeuvreren met schepen - een verkennend
experiment. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO,
Soesterberg 1979.

Truijens, C.L. and H. Schuffel. Ergonomic Research "Open Hartel-
kanaal". Part III: The validity of the simulation of
pushing tow navigation in the Hartel area. Institute
for Perception - TNO. Soesterberg 1978-C6.