dr. ir. H. Schuffel

Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg

Antropometrie voor de krijgsmacht

Er zijn nogal wat Nederlandse mannen die niet goed achter het stuur van een auto passen. Dat is begrijpelijk als men weet dat wij tot de bevolkingsgroepen met de grootste lichaamslengte behoren. Gebreken aan werkplekken vallen natuurlijk vooral op wanneer men tot de extreme categorie van de gebruikersgroep behoort en gedurende lange tijd een onnatuurlijke houding moet aannemen. Houden ontwerpers onvoldoende rekening met de menselijke afmetingen of verschaft de leer van de maten en vormen van het menselijke lichaam, de antropometrie, onvoldoende gegevens? Voor wat de antropometrie van mannelijke Nederlandse militairen betreft is sinds kort een gegevensbestand, *Dutchmil '85*, beschikbaar. Voor het overige bestaan er voor Nederland gegevens die zijn afgeleid uit andere maatbestanden of die betrekking hebben op deelpopulaties. Hoewel het antropometrische-gegevensbestand voor Nederlandse militairen niet volledig is — zo ontbreken bv. gegevens over vrouwen in de krijgsmacht — lijkt het probleem van onaangepaste werkplekken toch vooral een zaak van ontwerpers en aanschaffers van materieel.

Antropometrie en gezondheid

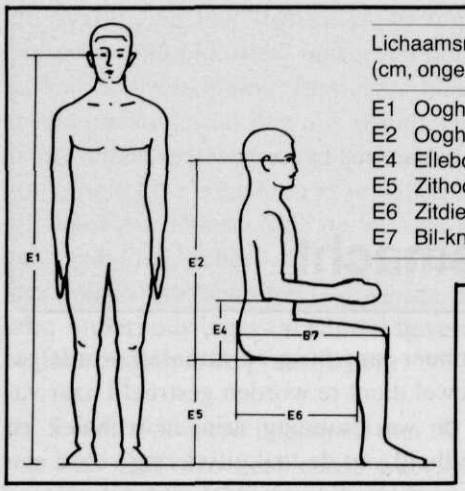
Bij het ontwerpen van werkplekken en uitrustingsstukken zal men in het algemeen streven naar een zo goed mogelijke aanpassing van het meubilair, de apparatuur en de kleding, aan de lichaamsmaten van de gebruiker. Daarbij vormen het gemiddelde en de spreiding van de lichaamsmaten van de gebruikersgroep de maatstaf voor het ontwerp, maar uiteraard dient rekening te worden gehouden met de uit te voeren taak en de technische hulpmiddelen.

Een nauwkeurige afstemming van de werkplek en de uitrusting op de menselijke maten is vooral van belang wanneer langdurig en intensief wordt gewerkt. Hoewel dient te worden gestreefd naar variatie van de werkhouding dringen techniek en doeltreffendheid van de taakuitvoering veelal een gefixeerde werkhouding op. Het verschil van enkele centimeters in de afmetingen van de werkplek betekent dan het wèl of níét optreden van klachten over pijn in de nek of de rug. De klachten kunnen uiteindelijk uitmonden in ziekteverzuim en, op langere termijn, tot ongeschiktheid voor de taak. In de cockpit van helikopters treffen wij deze problemen aan maar ook beeldschermstations of gevechtskleding kunnen kritisch zijn.

Maten van de gebruikersgroep

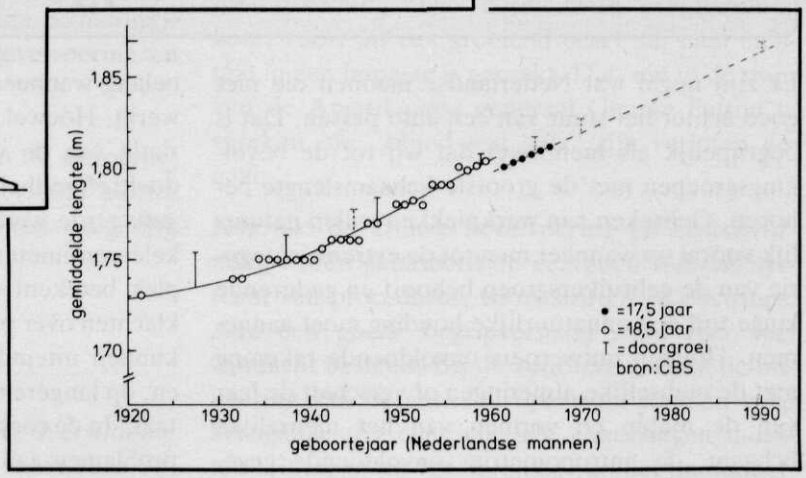
De lichaamsmaten van een gebruikersgroep worden goed beschreven door een gemiddelde en een spreiding per maat (zie afb. 1). De ontwerper zal bij voorkeur een zo klein mogelijk percentage (0,5-2,5%) van de allerkleinsten en de allergrootsten buiten beschouwing laten.

Een aantal factoren, zoals leeftijd, geboortejaar, geslacht en beroep, heeft invloed op de lichaamsmaten. Hier een enkele opmerking over leeftijd en geboortejaar. Op 17- tot 25-jarige leeftijd bereikt men de maximale lichaamslengte en deze neemt vanaf het 30e tot 45e jaar weer af. Het lijkt erop dat de grootste lengte op steeds jongere leeftijd wordt bereikt en dat de doorgroei na het 17e jaar vermindert (zie afb. 2). Per geboortejaar is over de periode 1900-1986 een enorme toeneming van de lichaamslengte te constateren. Bij dienstplichtigen is de lichaamslengte toegenomen van 1,69 m tot 1,81 m. In afb. 2 is een deel van die toeneming weergegeven. Zulke gegevens zijn vooral voor de krijgsmacht van belang omdat daar vaak materieel voor de middellange en lange termijn wordt ontworpen. ▷



Lichaamsmaat (cm, ongeschoeid)		Gemiddelde	Standaardafwijking
E1	Ooghoogte staand	168,3	6,5
E2	Ooghoogte zittend	81,8	3,1
E4	Elleboog-zitvlakhoogte	24,7	2,3
E5	Zithoogte	44,5	2,5
E6	Zitdiepte	51,0	2,5
E7	Bil-kniediepte	62,9	2,7

Afb. 1 Enkele lichaamsmaten in de standaardhouding van mannelijke Nederlandse militairen volgens Dutchmil '85



Afb. 2 De lengte van Nederlandse mannen per geboortejaar met een speculatie voor de lengte van 17½-jarigen, geboren in 1990

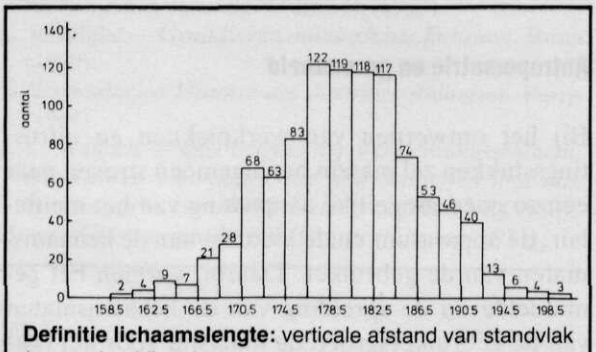
Ten slotte zij vermeld dat in de antropometrie de maten worden gebaseerd op een rechtopstaande of zittende mens (zie afb. 1). Reikwijdten worden ook op basis van die standaard gedefinieerd. Gegevens waarbij de houding van de standaard afwijkt, zoals bij een ingezakte (overigens heel gebruikelijke) zithouding zijn zelden beschikbaar.

Antropometrische steekproef: Dutchmil '85

Voor de aanschaffing van nieuwe gevechtskleding ten behoeve van de Koninklijke landmacht werden 80.000 lichaamsmaten van 1010 Nederlandse militairen opgenomen. Die gegevens zijn bewerkt tot het gegevensbestand *Dutchmil '85*. De gegevens verschillen van die van de hele Nederlandse bevolking doordat de krijgsmacht een andere leeftijdssamenstelling heeft, doordat het beroep enige invloed heeft op de maten en door het gebruik van een selectiecriterium: personen kleiner dan 1,57 m en groter dan 1,99 m worden afgekeurd.

Het uitvoeren van een steekproef is een arbeidsintensieve activiteit. Voor een nauwkeurigheid van de maten van ongeveer één centimeter is een steekproefgrootte van ongeveer duizend personen nodig. Voorts dient natuurlijk rekening te worden gehouden met de representativiteit. In afb. 3 wordt, als voorbeeld, een indruk gegeven van de definitie en de meetmethode die m.b.t. de lichaamslengte voor *Dutchmil '85* werden gebruikt. Dit onderzoek bevestigt nog eens dat Nederlandse mannen tot de bevolkingsgroepen met de grootste lichaamslengte behoren (zie de tabel). Bij de aanschaffing van buitenlands materieel is dat natuurlijk een factor om terdege rekening mee te houden. ▷

Afb. 3 Histogram van de lichaamslengte in klassen van 20 mm; het antropometrische-gegevensbestand Dutchmil '85



Definitie lichaamslengte: verticale afstand van standvlak (ongeschoeid) tot hoogste punt van de schedel.
Meetmethode: persoon staat rechtop met gestrekte rug en de hielen tegen elkaar; het vlak door ogen en oren („Frankfurter-vlak") wordt horizontaal gehouden.
Meetinstrument: staande antropometer.
Resultaat: aantal (n) 1000; bereik (R) 159,5-200,0 cm; gemiddelde (x̄) 180,2 cm; standaarddeviatie (SD) 6,7 cm.

Gevechtskleding

Voor de gevechtskleding van de nieuwe Persoonlijke Standaarduitrusting (PSU '80) van de Koninklijke landmacht is een maatsysteem ontworpen met een zo klein mogelijk aantal maatcategorieën. Op basis van een, door de NAVO voorgeschreven, tweedimensionaal maatsysteem, is een zg. steenverband opgesteld, bestaande uit de kledingmaatcategorieën als functie van twee uitgiftematen. In afb. 4 is te zien dat voor de gevechtsbroek de uitgiftevariabelen ,,tussenbeenlengte" en ,,taillewijdte" een puntenwolk vormen. Elke punt stelt een persoon uit de genoemde steekproef *Dutchmil '85* voor. Het steenverband is nu zo gekozen dat, rekening houdend met de eisen van de coupeur, ook de personen met extreme lichaamsafmetingen binnen één steen nog een redelijk passende broek kan worden aangemeten. Met zes stenen krijgt 95,4% van de gebruikersgroep een passende broek. Voor de overige 4,6% zouden vanwege de extreme verhoudingen van de uitgiftevariabelen nog eens vijf maatcategorieën nodig zijn. Het is natuurlijk doelmatig om voor die categorieën de voorkeur aan maatkleding te geven.

Lichaamslengte en gewicht van militaire personen naar land van herkomst en jaar van meting

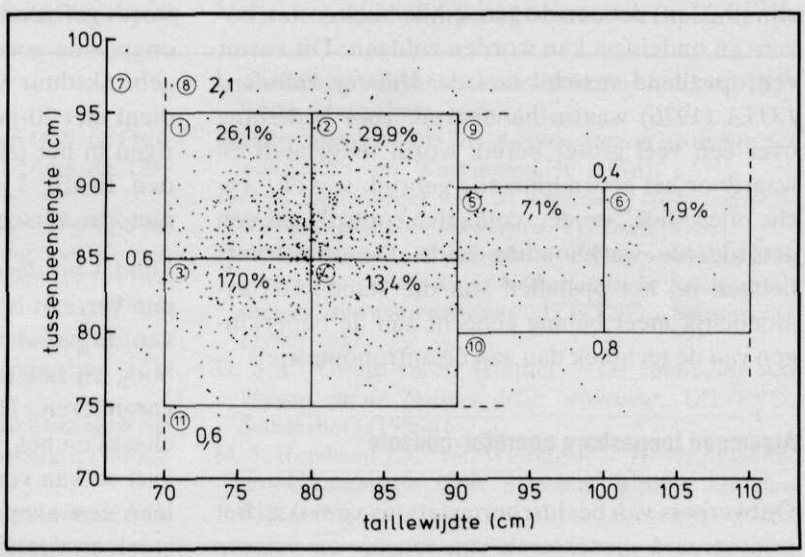
Groep	Lichaamslengte (cm)		Gewicht (kg)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
Ned. militairen (1985)	180,3	6,7	76,2	9,6
Amerikaanse marine (1981)	177,3	6,3	77,6	9,6
Italiaanse militairen (1961)	170,6	6,2	70,2	8,4
NAVO-gegevens (1961)	170,2	6,0	67,7	8,4

De zithouding van de helikoptervlieger

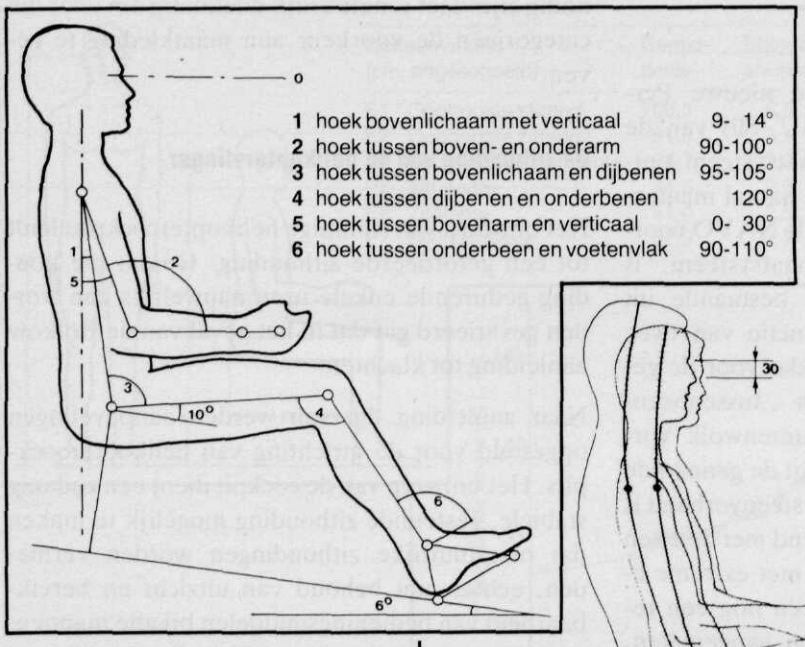
Het ontwerp van sommige helikoptercockpits leidt tot een getordeerde zithouding. Omdat die houding gedurende enkele uren nauwelijks kan worden gevarieerd gaf dat in het geval van de Bölkow aanleiding tot klachten.

Naar aanleiding daarvan werden aanbevelingen opgesteld voor de inrichting van helikoptercockpits. Het ontwerp van de cockpit dient een zodanig stabiele, gesteunde zithouding mogelijk te maken dat onnatuurlijke zithoudingen worden vermeden, echter met behoud van uitzicht en bereikbaarheid van bedieningsmiddelen bij alle manoeuvres. Een verantwoorde werkhouding is vrij eenvoudig aan te geven, indien met de onderlinge stand van de lichaamsdelen rekening wordt gehouden en het bereik van de bedieningsmiddelen als uitgangspunt wordt gekozen (zie afb. 5). De stand van het lichaam in afb. 5 vormt een compromis tussen enerzijds voldoende compensatie van de hellingshoeken die de helikopter bij het vliegen aanneemt (hier 6°) en anderzijds een zo klein mogelijke hoek tussen het bovenlichaam en de verticaal, om verticale belasting van de wervelkolom zo goed mogelijk op te vangen.

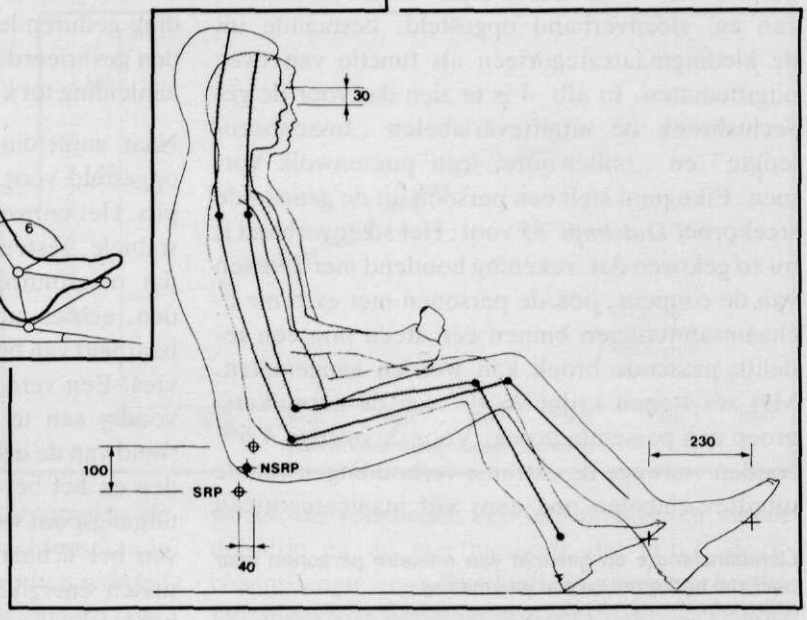
Met één van de belangrijkste bedieningsmiddelen (de ,,cyclic pitch stick") als referentie voor de po-



Afb. 4 Het maatsysteem voor de gevechtsbroek; de cijfers geven het percentage personen van de gebruikersgroep per maat aan, de omcirkelde cijfers de maatcategorieën



◁ **Afb. 5 Aanbevolen zithouding voor helikoptervliegers op basis van de hoeken tussen ledematen**



Afb. 6 Aanbevolen zithouding van de kortste (163 cm, gerasterd) en de langste (193 cm) persoon uit de voor vlieger geselecteerde militairen met een „cyclic pitch stick" als referentie van de lichaamspositie, een verstelbare stoel (40 en 100 mm) en verstelbare pedalen (230 mm); de ooghoogte varieert hierdoor slechts 30 mm ▷

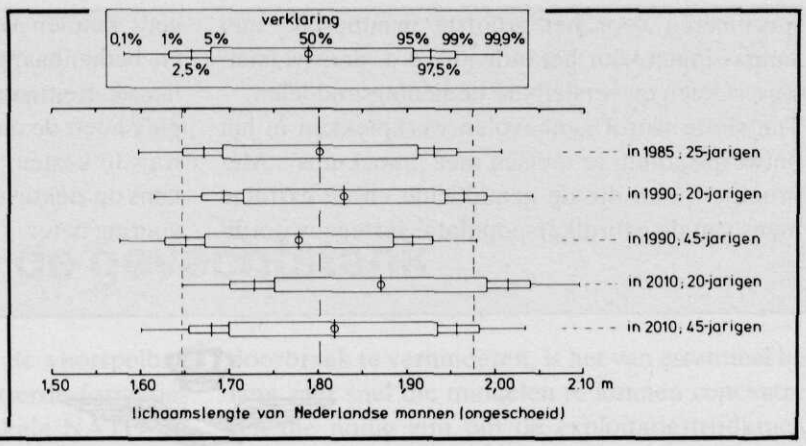
sitie van het lichaam (zie afb. 6) en met de genoemde hoeken tussen de lichaamsdelen kan, gegeven het lengteselectiecriterium voor vliegers, worden bepaald hoe de stoel en de voetpedalen verstelbaar moeten zijn. In verband met het minimaliseren van statische spierbelasting dient het instelbereik van de „cyclic pitch stick" zó klein te zijn (0,22 m) dat aan de genoemde hoeken van boven- en onderarm kan worden voldaan. Dit vormt een opvallend verschil met de *Military Standard 1333A* (1976) waarin handbereik voor bediening over een veel groter bereik wordt toegelaten en waardoor het gecombineerde gebruik van de „cyclic pitch stick" en de „collective control" tot een getordeerde werkhouding leidt. De ontwerpers hebben bij het opstellen van die standaard vermoedelijk meer belang gehecht aan de beperkingen van de techniek dan aan de antropometrie.

Algemeen toepasbare operator-console

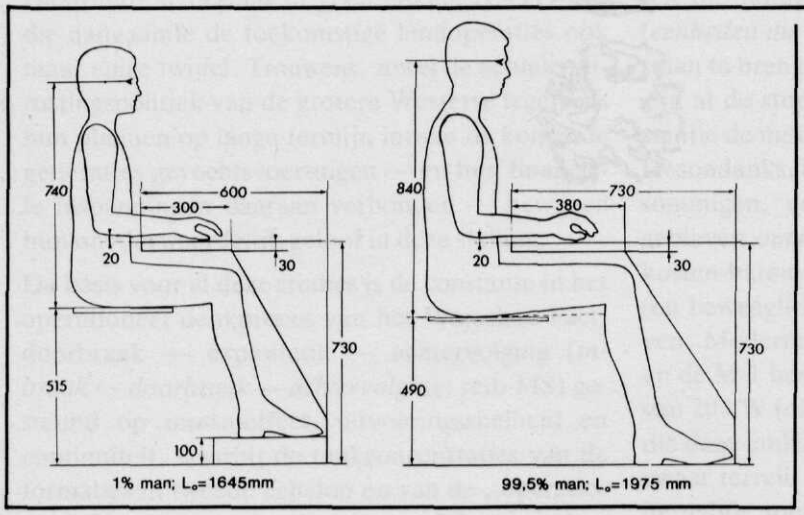
Ontwerpers van beeldschermstations voor o.a. het geïntegreerd presenteren van sensor- en wapensysteemgegevens, streven naar een universeel toepasbare console. De operator zit daarbij tegenover een beeldscherm waarop tactische gegevens worden weergegeven in kleur met een symboolgrootte van minimaal 3 mm. Mede door de bolling van de buis is de leestaak nogal kritisch en dat heeft tot gevolg dat de werkhouding nagenoeg wordt gefixeerd omdat de gegevens slechts uit één oogpositie goed leesbaar zijn. Uitgaande van een gebruiksduur van de console tot het jaar 2010, dient met 20-jarigen in het jaar 2010 en met 45-jarigen in het jaar 1990 rekening te worden gehouden. In afb. 7 is het bereik van de gebruikersgroep met de verschillende categorieën weergegeven.

Omdat bij deze taken veel toetshandelingen worden verricht is het noodzakelijk voor de extremen van de populatie een vrije ruimte tussen de elleboog en het tafelblad van enkele centimeters te garanderen. Daarmee ligt de positie van het lichaam en het hoofd ten opzichte van het tafelblad vast en kan voor de kortste en langste persoon alleen een aanpassing worden gevonden door een stoel- en voetenbankverstelling. In afb. 8 is te zien

dat voor 98,5% van de populatie mannelijke dienstplichtigen (1,65-1,98 m) een passende consolevorm is te ontwerpen mits de tafelbladdikte niet meer dan 3 cm bedraagt.



Afb. 7 Lichaamslengte van Nederlandse mannen van 20 en 45 jaar in 1990 en 2010, vergeleken met de lengte van 25-jarigen in 1985



Afb. 8 Lichaamslengte voor de extremen van de gebruikersgroep (zie afb. 7), op basis waarvan 1% van die groep kleiner dan 1,65 m en 0,5% groter dan 1,98 m niet goed past (maten in mm)

Slotopmerkingen

Het moge duidelijk zijn geworden dat actuele en nauwkeurige lichaamsmaten nodig zijn, en dat groot belang moet worden toegekend aan het ontwerpen en het specificeren van een werkplek waarin personen op zijn minst klachtenvrij kunnen werken. Wat de actualiteit en de nauwkeurigheid van het gegevensbestand betreft lijkt het noodzakelijk elke 10 jaar een steekproef te houden. Het is aan te bevelen daarbij ook vrouwen te betrekken.

Voor de toekomst lijkt het zinvol werkplekken te

Literatuur

F. E. M. Brekelmans, P. I. L. Moonen en D. S. C. Osinga — *Antropometrische steekproef Dutchmil '85.* IZF-TNO, Soesterberg (1986)(17).

F. E. M. Brekelmans en D. S. C. Osinga — *Antropometrische studie voor de gevechtskleding van de persoonlijke standaarduitrusting PSU '80.* IZF-TNO, Soesterberg (1986)(18).

E. Ellens — *Verwachting over de lichaamslengtetoename van de Nederlandse mannelijke populatie.* IZF-TNO, Soesterberg (1986)(M).

E. Ellens — *Memo inzake het ergonomisch ontwerp van de Gos-console.* IZF-TNO, Soesterberg (1986)(b-M).

J. Lombaers — *Onderzoek naar de invloed van de kijkdoelhoogte van zittende beeldschermgebruikers.* IZF-TNO, Soesterberg (1983)(12).

Military Standard 1333A, Aircrew station geometry for military aircraft. Washington DC (1976).

J. F. M. Molenbroek en J. M. Dirken — *Nederlandse lichaamsmaten voor ontwerpen.* TU Delft (1986).

D. S. C. Osinga en H. Schuffel — *Sitting posture of helicopter pilots of the Royal Netherlands Air Force;* preliminary recommendations. IZF-TNO, Soesterberg (1986)(16).

D. S. C. Osinga en H. Schuffel — *De zithouding van vliegers in de Bölkow 105c helikopter.* IZF-TNO, Soesterberg (1986)(b-22).

M. J. Roede en J. C. van Wieringen — *De Nederlandse groeidiagrammen 1980.* Samsom, Alphen aan den Rijn (1982).

specificeren voor het grootste maatbereik, met aanpassingen voor het individu, o.a. door verstelbare stoelen en verstelbare bedieningsmiddelen.
Ten slotte wordt aanbevolen werkplekken in het ontwerpstadium te toetsen met ,,mock-ups''. Met proefpersonen die de gemiddelde en de extreme mens van de gebruikerspopulatie vertegenwoordigen, kunnen verwachtingen over bereikbaarheid en bedienbaarheid van middelen worden geverifieerd. Een zorgvuldige specificatie van de werkplek hoeft de ontwerper of de aanschaffer niets extra's te kosten, de gebruiker heeft er baat bij, de kans op ziekteverzuim wordt kleiner en de taakuitvoering beter.



U bent lid van de Koninklijke Vereniging ter Beoefening van de Krijgswetenschap,

tevens actief dienend officier van KL of KLu, en u gaat de dienst verlaten?

Meldt u dat dan s.v.p. even aan de ledenadministratie (Karel Doormanlaan 274, 2283 BB Rijswijk), dan wordt ervoor gezorgd dat u de Militaire Spectator blijft ontvangen!