

TNO-rapport  
TM-96-A034

titel  
**Werkbelasting in de Technische Centrale  
van het M-fregat**

98

TNO Technische Menskunde

Kampweg 5  
Postbus 23  
3769 ZG Soesterberg

auteur  
L.C. Boer

Telefoon 0346 35 62 11  
Fax 0346 35 39 77

datum  
19 augustus 1996

**DISTRIBUTION STATEMENT A**  
Approved for public release  
Distribution Unlimited

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-  
opdrachten aan TNO, dan wel de  
betreffende terzake tussen partijen  
gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

aantal pagina's : 20 (incl. bijlagen,  
excl. distributielijst)

© 1996 TNO

19970212 048

DTIC QUALITY INSPECTED 3



titel : Werkbelasting in de Technische Centrale van het M-fregat  
auteur : Dr. L.C. Boer  
datum : 19 augustus 1996  
opdrachtnr. : A95/KM/366  
IWP-nr. : 787.1  
rapportnr. : TM-96-A034

In dit rapport wordt verslag gedaan van de technische centrale van een M-fregat tijdens gesimuleerde oorlogsomstandigheden, en wel over de werkbelasting. De metingen van werkbelasting maakten deel uit van een uitgebreid onderzoek naar de ergonomie van de technische centrale. Ook werd, in een ander deel van het project en buiten de oefeningen om, de mening van de bemanning over de technische centrale gepeild.

Voor de werkbelastingmetingen werden werkbelastingshorloges ("workload watches") aan de bemanning uitgereikt. Met deze op de pols gedragen apparaten werd gemeten *tijdens het werk*. De werkbelastingshorloges bleken aan de verwachtingen te voldoen; de bemanning kon de werkbelasting inderdaad rapporteren tijdens het werk, zonder dat dit het werk hinderde. Aldus werden werkbelastingsprofielen verzameld die vervolgens op pieken geanalyseerd werden. Dergelijke pieken—perioden waarin de werkbelasting te hoog was—werden aangetroffen bij de twee managers (20% en 7% van de tijd) en bij een van de drie operators, de energie-operator (11% van de tijd).

In het zoeken naar mogelijke oorzaken werd verdisconteerd dat bepaalde onderdelen van de technische centrale nog vrij nieuw waren—o.a. het plotten van schade vanaf de sectieposten—waardoor met name de managers het systeem mogelijk niet ten volle benut hebben. Aanbevolen wordt de werkbelasting opnieuw te meten over ongeveer een jaar. De oorzaak van de overbelaste energie-operator werd herleid tot het vele onthoud- en zoekwerk dat nodig is om ruimten "spanningsloos" te maken. De aanbeveling is: ondersteun deze operator beter bij de uit te voeren taak. Dit zou de ergonomie van de technische centrale ten goede komen en bovendien een nogal *ad hoc* toegevoegde hulpkracht uitsparen. Het rapport laat zien dat werkbelastingmetingen nuttig zijn bij ergonomische evaluaties.

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	3
SUMMARY	4
1 INLEIDING	5
1.1 NATO RSG.24	5
1.2 Huidige onderzoek	7
2 TECHNISCHE CENTRALE EN GBB	7
2.1 Inrichting	8
2.2 Informatie en bediening	9
2.3 Bemanning en taakverdeling	10
3 METINGEN TIJDENS OEFENINGEN	11
3.1 Deelnemers	11
3.2 Methode	11
3.3 Procedure	12
3.4 Resultaten	13
4 DISCUSSIE	16
REFERENTIES	18
BIJLAGE      Instructie Werkbelastingshorloge	19

Rapport nr.: TM-96-A034  
Titel: Werkbelasting in de Technische Centrale van het M-fregat  
Auteur: Dr. L.C. Boer  
Instituut: TNO Technische Menskunde  
Afd.: Informatieverwerking  
Datum: augustus 1996  
DO Opdrachtnummer: A95/KM/366  
Nummer in MLTP: 787.1

---

## SAMENVATTING

In dit rapport wordt verslag gedaan van werkbelastingsmetingen in de technische centrale van een M-fregat tijdens gesimuleerde oorlogsomstandigheden. De metingen maakten deel uit van een uitgebreid onderzoek naar de ergonomie van de technische centrale waar, buiten de oefeningen om, ook de mening van de bemanning over de technische centrale in interviews werd gepeild (zie de desbetreffende rapporten van de Koninklijke Marine).

Voor de werkbelastingsmetingen werden werkbelastingshorloges ("workload watches") aan de bemanning uitgereikt. Met deze op de pols gedragen apparaten werd gemeten *tijdens het werk*. De werkbelastingshorloges gaven elke vijf minuten een signaal waarop de drager aangaf hoe groot de werkdruk op dat moment was. Tijdstip van signaal en reactie werden automatisch vastgelegd voor latere analyse. De werkbelastingshorloges bleken aan de verwachtingen te voldoen; de bemanning kon de ervaringen van werkbelasting tijdens het werk inderdaad rapporteren en zonder het werk te storen.

De resultaten geven het volgende beeld. Gemiddeld werd een "normale" werkbelasting geconstateerd, maar incidenteel waren er perioden met een te hoge werkbelasting. Dit was het geval bij de twee managers (20% en 7% van de tijd) en bij een van de drie operators, de energie-operator (11%).

Bij het daaropvolgende zoeken naar mogelijke oorzaken werd verdisconteerd dat bepaalde onderdelen van de technische centrale nog vrij nieuw waren—o.a. het plotten van schade vanaf de sectieposten—waardoor met name de managers het systeem waarschijnlijk niet ten volle benut hebben. Aanbevolen wordt de werkbelasting opnieuw te meten over ongeveer een jaar. De oorzaak van de overbelaste energie-operator werd herleid tot het vele onthouden en zoekwerk bij het "spanningsloos" maken. De aanbeveling is: ondersteun de operator beter bij de uit te voeren taak. Dit zou de ergonomie van de technische centrale ten goede komen en bovendien een nogal *ad hoc* toegevoegde hulpkracht uitsparen. Het rapport laat zien dat werkbelastingsmetingen nuttig zijn bij ergonomische evaluaties.

---

## Mental Workload in the Ship Control Centre of the M-frigate

L.C. Boer

### SUMMARY

The report describes workload measurements in the ship control centre of the M frigate during exercises under simulated war conditions. The measurements were part of a large human-engineering evaluation of the ship control centre, in which, outside the exercises, also the opinions of the crew of the ship control centre were gauged. The results of the interviews are described in reports of the Royal Netherlands Navy.

Used for the measurement of workload were "workload watches", wrist-mounted apparatus designed for measuring *on the job*. The watches delivered signals every five minutes whereupon the wearer indicated the amount of workload experienced at the moment. Times of signal delivery and key-press response were recorded automatically for later analysis. The workload watches lived up to expectations; the crew was indeed able to report on the job the experiences of workload and without disturbing their task.

Results were as follows. The average workload was "normal", but occasionally periods of (too) high workload were reported. This was the case for both managers (20% and 7% of the time) and for one of the three operators, the energy operator (11%).

The fact that parts of the ship control centre were relatively new was taken into account in the subsequent search for the possible causes of overload; especially plotting of damage from the section posts had hardly been used before. In consequence, the managers may not have realized the full potential of the system. It is recommended to measure mental workload again a year later. The cause of the E-operator's overload was the multitude of memory and search tasks when shutting off electricity. The recommendation is: provide the operator with more support for this task, which would constitute a considerable improvement upon the ergonomy of the ship control centre and, moreover, would save a fairly *ad hoc* added assistant. The report demonstrates the use of workload measurement for ergonomic evaluations.

## 1 INLEIDING

De automatisering van de technische centrale op het M-fregat wijkt nogal af van de minder geautomatiseerde situatie op eerdere fregatten. De vraag van de Koninklijke Marine is of de nieuwe automatisering voldoende rekening houdt met de kenmerken en eigenschappen van de gebruiker en zo niet, welke ergonomische verbeteringen bereikt kunnen worden. Belangrijk is ook welke lering hier te trekken valt voor ontwerp van het toekomstige luchtverdedigings- en commandofregat.

### 1.1 NATO RSG.24

NATO Panel 8 Research Study Group 24 "Human Engineering Testing & Evaluation" noemt werkbelasting als een van de punten voor ergonomische evaluatie. Een goed ontworpen mens-machine systeem mag namelijk in het gebruik geen hoge werkbelasting opleggen. Vastgesteld moet worden in welke mate gebruiker zich mentaal moet inspannen om tot een goede prestatie te komen en of deze inspanning niet te hoog is. Blijkt de werkbelasting te hoog te zijn, dan moeten maatregelen getroffen worden.

Voor het meten van de mentale werkbelasting zijn verschillende methoden: opinie-methoden, methoden gebaseerd op taakprestatie en methoden gebaseerd op lichamelijke reacties (zie b.v. Boer, 1992). In het huidige onderzoek werd een opinie-methode gebruikt. Tijdens het werk gaven de gebruikers steeds een beoordeling van hun eigen werkbelasting.

Beoordeling van de werkbelasting is ook te vinden bij de principes voor ergonomisch ontwerp zoals o.a. vermeld in het *Handbook of Human Factors* van Salvendy, met name in het hoofdstuk over *software interface design* van Williges, Williges en Elkerton (1987; de principes zijn compatibiliteit, consistentie, structuur, feedback, geheugen, werkbelasting en individualisatie)<sup>1</sup>. Williges e.a. zien een duidelijke relatie tussen het principe van minimale werkbelasting en het principe van minimale geheugenbelasting; geheugenbelasting draagt immers in sterke mate bij tot de werkbelasting.

Naast werkbelasting noemt RSG.24 nog drie andere punten voor ergonomische evaluatie van mens-machine systemen: gebruikersopinie, inrichting werkplek en prestatie van de gebruikers. Samen vormen deze punten een dekkend pakket voor ergonomische evaluatie. Daarnaast is er nog een algemeen methodologisch punt, de typering van de gebruiker—een voorwaarde voor een goede uitvoering van de andere punten. De verschillende punten van RSG.24 worden nu kort genoemd.

**A. Typering gebruikers.** Omschrijf de gebruikers die bij de evaluatie betrokken zijn. Met name gaat het om de ervaring die ze hebben; de resultaten van onervaren gebruikers moeten anders geïnterpreteerd worden dan de resultaten van ervaren gebruikers. Daarnaast zijn ook lichaamsmaten belangrijk, zoals lengte en gewicht. Rugklachten kunnen immers het gevolg

---

<sup>1</sup> Voor een eerdere toepassing van de principes van Williges voor een evaluatie van de ergonomie, zie Van Delft, Van Schoonderwalt en Blom (1994).

zijn van bijzondere lichaamsproporties. Typering van de gebruikers is bovendien nuttig om misverstanden aan het licht te brengen. Bijvoorbeeld kan blijken dat de gebruikte proefpersonen de ingenieurs waren die het systeem hebben ontworpen, of dat de directeur of commandant als proefpersoon gebruikt is.

**B. Opinie gebruikers.** Wat vinden de gebruikers van het systeem. Zijn bepaalde aspecten plezierig en handig of juist irritant en onhandig. Alle aspecten komen aan de orde vanaf de plaats van de werkplek ("te dicht bij de deur", "precies goed ten opzichte van mijn collega", enz.) de inrichting van de werkplek ("prettige stoel", "geen schrijfruimte", enz.) tot beeldscherm en bedieningsmiddelen ("duidelijke informatie-aanbieding", "scherm traag", enz.). Het is verstandig de enquête tevoren op te stellen.

Bij evaluatie van de resultaten moet onderscheid gemaakt worden tussen meningen en feiten. De opinie van de gebruikers is niet meer dan een signaal; deze mening kan niet klakkeloos overgenomen worden, maar moet getoetst worden tegen de feiten. Bijvoorbeeld kan de gebruiker klagen dat bepaalde informatie niet beschikbaar is, terwijl in werkelijkheid de informatie er wel is, maar de gebruiker is daar niet van op de hoogte, of de informatie is er wel, maar is buitengewoon moeilijk toegankelijk. De klacht dient dus als reëel geaccepteerd te worden, maar toetsing aan de feiten moet leren hoe de klacht zo verholpen kan worden, bijvoorbeeld door het systeem te veranderen, door betere instructie of door de opleiding te verbeteren. Gewaakt moet worden tegen een wensvervullend wegedeneren van klachten ("meningen wegstrepen tegen feiten") teneinde een zo gunstig mogelijke beoordeling van het systeem te krijgen; in dit verband wordt beoordeling door externe deskundigen aanbevolen.

**C. Inrichting werkplek.** Iedere operatorpositie wordt geobserveerd en gemeten in verband met (a) lichaamshouding, (b) schermen en bedieningsmiddelen en (c) omgevingsaspecten. Bij (a) *lichaamshouding* gaat het om de houding tijdens het werk, een zodanige plaatsing van informatie-bronnen dat ze met normale houding en zonder verdraaiing van lichaamsdelen geïnspecteerd kunnen worden, en zonder dat veel wisseling van houding nodig is, bijvoorbeeld van zittend naar staand. Bij *schermen en bedieningsmiddelen* gaat het om consistentie in het aanbieden van informatie en in de functionaliteit van bedieningsmiddelen (b.v. waarschuwingen altijd op dezelfde manier, b.v. de ESC toets brengt je altijd terug naar het vorige scherm). Bij *omgevingsaspecten* gaat het om verlichting, verblinding, lawaai, tocht, stank, enzovoort.

**D. Werkbelasting.** Hierover werd reeds gesproken in de eerste twee alinea's van de huidige § 1.1.

**E. Prestatie gebruikers.** Vastgesteld wordt welke prestatie de gebruiker levert. Het gaat hier om de prestatie van de mens—niet om de totaal-prestatie mens plus de rest van het systeem. Tevoren worden taken gedefinieerd en criteria voor voldoende vervulling van die taken. Noodzakelijke voorbereiding is, ten eerste, het definiëren van taken met een duidelijk begin- en eindpunt (b.v. brandalarm en inschakelen van blussers) en, ten tweede, een criterium om te beoordelen wanneer taakuitvoering voldoende is (b.v. binnen 4 s). Ook moet het operationele belang van een goede prestatie duidelijk zijn. Aldus wordt duidelijk of de bijdrage van de mens aan het totaal voldoende is.

## 1.2 Huidige onderzoek

In het huidige onderzoek werd de werkbelasting van de bemanning van de TC gemeten onder gesimuleerde oorlogsomstandigheden. Gebruik werd gemaakt van de zgn. *workload watch* of werkbelastingshorloge—een apparaat dat metingen *tijdens het werk* mogelijk maakt zonder de mensen in hun taak te storen. Het beeld van de werkbelasting wordt op die manier duidelijker dan wanneer pas na afloop van het werk gemeten wordt.

Het onderzoek naar werkbelasting maakte deel uit van een bredere evaluatie waarin ook ingegaan werd op de punten *inrichting van de werkplek* en *opinie van de gebruikers*. Dit deel van het onderzoek werd door de Koninklijke Marine samen met TNO-TM uitgevoerd door middel van een uitgebreide interviews met de bemanning. In de interviews gaf de bemanning aan wat in de praktijk aan knelpunten ervaren werd. De Koninklijke Marine heeft hierover in eigen beheer gerapporteerd, zie Schreijer en Kollöffel, 1996a,b.

Het meten van de *prestatie van de gebruikers*, het laatste punt van ergonomische evaluatie, bleek niet mogelijk omdat de Koninklijke Marine slechts normen en criteria heeft voor een totaal-prestatie en niet voor prestaties van individuele bemanningsleden.

## 2 TECHNISCHE CENTRALE EN GBB

Vanuit de technische centrale wordt leiding gegeven aan de scheepstechnische bedrijfsvoering (platforminstallaties), inclusief beheer en onderhoud en aan de bestrijding van schade door calamiteiten zoals branden en lekkages. De scheepstechnische bedrijfsvoering is sterk geautomatiseerd in het geïntegreerd bedienings- en bewakingssysteem of GBB. Ook het bij deze bedrijfsvoering horende beheer en onderhoud worden (gedeeltelijk) via het GBB uitgevoerd. Het GBB is, eveneens gedeeltelijk, betrokken bij de tweede hoofdtaak van de TC, het bestrijden van schade veroorzaakt door calamiteiten. Onderdeel van het GBB is het informatieverwerkend systeem (IVS). Het IVS is in de loop der jaren dikwijls van *software-updates* voorzien. Ook is het in fases in gebruik gesteld. Zo is het *plotten vanaf de sectieposten* (hierover later meer) pas in het voorjaar van 1995 in gebruik gesteld, ruim een half jaar voor de week waarin het onderzoek plaatsvond. De in het huidige rapport beschreven situatie is Versie 22.

De bestrijding van schade gaat voor een deel buiten het GBB om. De bemanning van de TC maakt, zonder GBB, bestrijdingsplannen inclusief verzorging van gewonden en zet dan, ook weer zonder GBB, brandaanvalsploegen of stutploegen in en geeft vervolgens leiding aan dit werk. De vorderingen inzake de schadebeheersing of *damage control* worden bijgehouden in de zgn. averijplots van het GBB. Informatie van overal in het schip geplaatste brand-, rook- en watersensoren wordt automatisch overgenomen in de averijplots. Bovendien staat de bestrijding van schade in de praktijk niet los van de scheepstechnische bedrijfsvoering. Schade heeft immers dikwijls gevolgen voor de platforminstallaties. Onvolledig of zelfs helemaal niet meer functioneren kan het directe gevolg van de schade zijn, maar kan ook

indirect veroorzaakt worden als in verband met blussen bepaalde ruimten op het schip spanningsloos gemaakt worden. Ook tijdens schadebestrijding wordt het GBB dus gebruikt.

Het GBB omvat meer dan alleen de TC. Tot het GBB behoren ook de elementaire werkstations op voor- en achterschip, de sectieposten. Vanaf deze posten kunnen de vorderingen inzake de schadebestrijding eveneens bijgehouden worden. De TC krijgt dan "automatisch" de bijgewerkte averijplots. Deze sectieposten zijn overigens nog maar zeer kort in gebruik genomen en men heeft nog weinig ervaring met het plotten vanaf de sectieposten. Eveneens buiten de TC zijn er, verspreid over het schip, lokale bedieningsmogelijkheden te vinden. Vrijwel alle platforminstallaties hebben lokale bedieningsmogelijkheden.

## 2.1 Inrichting

De TC is een ruimte van ongeveer  $7 \times 5$  m, zoals afgebeeld in de plattegrond van Fig. 1. Tegen de voorwand zijn drie operatorposities ingericht, daarachter twee managementposities.

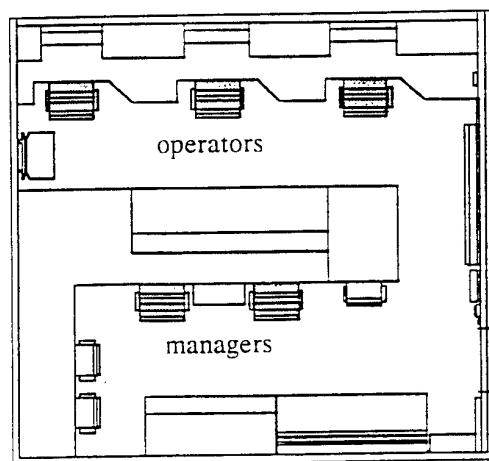


Fig. 1 Plattegrond van de technische centrale: drie operatorposities voorin, twee managementposities daarachter.

Iedere operatorpositie heeft drie beeldschermen. Rond de middelste positie zijn een aantal knoppen voor directe bediening gegroepeerd. Eén van de beeldschermen is gereserveerd voor alarmen; de andere twee zijn vrij te gebruiken voor mimics en averijplots. Fig. 2 laat de operatorposities zien. De managementposities hebben maar één beeldscherm en geen directe bedieningen. Alle posities hebben een *multifunction terminal* voor communicatiedoeleinden, een trackerball en een toetsenbord. Voor andere communicatie is er tussen de middelste en de linker operatorpositie een telefoon, tussen de beide managers in een onafhankelijk omroepsysteem, en een *single function* telefoon op de rechter managementpositie.

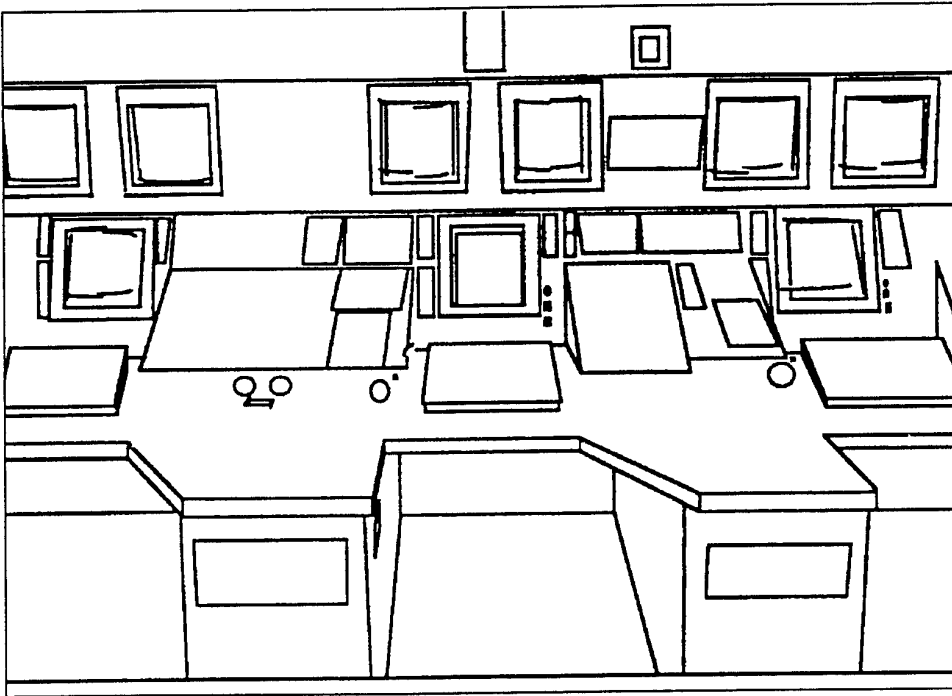


Fig. 2 De operatorposities in perspectief.

## 2.2 Informatie en bediening

Beeldscherm-informatie bestaat uit *mimics* en *averijplots*. De *mimics* zijn schematische weergaven van de verschillende platforminstallaties en de processen die zich daar afspelen. Typerend is een grote mate van voorbewerking. Informatie van sensoren wordt doorgegeven via een van acht lokale verwerkingseenheden (LVE's) of via een van drie hoofdautomatieken. Op basis van een Booleaanse berekening kan een toestand van het systeem afgeleid worden (*derived state*). Een voorbeeld is het *druk-flow algoritme* gebaseerd op de stand van een aantal kleppen. Ook alarmen kunnen voorbewerkt zijn; de operators kunnen alarmen namelijk op nonactief zetten (*disable*). Hele componenten kunnen *disabled* worden zoals de osmose-unit voor zoetwaterbereiding. Alle alarmen van die component worden dan onderdrukt. Daarnaast zijn er voorgeprogrammeerde *inhibits* die aan het GBB intelligentie geven. Ze zorgen er bijvoorbeeld voor dat de sensorwaarden die bij het opstarten normaal, maar bij normaal bedrijf abnormaal zijn, bij opstarten geen alarm geven. Verder verschijnen alarmen alleen op het beeldscherm als men òf verantwoordelijk is voor de desbetreffende functionaliteit (*master*) òf als *slave* kennis moet nemen van deze functionaliteit.

In totaal zijn er ongeveer 50 genummerde *mimics*. Operators kunnen *mimics* oproepen op nummer of doorbladeren op volgorde. Ze kunnen op de *mimics* bedieningen uitvoeren en informatie over de componenten van de *mimics* aflezen of opvragen. Daarnaast zijn er de reeds genoemde knoppen (plus signaleringslampen) voor directe bediening, buiten de *mimics* om. De *averijplots* zijn plattegronden of zijaanzichten van het schip of van close-ups van het schip. De operators selecteren uit een standaard-repertoire een bepaald symbool en zetten dit

met een zgn. trackball op de juiste plaats om zo de vorderingen bij uitbreiding en bestrijding van de schade bij te houden.

### 2.3 Bemanning en taakverdeling

De TC heeft bij calamiteiten een vijfhoofdige bemanning verdeeld over de vijf posities. De linker managementpositie is gereserveerd voor het hoofd van de technische dienst, het HTD. Deze persoon heeft de algemene leiding bij bestrijding van schade, voorziet de rest van het schip van informatie over de calamiteit en is het aanspreekpunt voor de bemanning buiten de TC. De rechter managementpositie is voor de OG-HTD (OG=ondergeschikt), ook wel plaatsvervangend HTD genoemd (PLV-HTD). Deze persoon ondersteunt het HTD en geeft directe leiding aan de bestrijding van schade. In die laatste hoedanigheid wordt hij ook wel D-officier of *damage-control officier* genoemd. Zowel HTD als OG-HTD zijn officieren. De operators hebben de rang van korporaal t/m sergeant-majoor.

Er is een E-operator, een VST-operator en een NBCD-operator. Bij volledige bezetting bemannen zij achtereenvolgens de linker-, de middelste en de rechterpositie. In rustige omstandigheden is soms maar één positie bemand, meestal de middelste, waaraan dan alle functionaliteit is toegewezen. De momentane functietoewijzing wordt doorgegeven aan het GBB en dan automatisch weergegeven op een groot en hoog geplaatst bord boven de VST-positie, zie Fig. 3.

E-functionaliteit	◆ ○ ○	○ ◆ ○	◆ ○ ○
VST-functionaliteit	○ ◆ ○	○ ◆ ○	○ ◆ ○
NBCD-functionaliteit	○ ○ ◆	○ ◆ ○	○ ◆ ○

Fig. 3 Functietoewijzingen. Links de 1 : 1 toewijzing (alle posities bemand, typerend voor oefeningen); in het midden een toewijzing van alle functionaliteit aan de middelste positie (alleen middelste posities bemand); rechts een toewijzing van de NBCD-functionaliteit aan de middelste positie (rechterpositie onbemand). (Kolommen = posities; ◆ = lamp aan; ○ = lamp uit.)

De hoofdtaken van de operators zijn als volgt. De E (energie) operator zorgt voor het spanningsloos maken van ruimten in het schip zodat vrijuit geblust kan worden. Een complicatie ontstaat wanneer de commandant de prioriteit op "vechten" stelt. Wapensystemen moeten dan spanning blijven houden. De E-operator moet nagaan of ruimten wel spanningsloos gemaakt mogen worden of moet voorstellen doen voor elektrische overbruggingen. Bij gereedheidstoestand 1 en 2 en zeezicht brandpiket beschikt hij over een matroos of een korporaal voor assistentie.

De VST (voortstuwings) operator heeft bij storingen in de machinekamer ("MK nood") een belangrijke taak. Daarnaast helpt hij de NBCD-operator met het abrupt stoppen van de ventilatie zodra brand ontdekt is. (In het algemeen zal de eerste persoon die daartoe in staat is deze *crashstop* of ventilatienoodstop uitvoeren.) De *crashstop* voorkomt dat zuurstof naar de brandhaard gevoerd en giftige en bijtende rook door het schip verspreid wordt.

De NBCD operator (NBCD staat voor nucleair, biologisch, chemisch & damage) analyseert de alarmen, heeft contact met de plaats des onheils en houdt de vorderingen via averijplots bij. Als een brand ontdekt wordt, voert hij de ventilatienoodstop uit.

### 3 METINGEN TIJDENS OEFENINGEN

#### 3.1 Deelnemers

De werkbelasting werd gemeten van alle personeel dat op het moment van oefening de TC bemande. De deelnemers worden vermeld in Tabel I.

Tabel I Kenmerken van bemanningsleden.

leeftijd, functie	M-fregat, rang	vroegere ervaring
33 jaar, voortstuwing/E	6½ jaar, SGTTDE	GW-fregat
41 jaar, Platform/E	6½ jaar, SGTTDE	S&L-fregat
46 jaar, chef-E & GBB	1 jaar, SGTMJR	jagers, OZB
29 jaar, OG-HTD	½ jaar, LTZ2OC	GW-fregat
34 jaar, HTD	0,8 jaar, LTZ1	OZB

#### 3.2 Methode

Tijdens oefeningen gaven de deelnemers om de vijf minuten een indruk van hun werkbelasting op een 7-puntsschaal. Dit werd mogelijk gemaakt door gebruik van het zgn. werkbelastingshorloge, en door TNO ontwikkeld apparaat (zie Boer, 1994). Het werkbelastingshorloge is een op de pols gedragen module en een wat grotere in de broekzak of aan de broekriem te dragen microcomputer. Op de polsmodule was de scheepstijd zichtbaar. Daaronder was in een tweede regel plaats voor statusgegevens over het werkbelastingshorloge (b.v. "pauze"). Direct daaronder bevonden zich de knoppen 1 t/m 5, zie Fig. 4. Met een knop rechtsboven naast het venster kon het horloge op pauze gezet worden en, door een tweede druk op die knop, weer actief gemaakt worden. Als het horloge actief was, gaf de polsmodule om de 5 minuten een trilsignaal ("stil alarm"), voor de drager van een teken om de werkbelasting van de afgelopen tijd te typeren met een cijfer 0 t/m 6. Het cijfer nul werd ingetypt door 2× achter elkaar op de "1" te drukken; het cijfer 6 door 2× achter elkaar op de "5" te drukken. De betekenis van de cijfers wordt aangegeven in Fig. 4. Ieder van de vijf bemanningsleden kreeg een eigen werkbelastingshorloge. Om verwarring te voorkomen hadden de horloges stickers met de opschriften HTD, OG-HTD, E, VST en NBCD.

- 6: *overbelast*
- 5: *heel druk,*  
*maximum in zicht*
- 4: *druk*
- 3: *normaal werk*
- 2: *niet al te druk*
- 1: *weinig werk*
- 0: *geen werk*

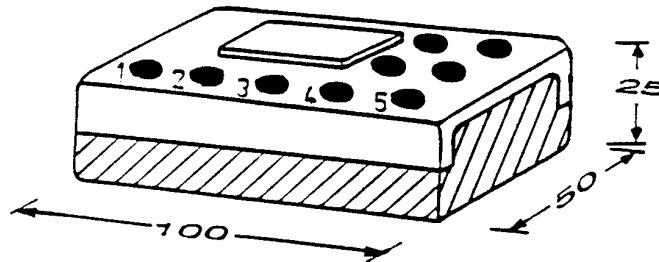


Fig. 4 Polsmodule van het werkbelastingshorloge, maten in mm.

De middenknop "3" had de betekenis van "normale drukte". Alle drukknop-acties werden in de microcomputer opgeslagen voor latere analyse.

### 3.3 Procedure

De bemanningsleden kregen vooraf instructie over het werkbelastingshorloge. Een geschreven exemplaar van deze instructie lag ter inzage in de TC—zie de Bijlage. Het verzoek was de werkbelastingshorloges aan het begin van een oefening om te doen en te activeren. Elk werkbelastingshorloge had een eigen timing van trilsignalen; bijvoorbeeld het E-horloge op minuut 1, 6, 11, 16 enz., het VST-horloge op minuut 3, 8, 13, 18 enz., het NBCD-horloge op minuut 0, 5, 10, 15 enz. Na afloop van de oefening werd het werkbelastingshorloge op pauze gezet en afgedaan. Het horloge bleef liggen op "zijn" positie.

Er waren zeven oefeningen, gehouden in Week 2 van een FREGON-training, aangeduid met de letters A t/m G. Bij alle oefeningen ging het om schade, soms ook technische storingen. Bij de oefeningen B en F werd niet gemeten omdat de technische centrale direct verlaten werd (oefening B) of omdat verschillende operators afwezig waren (oefening F, een machinekamerprobleem).

De oefeningen worden nu kort beschreven. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen oefeningen die één calamiteit omvatten, en samengestelde oefeningen, die meerdere calamiteiten omvatten. Samengestelde oefeningen waren complex door de afhankelijkheidsrelaties tussen de verschillende calamiteiten. De meettijd slaat op de tijd dat het werkbelastingshorloge actief was gemiddeld over de vijf bemanningsleden. De meettijd is altijd korter dan de totale tijd van de oefening; het werkbelastingshorloge werd meestal iets te laat aangezet en werd bijvoorbeeld uitgezet tijdens de korte lunchpauze van oefening G.

Oefening A: helikopter noodlanding veroorzaakt brand. Enkelvoudige oefening, maandag begin van de middag. Meettijd 64 minuten.

Oefening B: ontruiming TC na treffer. Enkelvoudige oefening, maandag eind van de middag. Niet gemeten.

Oefening C: branden bij goalkeeper en in radarruimte, rookafvoerproblemen. Samengestelde oefening met wisselende prioriteitsstelling, maandagavond. Meettijd 69 minuten.

Oefening D: brand OB2, gevechtswacht, prioriteit "vechten". Enkelvoudige oefening, dinsdagmiddag. Meettijd 102 minuten.

Oefening E: door vijandelijke airstrikes branden in DGA, koelmachine, goalkeeper en voormachinekamer. Samengestelde oefening dinsdagmiddag. Meettijd 116 minuten.

Oefening F: Machinekamer noodmaatregelen. Oefening in hoofdzaak voor de VST-operator, woensdagavond. Niet gemeten.

Oefening G, Weekly Day of War: vijandelijke air- en surfacestrikes; bom in OB2, lekkages, brand kombuis, gat in romp, water in de machinekamer, treffer op de brug, brand omzetterruimte/wasserij, kabelgat, treffer in de commandocentrale gevolgd door ontruiming commandocentrale. Samengestelde oefening donderdag van 8.00 tot 16.00 uur, onderbroken door *action messing*—een kort bezoek aan het cafetaria. Meettijd 365 minuten.

### 3.4 Resultaten

Tabel II laat de werkbelastingmetingen zien voor de verschillende bemanningsleden over de oefeningen. Gemiddeld schatte men de werkbelasting op 2.49, iets beneden 3, "normale drukte". De onderste rij van de tabel geeft een indruk per bemanningslid. De managers ervoeren een hogere werkbelasting dan de operators; zij scoorden gemiddeld 3.1; de operators 2.1. Van de drie operators was de E-operator met een gemiddelde van 2.6 duidelijk het zwaarst belast. De laatste kolom van Tabel II geeft de verschillen tussen de oefeningen. Alleen bij Oefening E lag de werkbelasting boven normaal: 3.4. De enkelvoudige oefeningen waren relatief gemakkelijk met een score van 1.96; de samengestelde oefeningen (C, E en G) hadden een score van 2.84.

Tabel II Werkbelasting voor de bemanningsleden per oefening (meettijd tussen haakjes).

oefening		bemanningslid					gemiddeld
		HTD	OG	E	VST	NBCD	
A	(64 min)	1.55	1.82	1.76	2.32	2.08	1.91
B	(0 min)	—	—	—	—	—	—
C	(69 min)	3.96	3.81	1.81	1.32	1.38	2.46
D	(102 min)	2.80	2.51	2.73	0.75	1.22	2.00
E	(116 min)	3.70	3.69	4.77	2.77	2.20	3.43
F	(0 min)	—	—	—	—	—	—
G	(353 min)	4.03	2.95	1.86	1.83	2.45	2.62
<b>gemiddeld</b>		<b>3.21</b>	<b>2.96</b>	<b>2.59</b>	<b>1.80</b>	<b>1.87</b>	<b>2.49</b>

Fig. 5 laat de werkbelasting van de verschillende oefeningen nog eens zien in de vorm van een staafdiagram over de tijd. In Oefening G is de middagpauze waarbij de gehele bemanning de TC verliet te herkennen als een witte streep. Het beeld van Fig. 5 is wat afgevlakt omdat over de verschillende bemanningsleden gemiddeld werd. Fig. 6 geeft, voor één oefening, een illustratie dat de variatie over de tijd per persoon groter was. De variatie over de tijd werd echter pas interessant als een bepaalde grens overschreden werd. Deze grens werd hier gesteld op een werkbelasting van 5, "heel druk, maximum in zicht". Wie deze

schatting gaf (WB=5), werd geacht te dicht tegen zijn maximum aan te zitten. Nog alarmerender is uiteraard de schatting "overbelast" (WB=6). Tabel III laat zien hoe lang hoge werkbelasting duurde (WB=5 of WB=6) over de oefeningen en de bemanningsleden.

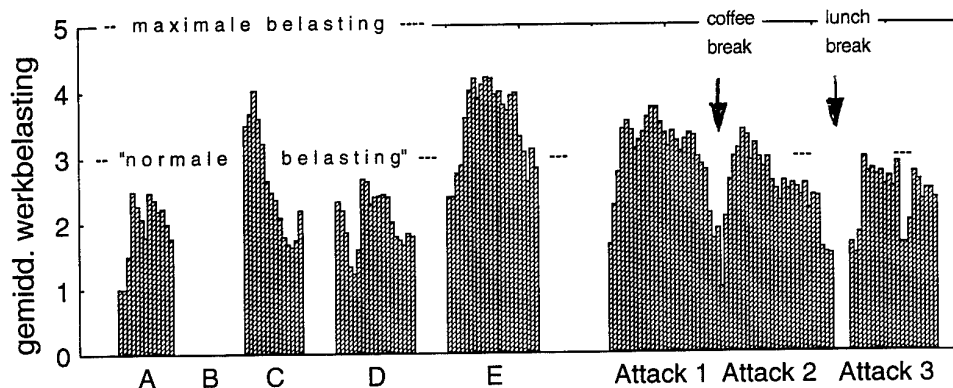


Fig. 5 Werkbelasting gemiddeld over de bemanningsleden als functie van de verschillende oefeningen. (Elk staafje vertegenwoordigt de werkbelasting over een periode van 5 minuten.)

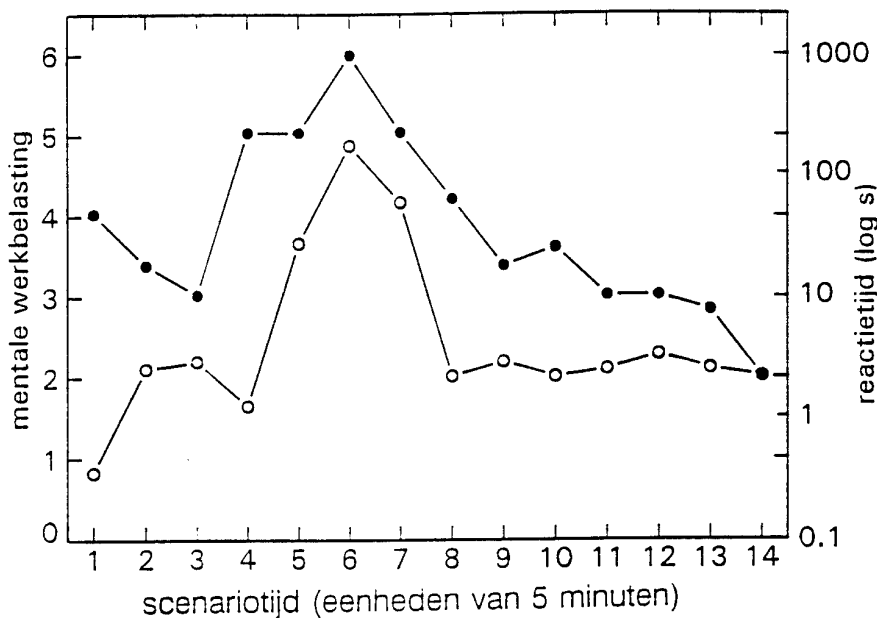


Fig. 6 Variatie in werkbelasting (gesloten rondjes) tijdens een oefening. (Gegevens afkomstig van het HTD bij oefening C. De figuur laat tevens—open rondjes, rechters—zien hoeveel tijd verliep tussen het signaal om de werkbelasting te schatten en het moment dat het HTD op een van de knoppen drukte. Er is hier een duidelijke parallel tussen werkbelasting en reactietijd—de correlatie is 0.63. Deze parallel ontbreekt echter meestal; gemiddeld over deelnemers en oefeningen is de correlatie slechts  $-0.08$ . Bij de instructie werd ook niet gesproken over snel reageren.)

Tabel III Duur van hoge werkbelasting (in minuten) voor de bemanningsleden bij de verschillende oefeningen.

oefening	bemanningslid				
	HTD	OG	E	VST	NBCD
A	0	0	0	0	0
B	—	—	—	—	—
C	35	20	5	0	0
D	0	0	0	0	0
E	5	30	70	0	0
F	—	—	—	—	—
G	105	0	0	0	0

Het HTD had de meeste perioden van hoge werkbelasting, in totaal 2 uur en 10 minuten, dat is 20% van de totale meettijd tijdens oefeningen (11 uur drie kwartier). De OG-HTD was in totaal 50 minuten zwaar belast, 7% van de meettijd tijdens oefeningen. De E-operator was 1 uur en 15 minuten zwaar belast, 11% van de meettijd tijdens oefeningen. De VST- en de NBCD-operators hadden geen overmatige werkbelasting. De gegevens worden nu per oefening uitgewerkt.

In **oefening A** waren geen momenten van hoge werkbelasting. Wel was de NBCD-operator tegen het eind van de oefening opeens “drukker dan normaal”, opmerkelijk omdat de persoon zeer ervaren was en de calamiteit al voorbij was. Inspectie van de autolog met componentbedieningen liet zien dat de NBCD-operator bezig was installaties weer in bedrijf te stellen en de averijplots op te schonen. Bevreemdend was dat de stijging van werkbelasting bij andere oefeningen ontbrak, terwijl daar toch ook installaties weer in bedrijf gesteld en averijplots opgeschoond moesten worden. Bij latere navraag gaf de deelnemer te kennen dat hij handelde uit irritatie over de “onhandige bediening” van het GBB bij het opschonen.

In **oefening C** had het HTD 35 min lang een hoge werkbelasting. In ongeveer dezelfde periode had de OG-HTD eveneens een hoge werkbelasting en was hij eenmaal “overbelast” (WB=6, zie Fig. 6). Uit observaties bleek dat veel personen in- en uitliepen met mededelingen over de toestand van het schip. Deze personen meldden zich voornamelijk bij het HTD. De OG-HTD liep heen en weer tussen zijn beeldscherm en het averijbord aan de wand. Personen die op dat moment de managers aanspraken, kregen nauwelijks contact. Kort voor de piek van de OG-HTD had de E-operator een piek van 5 minuten. Op dat moment discussieerden de managers en de E-operator heftig over het spanningsloos maken. De E-operator was bezig met zoeken in de handboeken.

In **oefening D** was er geen hoge werkbelasting.

In **oefening E** was er een plateau van ruim een uur waarin de werkbelasting van alle bemanningsleden hoger lag dan daarvoor en daarna. Het HTD ondervond daarin 5 minuten zware belasting (WB 5 of 6), de OG-HTD 30 minuten, de E-operator 70 minuten. De E-operator gaf zelfs voor 12 van de 14 perioden overbelasting aan (WB=6). In het desbetreffende tijdsblok moest onder de prioriteit “vechten” nagegaan worden, welke consequentie het spanningsloos maken van verschillende ruimten had voor de gevechtskracht. Door

branden waren bepaalde generatoren voor energieopwekking uitgevallen. Op zeker moment maakte de E-operator nog een schakelfout waardoor even de spanning in de TC wegviel. Ook vielen door gebrek aan koeling de onderste beeldschermen van alle operators uit, inclusief het beeldscherm van de E-operator die toen nog maar één scherm vrij had; het GBB reserveert altijd één scherm voor alarmen. Pas toen de prioriteit weer bij "varen" lag, zakte de werkbelasting. HTD en OG-HTD waren, net als bij oefening B, druk met organisatie en berichtenwisseling.

In de langdurige **oefening G** had het HTD ongeveer drie kwartier na het begin een periode van ruim anderhalf uur waar de werkbelasting meestal te hoog was. Op een enkele uitzondering na was zijn werkbelasting 5, "heel druk, maximum in zicht", een enkele keren 4 "druk". 's Middags had hij nog twee losse perioden van 5 minuten  $WB=5$ .

#### 4 DISCUSSIE

De werkbelasting tijdens oefeningen lag in het algemeen rond een "normale" drukte ( $WB=3$ ). Hieruit mag worden afgeleid dat het bedienen van het GBB niet met overmatige werkbelasting gepaard ging. Dat betekent nog geen volmaakte ergonomie; zo werd bij de NBCD operator irritatie geconstateerd over het "onhandige" opschonen aan het eind van een oefening (zie verder Schreijer & Kollöffel, 1996a,b). De kernvraag was echter niet de gemiddelde werkbelasting, maar pieken in de werkbelasting. Zoals gezegd werd een werkbelasting van 5 of hoger als ongewenst gezien. Op deze pieken wordt nu nader ingegaan. Daarbij wordt gezocht naar de oorzaken.

**Managers.** Zowel HTD als OG-HTD perioden hadden 20% resp. 7% van de tijd een te hoge werkbelasting. Te oordelen naar de observaties van de onderzoekers lag de oorzaak vooral in de taken wat betreft algemene organisatie, het inzetten en uitluisteren van koeriers en verdere berichtenwisseling. Hier doet zich de vraag voor of de managers niet beter ondersteund zouden moeten worden wat betreft deze algemene organisatie. Anderzijds moet bedacht worden dat de huidige werkwijze van de TC nog vrij nieuw is. Met name was het plotten vanaf de sectieposten op voor- en achterschip nog maar pas in gebruik en hadden de managers met deze ondersteuning weinig ervaring. Te verwachten is dat de managers in de nabije toekomst het systeem beter zullen leren kennen en benutten met een daling van de werkbelasting als gevolg. Een herhaling van het werkbelastingsonderzoek zou hier duidelijkheid over kunnen geven, bijvoorbeeld een jaar later.

**Operators.** De operators waren in het algemeen niet overbelast. (Gemiddeld ervoeren ze ook minder werkbelasting dan de managers.) *Uitzondering was de E-operator die bij oefening C korte tijd en bij oefening E langdurig overbelast was.* Dit is zorgwekkend omdat de E-operator een ervaren persoon was.

Bij het zoeken naar oorzaken viel op dat het beide keren problemen betrof rond het spanningsloos maken. Het spanningsloos maken blijkt ook "erkend" te zijn als zeer belastend omdat de E-operator assistentie krijgt van een matroos of korporaal. Echter bleek nu dat zelfs met assistentie het spanningsloos maken nog te belastend was. De waarschijn-

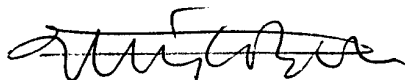
lijke oorzaak: het opzoeken van de benodigde informatie was te moeilijk. Concreet: de informatie of (wapen)systemen uitvallen als bepaalde ruimten spanningsloos worden, was alleen te vinden door de handboeken door te bladeren. Juist dit type zoekwerk leent zich uitstekend voor automatisering. Meer algemeen: Geef de operator betere ondersteuning bij uitvoering van de taak "spanningsloos maken".

Geconstateerd kan worden dat werkbelastingmetingen duidelijk kunnen maken of techniek en automatisering goed zijn afgestemd op de bemanning. Als zodanig completeren de metingen het beeld van de ergonomie van een nieuw systeem zoals de technische centrale van het M-fregat. Wel veronderstelt de in dit rapport beschreven methode een werkend systeem met goede scenario's en ervaren personeel. De noodzaak van ervaren personeel kwam in dit rapport reeds ter sprake. Een mogelijk gebrek aan ervaring bij de managers met bepaalde delen van de automatisering leidde tot de aanbeveling om de werkbelasting over een jaar nog eens te meten, als meer ervaring opgedaan is. De noodzaak van een werkend systeem (eventueel een prototype) kan voor toekomstige ontwikkelingen een probleem zijn. In dit verband wordt gewezen op het bestaan van zgn. predictieve technieken die beogen de werkbelasting "vanaf de tekentafel" te voorspellen. Aldus kan in een vroeg stadium reeds onderkend worden of de werkbelasting te hoog is en kunnen tijdig maatregelen getroffen worden zoals de hier aanbevolen extra ondersteuning.

## REFERENTIES

- Boer, L.C. (1992). Het meten van werkbelasting. In P.J.G. Keuss, G. ten Hoopen & A.A.J. Mannaerts (Eds.), *Stress* (pp. 155-172). Amsterdam: Swets & Zeitlinger.
- Janssen, W.H., Franke B. & Essens, P.J.M.D. (1996). *Naar een verbeterde benutting van het Schinkelbruggen-complex* (Rapport TM-96-C001). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Schreijer, H. & Kollöffel, C.J. (1996a). *Rapportage evaluatieonderzoek en aanbevelingen ten behoeve van het geïntegreerd bedienings- en bewakingssysteem aan boord van het M-fregat* (Rapport D5001/0154). Den Haag: Directie Materieel Koninklijke Marine, Platformsystemen.
- Schreijer, H. & Kollöffel, C.J. (1996b). *Bijlagen bij de rapportage evaluatieonderzoek van het geïntegreerd bedienings- en bewakingssysteem* (Rapport D5001/0154). Den Haag: Directie Materieel Koninklijke Marine, Platformsystemen.
- Delft, J.H. van, Schoonderwalt, A.M.W. van & Blom, I. (1994). *Eindrapport kwaliteitsbeoordeling videotextdiensten* (Rapport TNO-TM 1994 C-26). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Williges, R.C., Williges B.H. & Elkerton, J. (1987). Software interface design. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors* (pp. 1416-1447). plaats: John Wiley.

Soesterberg, 19 augustus 1996



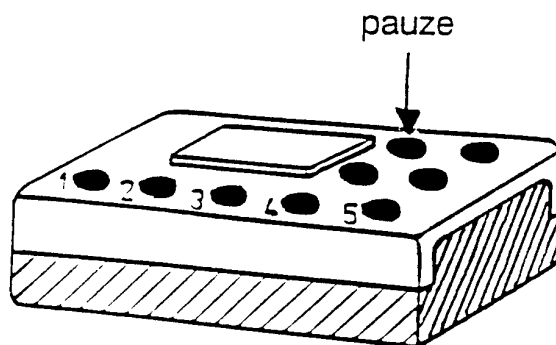
Dr. L.C. Boer  
(auteur, projectleider)

BIJLAGE      Instructie Werkbelastingshorloge

Werkbelastingshorloge Technische Centrale

Het werkbelastingshorloge is een product van TNO. U kunt met dit apparaat uw mening geven over de belasting die u tijdens het werk ervaart. U geeft uw mening door op een van de 5 knoppen te drukken.

- Knop 1 betekent: weinig te doen
- Knop 2 betekent: bezig—niet al te druk
- Knop 3 betekent: normale werkbelasting
- Knop 4 betekent: drukker dan normaal
- Knop 5 betekent: heel druk, maximum in zicht.



De figuur laat de knoppen 1 t/m 5 zien. De knoppen 1 en 5 hebben dubbele bediening. Tweemaal achter elkaar knop 1 betekent "helemaal geen werk te doen". Tweemaal achter elkaar knop 5 betekent "overbelasting". Totaal aan mogelijkheden dus:

Tweemaal Knop 1:	<i>geen werk</i>	
Eenmaal Knop 1:	<i>weinig werk</i>	
Eenmaal Knop 2:	<i>niet al te druk</i>	
Eenmaal Knop 3:	<i>normaal</i>	(middelste knop)
Eenmaal Knop 4:	<i>druk</i>	
Eenmaal Knop 5:	<i>heel druk, maximum in zicht</i>	
Tweemaal Knop 5:	<i>overbelast</i>	

Het werkbelastingshorloge geeft met signalen aan wanneer u een mening over de werkbelaasting kunt geven. De signalen komen ongeveer om de vijf minuten. Doe het horloge redelijk strak om de pols. Zit het namelijk te los, dan voelt u het signaal niet.

Kortom:

- 1 draag het werkbelastingshorloge volgens voorschrift,
- 2 let op wanneer het signaal komt,
- 3 geef dan (reëel) een mening over de belasting van de afgelopen tijd.

De figuur laat ook een PAUZE-knop zien. Hiermee slaapt het horloge in. In het venster staat de tekst "pauze". Signalen worden niet meer gegeven—een bezuiniging op batterijen, want signalen kosten relatief veel stroom<sup>2</sup>. Druk nog een keer op PAUZE, en het horloge is weer actief.

<sup>2</sup> Ook verlichting (*backlight*, te bedienen vanaf de zakcomputer) kost veel stroom. Backlight hoort "uit" te staan.

Voor iedere stoel voorin is er een werkbelastingshorloge (van links naar rechts: een horloge voor de E-stoel, een horloge voor de VST-stoel en een horloge voor de NBCD-stoel). Ook voor de management-stoelen zijn er werkbelastingshorloges (van links naar rechts: een horloge voor de HTD-stoel en een horloge voor de OG-HTD-stoel).

Als u de wacht overgeeft, geeft u ook het werkbelastingshorloge over. Blijft de stoel onbemand, laat dan het werkbelastingshorloge liggen.

De horloges blijven bij de stoelen, ook als de functionaliteit wisselt, bijvoorbeeld de HTD gaat rechts zitten. (Het HTD-horloge blijft bij de linkerstoel en het OG-horloge bij de rechterstoel.)

Het werkbelastingshorloge zit vast aan een computer in een platte doos. Deze doos draagt u in broekzak of jaszak. De kabel tussen horloge en doos slaat u om uw nek.

### **Omdoen horloge**

- 1 horloge redelijk strak om de pols, computer in de zak,
- 2 haal het horloge van PAUZE af,
- 3 **melden met regelnummer**. Omdat u alleen de cijfers 1 t/m 5 kunt gebruiken slaat u andere cijfers over. Bijvoorbeeld CT-2741 wordt 241, CT-1011 wordt 111. Typfouten corrigeren: Horloge op PAUZE zetten, direct weer van PAUZE afhalen, en nummer opnieuw intypen.

### **Afdoen horloge**

- 1 zet horloge op PAUZE,
- 2 laat horloge en zakcomputer op de post achter.

Het is de bedoeling de werkbelasting vast te leggen **tijdens oefeningen**. Er zijn twee mogelijkheden dat te doen. Uit deze mogelijkheden wordt één gekozen.

- 1 Het werkbelastingshorloge vooraf omdoen, een uur of enkele uren voor aanvang oefening. Horloge van PAUZE afhalen, nummer intypen, daarna horloge weer op PAUZE zetten. Bij aanvang oefening: horloge van PAUZE afhalen.
- 2 Het horloge omdoen bij begin oefening. Dit kost even tijd en aandacht: redelijk stevig omdoen, computer in de zak, kabel om de nek; dan horloge van PAUZE halen en regelnummer typen, eventuele typfouten corrigeren. *De oefenleiding houdt er rekening mee dat u het horloge omdoet; u krijgt meer tijd.* Doe het horloge dus correct om, ook bij spoed.

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) RP 96-0171	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER TM-96-A034
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 787.1	5. CONTRACT NUMBER A95/KM/366	6. REPORT DATE 19 August 1996
7. NUMBER OF PAGES 20	8. NUMBER OF REFERENCES 6	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE  Werkbelasting in de Technische Centrale van het M-fregat (Mental Workload in the Ship Control Centre of the M-frigate)		
11. AUTHOR(S)  L.C. Boer		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)  TNO Human Factors Research Institute Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)  Director of Navy Research and Development P.O. Box 20702 2500 ES DEN HAAG		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTE)  The report describes workload measurements in the ship control centre of the M frigate during exercises under simulated war conditions. The measurements were part of a large human-engineering evaluation of the ship control centre, in which, outside the exercises, also the opinions of the crew of the ship control centre were gauged. The results of the interviews are described in reports of the Royal Netherlands Navy. Used for the measurement of workload were "workload watches", wrist-mounted apparatus designed for measuring on the job. The watches delivered signals every five minutes whereupon the wearer indicated the amount of workload experienced at the moment. Times of signal delivery and key-press response were recorded automatically for later analysis. The workload watches lived up to expectations; the crew was indeed able to report on the job the experiences of workload and without disturbing their task. Results were as follows. The average workload was "normal", but occasionally periods of (too) high workload were reported. This was the case for both managers (20% and 7% of the time) and for one of the three operators, the energy operator (11%). The fact that parts of the ship control centre were relatively new was taken into account in the subsequent search for the possible causes of overload; especially plotting of damage from the section posts had hardly been used before. In consequence, the managers may not have realized the full potential of the system. It is recommended to measure mental workload again a year later. The cause of the E-operator's overload was the multitude of memory and search tasks when shutting off electricity. The recommendation is: provide the operator with more support for this task, which would constitute a considerable improvement upon the ergonomics of the ship control centre and, moreover, would save a fairly ad hoc added assistant. The report demonstrates the use of workload measurement for ergonomic evaluations.		
16. DESCRIPTORS  Automation System Design Workload		IDENTIFIERS
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT  Unlimited availability		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)

## VERZENDLIJST

1. Directeur M&P DO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
3. {  
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
4. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
5. {  
Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
- 6, 7 en 8. Bibliotheek KMA, Breda
9. KTZT N.C.J. Osseweijer, Hoofd Platformsystemen, DMKM/PFS, Den Haag
- 10 t/m 18. Ir. E. Otto, DMKM/PFS, Den Haag

Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aangevraagd door tussenkomst van de HWOs of de DWO.