

TNO Rapport



TNO | Kennis voor zaken



20081027309



Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

www.tno.nl

T +31 346 35 62 11
F +31 346 35 39 77
Info-DenV@tno.nl

TNO-rapport

TNO-DV 2008 A323

**Herontwerp ballistisch vest voor vrouwen:
fase 1**

Datum	september 2008
Auteur(s)	drs. C.L. Koerhuis M.G.M. Weghorst
Rubricering rapport	Ongerubriceerd
Vastgesteld door	maj H.J. van den Brink
Vastgesteld d.d.	20 augustus 2008
Titel	Ongerubriceerd
Managementuittreksel	Ongerubriceerd
Samenvatting	Ongerubriceerd
Rapporttekst	Ongerubriceerd
Bijlagen	Ongerubriceerd
Exemplaarnummer	6
Oplage	12
Aantal pagina's	24 (incl. bijlagen, excl. RDP & distributielijst)
Aantal bijlagen	2

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

Indien dit rapport in opdracht van het ministerie van Defensie werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Modelvoorwaarden voor Onderzoeks- en Ontwikkelingsopdrachten' (MVDT 1997) tussen de minister van Defensie en TNO indien deze op de opdracht van toepassing zijn verklaard dan wel de betreffende ter zake tussen partijen gesloten overeenkomst.

© 2008 TNO

AQ F09-01-00276

Herontwerp ballistisch vest voor vrouwen: fase 1

Het menselijk lichaam kan beschermd worden tegen vijandelijke dreiging door het dragen van een ballistische vest. Echter, een niet goed passend vest kan de fysieke prestatie negatief beïnvloeden. Doordat de vorm en grootte van kogelwerende platen voor zowel mannen als vrouwen hetzelfde is, wordt verwacht dat het dragen van een ballistisch vest, met name voor vrouwen, problematisch is.



Probleemstelling

Het dragen van een scherfwerend vest met kogelwerende platen (ballistisch vest) dient het lichaam te beschermen tegen een bepaald niveau van vijandelijke dreiging (kogels en scherven), maar kan ook de fysieke prestatie (door extra massa, beperkte beweeglijkheid en discomfort) negatief beïnvloeden.

Bij het huidige ballistische vest zijn de vorm en grootte van de kogelwerende platen, onafhankelijk van antropometrische gegevens, voor zowel mannen als vrouwen hetzelfde. Met name voor vrouwen betekent

dit dat door de ballistische platen de druk op de borsten toeneemt, hetgeen tot klachten door lokaal ervaren discomfort zou kunnen leiden. Daarnaast kunnen ballistische platen verder van het lichaam af komen te staan, wat een extra fysieke belasting met zich meebrengt. Verwacht wordt dat optimalisatie van ergonomische aspecten van het ballistisch vest (pasvorm, maatvoering, beweeglijkheid), met name voor vrouwen, kan resulteren in geringere afname in de fysieke prestatie.

In fase 1, waarvan hier verslag wordt gedaan, zullen de benodigde inventarisaties uitgevoerd worden, op basis waarvan het nut en de noodzaak bepaald kunnen worden voor optimalisatie. Indien het huidige ballistische vest op basis van de inventarisatie als nadelig wordt ervaren, wordt na overleg met defensie vervolgd met fase 2, waarin ook andere prestatiebepalende aspecten (warmtebelasting, invloed van vormverandering op bescherming) in kaart zullen worden gebracht.

Beschrijving van de werkzaamheden

Bij veertien vrouwelijke militairen zijn antropometrische maten opgenomen.

Vervolgens is een enquête afgenomen waarin gevraagd werd naar klachten en locatie van klachten. Tevens moesten scores (1 (slecht), 2 (matig), 3 (redelijk) en 4 (goed)) gegeven worden voor de verschillende eigenschappen van het ballistisch vest en de bewegingsvrijheid tijdens het uitvoeren van verschillende activiteiten met het ballistisch vest. De enquêteresultaten werden geanalyseerd met een Wilcoxon non-parametrische toets. Om inzicht te krijgen in eventuele onvoorziene knelpunten werd parallel aan de inventarisatie een vormgegeven borstplaat gemaakt.

Resultaten en conclusies

Met het ballistisch vest werd de meeste discomfort ervaren in de okselstreek, gevolgd door de lage rug, schouders en borst. De eigenschappen warmte, draagcomfort en bewegingsvrijheid werden als slechtst beoordeeld. Op het gebied van bewegingsvrijheid werd veel hinder van het ballistisch vest ondervonden tijdens het tijgeren, het klimmen over obstakels, het door ramen klimmen, liggend schieten en rennen. Waarschijnlijk wordt bij een aantal van deze taken (klimmen over obstakels, door ramen klimmen) de bewegingsvrijheid niet zo zeer

beperkt door de slechte pasvorm en/of maatvoering van het ballistische vest, maar door de niet flexibele kogelwerende plaat. Op basis van de inventarisatie kan geconcludeerd worden dat optimalisatie van de ergonomische aspecten van toepassing lijkt voor vrouwelijke militairen. Uit het minimale aantal respondenten zou ten onrechte geconcludeerd kunnen worden dat de problematiek rondom het dragen van ballistische vesten door vrouwen minder groot is dan verwacht. Echter, de oorzaak kan gezocht worden in het feit dat er slechts een beperkt aantal vrouwelijke gevechts-soldaten zijn, die zich daadwerkelijk als te voet optredende militair in een operationeel

gebied bevinden. Hierdoor is het dragen van een ballistisch vest waarschijnlijk voor slechts een klein deel van de vrouwelijke militairen problematisch en dat kan het minimale aantal respondenten verklaren.

Toepasbaarheid

De optimalisatie van de ergonomische aspecten van het ballistisch vest zal naar verwachting resulteren in verbeterd optreden van te voet optredende vrouwelijke militairen en is dus aan te bevelen. Voor de verdere ontwikkelingen is fase 2 noodzakelijk, waarin aandacht besteed wordt aan overige prestatiebepalende effecten van het vest.

PROGRAMMA	PROJECT
Programmabegeleider -	Projectbegeleider maj H.J. van den Brink, bureau SMP
Programmaleider -	Projectleider drs. C.L. Koerhuis, TNO Defensie en Veiligheid
Programmatitel -	Projecttitel Herontwerp ballistisch vest voor vrouwen: fase 1
Programmanummer -	Projectnummer 032.13132
Programmaplanning -	Projectplanning Start 01-08-07 Gereed 07-08-08
Frequentie van overleg Met de projectbegeleider werd zes maal gesproken over de invulling en de voortgang van het onderzoek.	Projectteam drs. C.L. Koerhuis M.G.M. Weghorst

Contact en rapportinformatie

Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

T +31 346 35 62 11
F +31 346 35 39 77

Info-DenV@tno.nl

TNO-rapportnummer
TNO-DV 2008 A323

Opdrachtnummer
-

Datum
september 2008

Auteur(s)
drs. C.L. Koerhuis
M.G.M. Weghorst

Rubricering rapport
Ongerubriceerd

Samenvatting

Inleiding

Het dragen van een scherfwerend vest met ballistische platen (ballistisch vest) kan de fysieke prestatie (extra massa, beperkte beweeglijkheid, discomfort) negatief beïnvloeden. Bij het huidige ballistische vest is de vorm en grootte van de kogelwerende platen voor zowel mannen als vrouwen hetzelfde. Met name voor vrouwen betekent dit dat door de ballistische platen de druk op de borsten toeneemt, hetgeen tot klachten door lokaal ervaren discomfort zou kunnen leiden. Daarnaast kunnen ballistische platen verder van het lichaam af komen te staan, wat een extra fysieke belasting met zich meebrengt. Verwacht wordt dat optimalisatie van ergonomische aspecten van het ballistisch vest (pasvorm, maatvoering, beweeglijkheid), met name voor vrouwen, kan resulteren in een geringere afname in de fysieke prestatie. In deze studie zullen de benodigde inventarisaties uitgevoerd worden, op basis waarvan het nut en de noodzaak bepaald kunnen worden voor optimalisatie.

Methode

Bij veertien vrouwelijke militairen zijn antropometrische maten opgenomen. Vervolgens is een enquête afgenomen met vragen over klachten, eigenschappen van het ballistisch vest en de bewegingsvrijheid tijdens het dragen van het ballistisch vest. De eigenschappen en de bewegingsvrijheid van het ballistische vest konden beoordeeld worden met de scores 1 (slecht), 2 (matig), 3 (redelijk) en 4 (goed). De enquêteresultaten werden geanalyseerd met een Wilcoxon non-parametrische toets. Om inzicht te krijgen in eventuele onvoorziene knelpunten werd parallel aan de inventarisatie een vormgegeven borstplaat gemaakt.

Resultaten

In de okselstreek (10 respondenten) kwam de meeste discomfort voor, gevolgd door de lage rug (9 resp), schouders (8 resp) en borst (7 resp). De eigenschap draagcomfort werd als slechts beoordeeld ($1,6 \pm 0,63$), gevolgd door bewegingsvrijheid ($1,7 \pm 0,75$) en warmte ($2,0 \pm 0,88$). Op het gebied van bewegingsvrijheid werd de meeste hinder van het ballistisch vest ondervonden tijdens het tijgeren ($1,3 \pm 0,65$), gevolgd door het klimmen over obstakels ($1,8 \pm 0,87$).

Conclusie

Op basis van de enquêteresultaten kan geconcludeerd worden dat er serieuze klachten en beperkingen in bewegingsvrijheid zijn tijdens het dragen van het ballistische vest. Optimalisatie van de ergonomische aspecten lijkt daarom van toepassing voor vrouwelijke militairen. Hoewel het aantal respondenten klein was, wordt verwacht dat dit veroorzaakt wordt door het feit dat er slechts een beperkt aantal vrouwelijke gevechtssoldaten zijn, die zich daadwerkelijk met het ballistisch vest als te voet optredende militair in een operationeel gebied bevinden. Optimalisatie van de ergonomische aspecten van het ballistisch vest zal naar verwachting resulteren in verbeterd optreden van te voet optredende vrouwelijke militairen en is dus aan te bevelen. Door defensie (KBG vrouwen) zal een beslissing genomen moeten worden of er verder gegaan wordt met fase 2.

Summary

Introduction

A ballistic vest can have a negative influence on the physical performance (increased mass, decreased mobility, discomfort) of the combat soldier. The shape and size of the current ballistic vest is identical for both men and women. Especially for women, a sub-optimal shape can cause an increased pressure on the busts, resulting in localized discomfort. Furthermore, the distance between the ballistic plates and the body increases, which causes an increase in physical load.

It is expected that optimizing the ergonomical aspects of the ballistic vest (fit, size, mobility), can result in a reduced decrement in physical performance. In this study, an inventarisation will be made about the experiences with the current ballistic vest. Based on these experiences, the need for optimalization can be determined.

Method

Anthropometrical measurements were done in fourteen female soldiers.

Thereafter, a questionnaire was filled out with questions about complaints, characteristics of the ballistic vest and the mobility of the combat soldier wearing the ballistic vest.

For the characteristics of the ballistic vest and the mobility wearing the ballistic vest a score of 1 (bad), 2 (moderate), 3 (reasonable), 4 (good) could be given. A Wilcoxon non-parametric test was used for analysis. Parallel to the inventarisation, a customised plate was made, in order to assess eventually unforeseen main problems.

Results

Most of the respondents experienced discomfort in the arm-pit (10 respondents), 9 respondents experienced discomfort in the lower back, 8 on the shoulders and 7 on the busts. For the different characteristics of the ballistic vest, the worst score was given for comfort (1.6 ± 0.63), followed by mobility (1.7 ± 0.75) and thermal strain (2.0 ± 0.88). The worst mobility wearing the ballistic vest was experienced during sneaking (1.3 ± 0.65), followed by climbing over obstacles (1.8 ± 0.87).

Conclusion

Based on the results of the questionnaire, it can be concluded that there are serious complaints and restrictions in mobility while wearing a ballistic vest. Optimalization of the ergonomical aspects seems therefore to be an improvement for female soldiers.

It is expected that the small amount of respondents is caused by the small amount of female soldiers performing operational tasks in the field with a ballistic vest.

Optimization of ergonomical aspects of the ballistic vest is expected to result in a reduced decrement in physical performance of female soldiers performing operational tasks and will therefore be recommended. The defence organisation (KBG women) need to decide if phase 2 will be started.

Inhoudsopgave

	Managementuittreksel.....	2
	Samenvatting.....	4
	Summary	5
1	Inleiding.....	7
2	Methode.....	8
2.1	Fase 1	8
3	Resultaten.....	9
3.1	Respondenten.....	9
3.2	Antropometrische gegevens	9
3.3	Enquête.....	10
3.4	(Niet ballistisch) prototype plaat	13
4	Discussie en conclusie	14
5	Referenties.....	16
6	Ondertekening	17
	Bijlage(n)	
	A Antropometrische metingen	
	B Enquete ballistisch vest	

1 Inleiding

Het dragen van een scherfwerend vest met kogelwerende platen (ballistisch vest) kan het lichaam beschermen tegen een bepaald niveau van vijandelijke dreiging (kogels en scherven). Een nadeel van het dragen van een ballistisch vest is de extra massa op het lichaam en de beperkte beweeglijkheid, wat negatieve gevolgen kan hebben voor de fysieke prestatie. Hoewel het ballistisch vest in verschillende maten te verkrijgen is, lijkt het een nadeel te zijn dat de vorm en grootte van de kogelwerende platen, onafhankelijk van antropometrische gegevens, voor zowel mannen als vrouwen hetzelfde zijn. Met name voor vrouwen betekent dit dat door de ballistische platen, afhankelijk van de cupmaat, de druk op de borsten toeneemt, hetgeen tot klachten in lokaal ervaren discomfort zou kunnen leiden. Daarnaast kunnen ballistische platen verder van het lichaam af komen te staan, wat een extra fysieke belasting met zich meebrengt (Knapik et al., 2004). Om een optimale balans te creëren in bescherming en prestatie zouden daarom de ergonomische aspecten van het ballistisch vest (pasvorm, maatvoering, beweeglijkheid), met name voor vrouwen, geoptimaliseerd moeten worden. Aangezien de vormverandering van de platen kan zorgen voor een andere hoek van inslag van de kogels en scherven, blijft het daarbij belangrijk om, naast ergonomische effecten, de invloed van vormverandering op bescherming in kaart te brengen. Een ander belangrijk aspect tijdens het dragen van een ballistisch vest is de warmtebelasting. Uit de literatuur is bekend dat een stijging van de kerntemperatuur boven de 38,0°C invloed kan hebben op de cognitieve prestatie (Johnson & Kobrick, 2002). Om de toename in kerntemperatuur zoveel mogelijk te beperken kan gedacht worden aan verschillende koelsystemen onder het ballistische vest. Echter, hier moet een afweging gemaakt worden tussen het effect op de afname in warmtebelasting en de extra massa dat een koelsysteem met zich meebrengt.

Na besprekingen met defensie is een projectopzet gedefinieerd, bestaande uit twee fases. In de eerste fase wordt geïnventariseerd in hoeverre de verwachte ergonomische nadelen (pasvorm, maatvoering, beweeglijkheid) van het ballistisch vest, met name voor vrouwen, ook als nadelig ervaren worden. Bij negatieve ervaringen met het ballistisch vest, zullen bovengenoemde ergonomische aspecten geoptimaliseerd worden. Bij negatieve ergonomische ervaringen met het ballistisch vest zullen in de tweede fase ook andere prestatiebepalende aspecten, zoals warmtebelasting in kaart worden gebracht en mogelijke oplossingen worden aangedragen die de warmtebelasting kunnen reduceren. Daarnaast zal in kaart gebracht worden wat de invloed is van vormverandering van de kogelwerende plaat op de mate van bescherming.

In fase 1, waarvan hier verslag wordt gedaan, zullen de benodigde inventarisaties uitgevoerd worden, op basis waarvan het nut en de noodzaak bepaald kunnen worden voor optimalisatie. Indien het huidige ballistische vest op basis van de inventarisatie als nadelig wordt ervaren, wordt na overleg met defensie vervolgd met fase 2.

2 Methode

2.1 Fase 1

Antropometrische gegevens

Vooraf aan de inventarisatie van de klachten worden antropometrische maten opgenomen (bijlage A). Deze maten kunnen in combinatie met de huidige gedragen maat van het ballistisch vest eventuele klachten verklaren, maar zijn ook relevant voor de maatvoering en pasvorm van een eventueel (ergonomisch) geoptimaliseerd ballistisch vest. Antropometrie is voor een deel gemeten volgens de ISO norm 8559. Voor de hoogte van de nekkraag van het ballistisch vest is informatie nodig over nek lengtes. Aangezien deze niet in de ISO normering zitten, zijn extra metingen toegevoegd (neklengte voor en achter (staand en naar voren kijkend), neklengte voor tijdens voorover kantelen van het hoofd (flexie), neklengte achter tijdens achterover kantelen van het hoofd (extensie). Aangezien vrouwelijke militairen tijdens het uitvoeren van operationele taken voornamelijk sport BH's dragen en deze alleen ondersteuning bieden bij een goede pasvorm, is er in deze fase van de studie voor gekozen te vragen naar de cupmaat van de sport BH's die ze dragen in plaats van de cupmaat exact te meten.

Inventarisatie ervaringen ballistisch vest

Na het opnemen van de antropometrische maten zijn de klachten als gevolg van het dragen van een ballistisch vest geïnventariseerd. Hiervoor is een enquête opgesteld (bijlage B) waarin door verschillende eenheden kan worden aangegeven:

- of er klachten zijn;
- waar de klachten worden ervaren (Lokaal Ervaren Ongemak (LEO));
- welke eigenschappen van het ballistisch vest wel/niet aangepast moeten worden;
- tijdens het uitvoeren van welke activiteiten beperkte beweeglijkheid optreedt.

Voor een oordeel over de eigenschappen en de bewegingsvrijheid van het ballistische vest kan een score gegeven worden van 1 (slecht), 2 (matig), 3 (redelijk) en 4 (goed). De uitkomsten van de enquête zullen geanalyseerd worden en richting geven aan de ontwikkelingen in het vervolgtraject (fase 2).

Statistische analyse

Voor de data analyse van de enquêteresultaten is een Wilcoxon non-parametrische toets toegepast. Met een power analyse is bepaald hoeveel respondenten nodig zijn om een significant verschil te krijgen tussen twee naast elkaar liggende oordeel opties (slecht en matig, matig en redelijk of redelijk en goed).

Pasvorm kogelwerende plaat

Parallel aan de inventarisatie van de ervaringen met het ballistisch vest worden, op basis van bestaande kennis van het menselijk lichaam (NedScan, recente studies naar borstvervorming), eisen voor de vormgeving opgeleverd. De bij TNO beschikbare databases kunnen als input dienen voor de vormgeving van de ballistische platen voor vrouwen. Op basis van deze input zal een eerste (niet ballistisch) prototype gemaakt worden om inzicht te krijgen in eventuele onvoorziene knelpunten. De daadwerkelijke vormgeving van de ballistische platen is een complex probleem. Het KPU heeft inmiddels het bedrijf Saint Gobain bereid gevonden om met een nieuwe productiemethode een prototype ballistische plaat te maken.

3 Resultaten

3.1 Respondenten

Bij vier verschillende eenheden (met een relatief groot aandeel vrouwelijke militairen) is na aankondiging, de enquête afgenomen. In de aankondiging is het doel van het afnemen van de enquête duidelijk gemaakt. Van de 60 vrouwelijke militairen die aanwezig konden zijn, hebben slechts 3 militairen interesse getoond in het invullen van de enquête. Daarna is meerdere malen geprobeerd bij vrouwelijke militairen de enquête af te nemen. Dit heeft tot 11 extra vrouwelijke respondenten gezorgd. Totaal hebben dus 14 vrouwelijke militairen de enquête ingevuld (tabel 1), uit vier verschillende functiegroepen (logistiek bataljon (3x), geneeskundige dienst (2x), 420 hospicie (3x), 470 (6x)). Uit de power analyse bleek dat, voor de Wilcoxon non-parametrische toets, minimaal 10 respondenten nodig zijn om significante verschillen te vinden tussen de antwoordmogelijkheden (slecht, matig, redelijk en goed) van de verschillende enquêtevragen. Het aantal van 14 respondenten is dus genoeg voor de analyse van de enquêteresultaten.

Tabel 1 Proefpersoongegevens.

N=14	Leeftijd	Lengte	Gewicht
Gemiddeld	23,4	174	68,8
SD	4,5	5,7	12,0

3.2 Antropometrische gegevens

Vooraf aan het invullen van de enquête zijn de cupmaten van de vrouwelijke militairen gevraagd (tabel 2) en zijn antropometrische maten opgemeten (tabel 3). In bijlage A staat beschreven hoe de verschillende maten gemeten zijn.

Tabel 2 Cupmaten van de verschillende respondenten.

Proefpersoon	Cupmaat
1	85b
2	
3	80c
4	85g
5	85b
6	80b
7	75b
8	75c
9	75b
10	75a/b
11	75c/d
12	85c
13	75c
14	80c

Tabel 3 Antropometrische gegevens (cm).

N=14	Schouderbreedte	Okselbreedte	Taillebreedte voor	Taillebreedte achter	Heupbreedte voor	Heupbreedte achter	Voorlengte	Achterlengte	Tailleomvang	Borstomvang	Heupomvang	Neklengte voor	Neklengte achter	Neklengte voor gebogen	Neklengte achter gebogen
gem	43,1	34,5	30,1	30,1	39,1	39,5	51,6	55,5	79,9	94,8	105,0	10,9	11,6	4,8	4,5
SD	2,0	2,8	4,6	4,9	4,4	5,2	5,5	6,7	8,5	9,0	11,3	1,1	1,8	2,0	2,3

3.3 Enquête

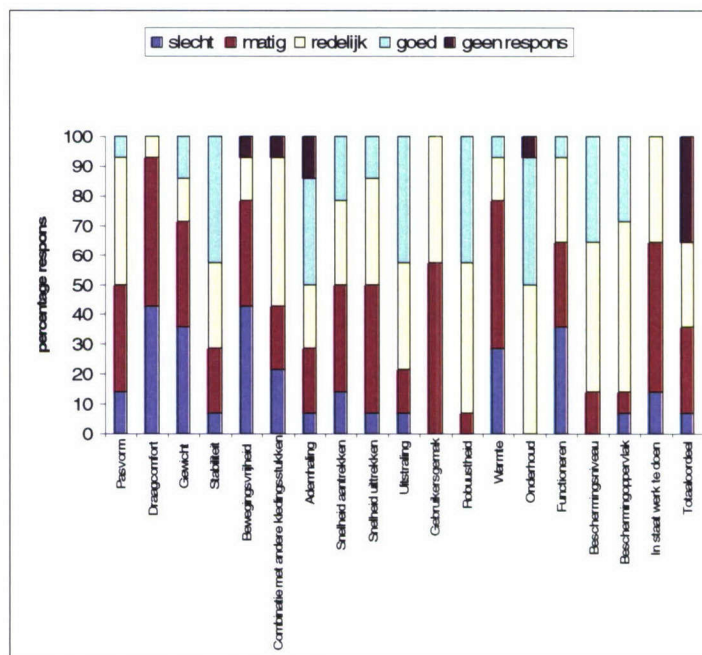
Ervaring

De respondenten hadden allemaal minder dan 6 maanden ervaring met het dragen van het huidige ballistische vest. Deze ervaring was gedeeltelijk opgedaan tijdens trainingen (1x), tijdens uitzendingen (4x) en tijdens zowel training als uitzending (7x). Door twee respondenten werd deze vraag niet ingevuld.

Eigenschappen ballistisch vest

Voor verschillende eigenschappen van het ballistisch vest werd een oordeel gevraagd, waarbij gekozen kon worden tussen 1 (slecht), 2 (matig), 3 (redelijk), 4 (goed).

In figuur 1 staat voor elke eigenschap het percentage van de respondenten dat een slecht, matig, redelijk of goed oordeel gaf.



Figuur 1 Oordeel over verschillende eigenschappen van het ballistische vest.

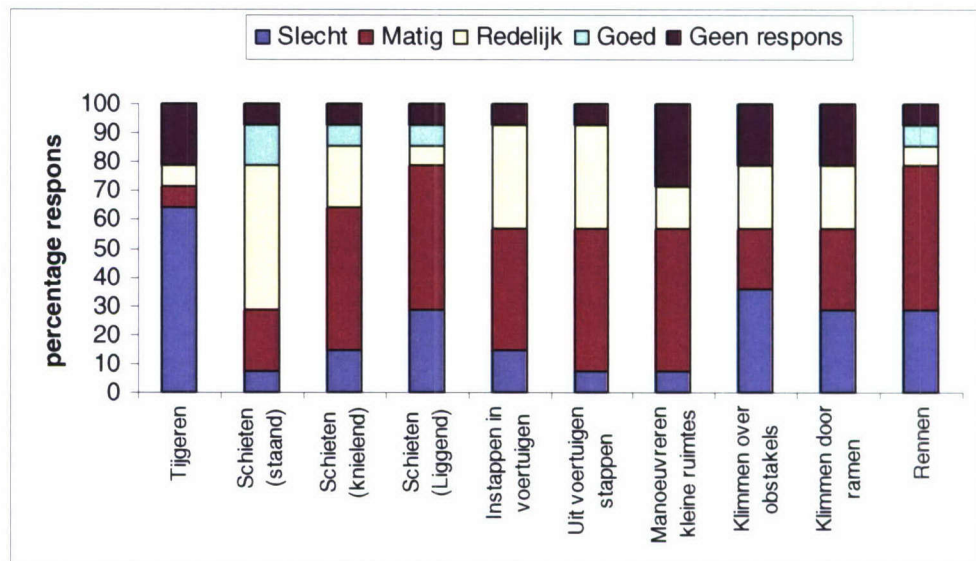
Het gemiddelde oordeel over de verschillende eigenschappen van het ballistische vest is weergegeven in tabel 4, waarbij de eigenschappen draagcomfort, bewegingsvrijheid en warmte het slechts werden beoordeeld.

Tabel 4 Gemiddelde oordeel over de verschillende eigenschappen van het ballistisch vest.

Eigenschap	Gemiddeld oordeel	SD
Pasvorm	2,4	0,85
Draagcomfort	1,6	0,63
Gewicht	2,1	1,07
Stabiliteit	3,1	1,0
Bewegingsvrijheid	1,7	0,75
Combinatie met andere kleding	2,3	0,85
Ademhaling	3,0	1,04
Snelheid aantrekken	2,6	1,01
Snelheid uittrekken	2,6	0,85
Uitstraling	3,1	0,95
Gebruikersgemak	2,4	0,51
Robuustheid	3,4	0,63
Warmte	2,0	0,88
Onderhoud	3,5	0,52
Functioneren	2,1	1,0
Beschermingsniveau	3,2	0,70
Beschermingsoppervlak	3,1	0,83
In staat werk te doen	2,2	0,70
Totaal oordeel	2,3	0,71

Bewegingsvrijheid

Aan de respondenten is gevraagd een oordeel te geven over de bewegingsvrijheid die ze eerder hebben ervaren bij het uitvoeren van verschillende taken waarbij het huidige ballistische vest werd gedragen. Het oordeel kon variëren van slecht, matig, redelijk tot goed (figuur 2).



Figuur 2 Eerder ervaren bewegingsvrijheid bij het uitvoeren van verschillende taken waarbij het ballistisch vest gedragen wordt.

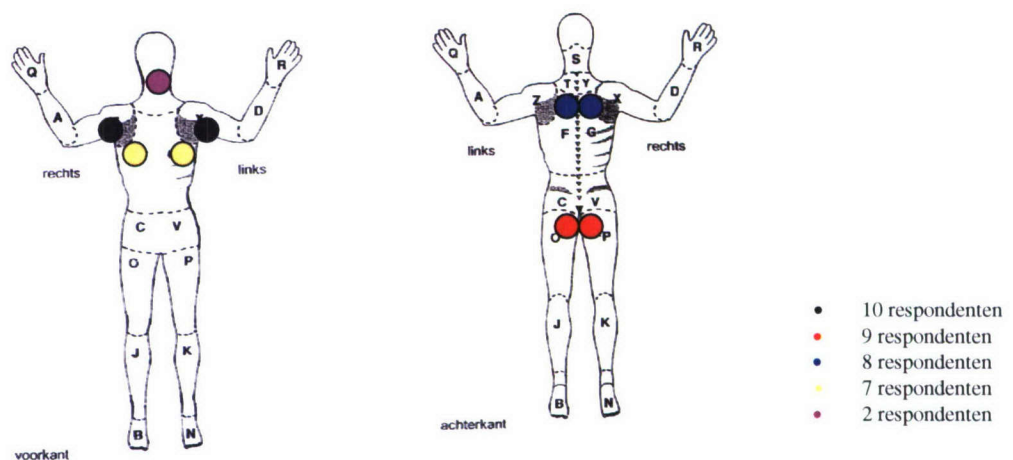
Het gemiddelde oordeel over de eerder ervaren bewegingsvrijheid bij het uitvoeren van de verschillende taken is weergegeven in tabel 5, waarbij bij het dragen van het ballistisch vest de meest problemen ervaren werden tijdens tijgeren, liggend schieten, rennen en klimmen (obstakels en raam).

Tabel 5 Gemiddelde oordeel over de bewegingsvrijheid tijdens het uitvoeren van de verschillende taken bij het dragen van het ballistisch vest.

Taak	Gemiddeld oordeel	SD
Tijgeren	1,3	0,65
Schieten (staand)	2,8	0,83
Schieten (knielend)	2,2	0,83
Schieten (liggend)	1,9	0,86
Instappen voertuig	2,2	0,73
Uitstappen voertuig	2,3	0,63
Manoeuvreren kleine ruimte	2,1	0,57
Klimmen over obstakels	1,8	0,87
Klimmen door raam	1,9	0,83
Rennen	1,9	0,86

Discomfort

Indien aanwezig, werd door de respondenten aangegeven op welke locaties van het lichaam discomfort werd ervaren (LEO). In figuur 3 zijn de verschillende locaties waar discomfort werd ervaren omcirkeld. De kleur geeft aan hoeveel van de 14 respondenten op die betreffende locatie discomfort hebben ervaren.

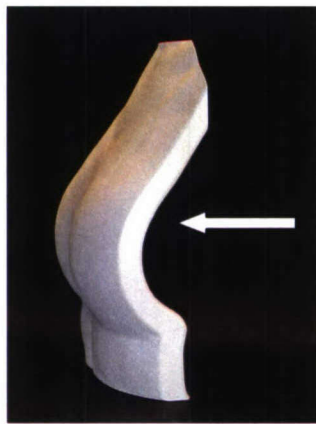


Figuur 3 Locaties waar discomfort wordt ervaren.

3.4 (Niet ballistisch) prototype plaat

Het model van de ballistische plaat is vervaardigd door middel van rapid prototypen. Op basis van scandata is een 3D CAD (computer aided design) file gegenereerd, die vervolgens door middel van de Selective Laser Sintering (SLS) methode is omgezet naar een tastbaar product. Selective Laser Sintering is een methode waarbij een laser laag voor laag kunststof poeder op elkaar smelt zodat er uiteindelijk de gewenste 3D vorm ontstaat.

Deze voorgevormde plaat geeft inzicht in knelpunten die ontstaan bij het vormgeven van een ballistische plaat. Hierbij kwam naar voren dat bij het vormgeven van de plaat (cupvorming), waarbij de plaatoppervlakte gelijk werd gehouden, de zijkanten van de borst onbeschermd bleven (meer dan zonder cupvorming). Het beschermen van deze zijkanten zal resulteren in een toename van de massa. Daarnaast kan de vormgegeven plaat de mate van bescherming beïnvloeden. Indien op basis van de resultaten uit de enquête verder gegaan wordt met fase 2, zal de invloed van deze vormgeving op de bescherming in kaart moeten worden gebracht.



Figuur 4 Vormgegeven (niet ballistische) plaat, waarbij opvalt dat de zijkanten (zie pijl) een ballistisch gat gaan vormen.

4 Discussie en conclusie

In de eerste fase van de projectopzet is een inventarisatie uitgevoerd, op basis waarvan het nut en de noodzaak bepaald is voor optimalisatie van de ergonomische aspecten van het huidige ballistische vest. Vooraf aan de inventarisatie zijn verschillende eenheden benaderd en is het doel van de inventarisatie uitgelegd. Hoewel het aantal respondenten genoeg was voor een statistische analyse, was de opkomst van respondenten zeer laag gezien de verwachte problematiek rondom het dragen van ballistische vesten door vrouwen. Hieruit zou ten onrechte geconcludeerd kunnen worden dat de problematiek rondom het dragen van ballistische vesten door vrouwen minder groot is dan verwacht. Echter, de oorzaak kan gezocht worden in het feit dat er slechts een beperkt aantal vrouwelijke gevechtssoldaten zijn, die zich daadwerkelijk als te voet optredende militair in een operationeel gebied bevinden. Doordat een groot deel van de vrouwelijke militairen in voertuigen zit of taken op het basiskamp uitvoert, waar niet altijd een ballistisch vest gedragen hoeft te worden, komen eventuele klachten misschien minder sterk tot uiting. Hierdoor is het dragen van een ballistisch vest waarschijnlijk voor slechts een klein deel van de vrouwelijke militairen problematisch en dat kan het minimale aantal respondenten verklaren.

Uit de gemiddelde antropometrische gegevens en de standaarddeviatie blijkt dat er veel variatie is in lichaamsmaten. Op basis daarvan wordt verwacht dat de beperkte maatvoering van het ballistisch vest op dit moment, zonder variaties in vorm en grootte van kogelwerende platen, tot de nodige bewegingsbeperkingen en klachten leidt.

Uit de resultaten van de 14 respondenten wordt deze verwachting ook onderschreven. Een groot deel van de respondenten geeft aan discomfort te ervaren, dat gereduceerd zou kunnen worden indien de ergonomische aspecten (maatvoering, pasvorm, beweeglijkheid) van het ballistische vest zou worden geoptimaliseerd. Het meeste discomfort werd ervaren in de okselstreek, waarschijnlijk veroorzaakt door een te brede kogelwerende plaat in relatie tot de okselbreedte. Aanpassing van de breedte van de kogelwerende plaat in relatie tot de okselbreedte kan in de toekomst discomfort voorkomen. Verder werd discomfort ter hoogte van de lage rug, schouders en borst ervaren. Dit was meestal het gevolg van respectievelijk een te lang ballistisch vest in relatie tot de ruglengte, de massa van het vest en een niet voorgevormde kogelwerende plaat.

Van de verschillende eigenschappen van het ballistische vest werden warmte, draagcomfort en bewegingsvrijheid als het slechtst beoordeeld. Op het gebied van bewegingsvrijheid werd veel hinder van het ballistisch vest ondervonden tijdens het tijgeren, het klimmen over obstakels, het door ramen klimmen, liggend schieten en rennen. Verwacht wordt dat bij een aantal van deze taken (klimmen over obstakels, door ramen klimmen) bewegingsvrijheid niet zo zeer beperkt wordt door de slechte pasvorm en/of maatvoering van het ballistische vest, maar door de niet flexibele kogelwerende plaat. Een flexibele kogelwerende plaat, waarbij dezelfde mate van bescherming wordt gegarandeerd is op dit moment nog niet produceerbaar, maar zal indien beschikbaar veel bewegingsbeperkingen kunnen reduceren of zelfs voorkomen.

Op basis van de inventarisatie kan geconcludeerd worden dat optimalisatie van de ergonomische aspecten van toepassing lijkt voor slechts een kleine groep vrouwelijke militairen, die tijdens fysieke activiteiten geregeld een ballistisch vest moeten dragen. Echter, voor deze kleine groep is optimalisatie van de ergonomische aspecten aan te bevelen. De optimalisatie zal naar verwachting resulteren in verbeterd optreden van vrouwelijke militairen.

Op basis van de resultaten uit de enquête zal door defensie (KBG vrouwen) een beslissing genomen moeten worden of er verder gegaan wordt met fase 2. Indien verder gegaan wordt met fase 2 zal tevens aandacht besteed moeten worden aan de invloed van de veranderde vormgeving van de platen op de bescherming. Met de voorgevormde plaat is aangetoond dat de hoek van inslag van kogels en scherven verandert en dat aan de zijkant van de borst, bij het gelijk houden van het plaatoppervlak, het lichaam onbeschermd blijft.

Nederland is niet het enige land dat overweegt om de vorm van de ballistische platen aan te passen aan de vorm van het vrouwelijke lichaam. In Zuid Afrika is hieraan gewerkt door Ergotech en in de VS loopt momenteel een project op Wright-Patterson Air Force Base. Met beide labs bestaan goede contacten. De beschikbare informatie kan worden gebruikt in fase 2.

5 Referenties

- Daanen, H.A.M & Robinette, K.M. (2001),
CAESAR: The Dutch data set. TNO report, TM-01-C026,
TNO Defensie en Veiligheid, Soesterberg.
- ISO 8559 (1989),
Garment construction and anthropometric surveys -- Body dimensions.
- Johnson, R.F & Kobrick, J.L. (2002),
Psychological aspects of military performance in hot environments. Textbook of military medicine, Chapter 4,
Natick, USA.
- Knapik, J.J.; Reynolds, K.L. & Harman, E. (2004),
Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects,
Military Medicine, 169(1):45-56.

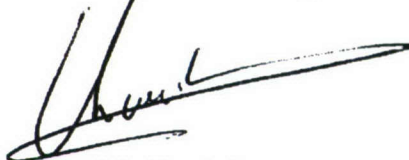
6 Ondertekening

Soesterberg, september 2008



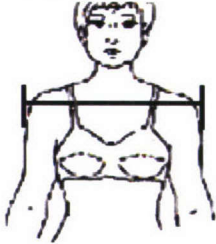
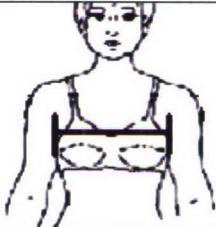
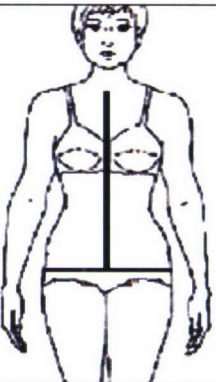
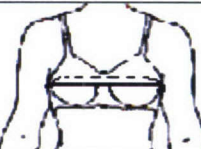
ir. J.P. Dezaire
Afdelingshoofd

TNO Defensie en Veiligheid



drs. C.L. Koerhuis
Auteur

A Antropometrische metingen

Maatvoering		
Schouderbreedte (cm) (bideltoid) ISO referentienr: 4.2.9 (Daanen & Robinette, 2001)		Afstand van de uiterste rand van de linker en rechter deltoidius
Okselbreedte (cm) ISO referentienr: /		
Taillebreedte (cm) ISO referentienr: / (Daanen & Robinette, 2001)		Breedte gemeten op 'smalste' deel van de torso
Heupbreedte (cm) ISO referentienr: /		Breedte van de heupen op de breedste plek, gemeten parallel aan het standvlak.
Voorlengte (cm) ISO referentienr: / (Daanen & Robinette, 2001)		Afstand van kuiltje aan bovenzijde borstbeen (Incisura Jugularis) tot heupbreedte lijn.
Achterlengte (cm) ISO referentienr: /		Afstand van uitstekende rugwervel tot heupbotlijn (lijn ter hoogte van heupbotten)
Borstomvang (cm) ISO referentienr: 4.4.9 (Daanen & Robinette, 2001)		Omvang van de torso, gemeten op tepelhoogte

Maatvoering		
Heupomvang (cm) Iso referentienr: / (Daanen & Robinette, 2001)		Omvang van de heupen op de breedste plek, gemeten parallel aan het standvlak.
Neklengte voor (rechttop) ISO referentienr: /		Hoofd recht op je romp. Van het kuiltje boven borstbeen (Incisura Jugularis) naar boven tot aan de kin (kuiltje achter de onderkaak).
Neklengte achter (rechttop) ISO referentienr: /		Hoofd recht op je romp. Van het kuiltje achter op je hoofd naar je uitstekende rugwervel meten (C7).
Neklengte voor (gebogen) ISO referentienr: /		Recht op staan en het hoofd zo ver mogelijk naar achteren buigen. Van het kuiltje boven borstbeen (Incisura Jugularis) naar boven tot aan de kin (kuiltje achter de onderkaak).
Neklengte achter (gebogen) ISO referentienr: /		Recht op staan en het hoofd zo ver mogelijk naar voren buigen. Van het kuiltje achter op je hoofd naar je uitstekende rugwervel meten (C7).

B Enquete ballistisch vest

Deel I: In te vullen door TNO.

Algemene gegevens	
Geslacht	☐ Man ☐ Vrouw
Rang	
Functie	
Onderdeel	
Leeftijd	
Lichaamslengte (cm)	
Lichaamsgewicht (kg)	

Maatvoering	
BH maat	
Schouderbreedte (cm)	
Okselbreedte (cm)	
Taillebreedte (cm)	
Heupbreedte (cm)	
Voorlengte (cm) (Incisura jugularis - heupbotlijn)	
Achterlengte (cm) (C7 – heupbotlijn)	
Tailleomvang (cm)	
Borstomvang (cm)	
Heupomvang (cm)	
Neklengte voor (rechttop)	
Neklengte achter (rechttop)	
Neklengte voor (gebogen)	
Neklengte achter (gebogen)	

Kledingmaten	
Maat scherfwerend vest	

Deel II: In te vullen door proefpersoon:



**HUIDIG BALLISTISCH VEST
(inclusief ballistische platen)**



- 1) Hoeveel maanden/jaren ervaring heeft u met het dragen van een ballistisch vest met ballistische platen?
 - ☐ 1 - 6 maanden
 - ☐ 6 - 12 maanden
 - ☐ 1 - 2 jaar
 - ☐ meer dan 2 jaar

- 2) Heeft u deze ervaring opgebouwd tijdens trainingen, uitzendingen of beide?
 - ☐ Trainingen
 - ☐ Uitzendingen
 - ☐ Beide

- 3) Wat vindt u van de maat van uw ballistisch vest met ballistische platen?
(meerdere antwoorden mogelijk)
 - ☐ Goed
 - ☐ Te breed
 - ☐ Te smal
 - ☐ Te lang
 - ☐ Te kort

- 4) Beantwoord de volgende vraag door in de lijst hieronder de bijbehorende bolletjes zwart te kleuren. Wat vindt u van het dragen van een ballistisch vest met ballistische platen?

slecht matig redelijk goed

1 pasvorm (maatvoering)	☐	☐	☐	☐
2 draagcomfort (knellen, schuiven, drukken, snijden)	☐	☐	☐	☐
3 gewicht (massa)	☐	☐	☐	☐
4 stabiliteit (massaverdeling)	☐	☐	☐	☐
5 bewegingsvrijheid	☐	☐	☐	☐
6 combineren met andere kleding- en uitrustingsstukken	☐	☐	☐	☐
7 ademhaling (weerstand bij het in- en uitademen)	☐	☐	☐	☐
8 snelheid van aantrekken van ballistisch vest	☐	☐	☐	☐
9 snelheid van uittrekken van ballistisch vest	☐	☐	☐	☐
10 uitstraling (model, vorm)	☐	☐	☐	☐
11 gebruiksgemak	☐	☐	☐	☐
12 robuustheid (stevigheid)	☐	☐	☐	☐
13 warmte (gebruik in inzetgebieden, zweten)	☐	☐	☐	☐
14 onderhoud (gemak en frequentie)	☐	☐	☐	☐
15 functioneren (kunnen uitvoeren van het werk)	☐	☐	☐	☐
16 beschermingsniveau	☐	☐	☐	☐
17 beschermingsoppervlak	☐	☐	☐	☐
18 de platen stellen mij in staat mijn werk te doen	☐	☐	☐	☐
Totaaloordeel	☐	☐	☐	☐

- 5) Wat zijn de **belangrijkste** eigenschappen waar **ballistische platen** (met name uit bovenstaande lijst) aan moeten voldoen? (maximaal 3 eigenschappen)

.....

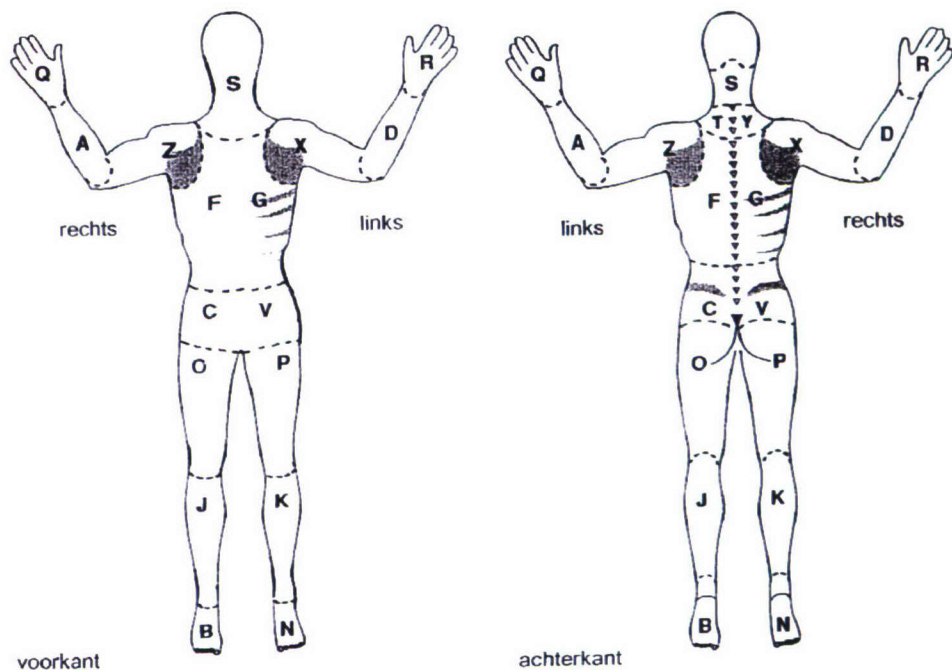
- 6) Wat zijn naar uw mening de **grootste** knelpunten van het gebruik van de **ballistische platen**, met name uit de bovenstaande lijst? (maximaal 3 knelpunten)

.....

- 7) Beantwoord de volgende vraag door in de lijst hieronder de bijbehorende bolletjes zwart te kleuren. Hoe is de bewegingsvrijheid tijdens het uitvoeren van onderstaande taken bij het dragen van een ballistisch vest met ballistische platen?

	slecht	matig	redelijk	goed
bewegingsvrijheid bij:				
- tijgeren	☐	☐	☐	☐
- schieten (staand)	☐	☐	☐	☐
- schieten (knielend)	☐	☐	☐	☐
- schieten (liggend)	☐	☐	☐	☐
- instappen in voertuigen	☐	☐	☐	☐
- uit voertuigen stappen	☐	☐	☐	☐
- manoeuvreren door kleine nauwe ruimtes	☐	☐	☐	☐
- klimmen over obstakels	☐	☐	☐	☐
- klimmen door ramen	☐	☐	☐	☐
- rennen	☐	☐	☐	☐

- 8) Geef op onderstaande pop (voor- en achteraanzicht) aan waar de grootste knelpunten ontstaan bij het dragen van het ballistisch vest met ballistische platen. (a.u.b. een kruisje op de betreffende locatie)



- 9) Eventuele opmerkingen en/of suggesties met betrekking tot het ballistisch vest met ballistische platen kunnen hieronder vermeld worden:

[illegible]

ONGERUBRICEERD
REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD2008-0137	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO -	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NO TNO-DV 2008 A323
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 032.13132	5. CONTRACT NO -	6. REPORT DATE September 2008
7. NUMBER OF PAGES 24 (incl 2 appendices, excl RDP & distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES 4	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Redesign ballistic vest for women: phase 1		
11. AUTHOR(S) C.L. Koerhuis, MSc ; M.G.M. Weghorst		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Defence, Security and Safety, P.O. Box 23, 3769 ZG Soesterberg , The Netherlands Kampweg 5, Soesterberg, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Dutch Ministry of Defence, bureau SMP, Barchman Wuytierslaan 198, 3800 DA Amersfoort		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) In this study, an inventarisation was made about the experiences with the current ballistic vest. A questionnaire was filled out by fourteen female soldiers consisting of questions about complaints, characteristics of the ballistic vest and the mobility of the combat soldier wearing the ballistic vest. Most of the respondents experienced discomfort in the arm-pit, followed by discomfort in the lower back, the shoulders and on the busts. For the different characteristics of the ballistic vest, the worst score was given for comfort, followed by mobility and thermal strain. The worst mobility wearing the ballistic vest was experienced during sneaking, followed by climbing over obstacles. Optimization of ergonomical aspects of the ballistic vest is expected to result in a reduced decrement in physical performance of female soldiers performing operational tasks and will therefore be recommended.		
16. DESCRIPTORS Ballistic vest, shape, size, physical performance		
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) Ongerubriceerd	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd

ONGERUBRICEERD

Distributielijst

Onderstaande instanties/personen ontvangen een volledig exemplaar van het rapport.

- | | |
|-------|---|
| 1 | DMO/SC-DR&D
standaard inclusief digitale versie bijgeleverd op cd-rom |
| 2/3 | DMO/DR&D/Kennistransfer |
| 4 | Projectbegeleider Defensie
Bureau SMP
maj H.J. van de Brink |
| 5/7 | Bibliotheek KMA |
| 8 | Hoofd Klantmanagement KPU-bedrijf / Vertegenwoordiger KBG vrouwen
S. Eckhardt |
| 9/10 | TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg,
(Archief) |
| 11/12 | TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg,
drs. C.L. Koerhuis
M.G.M. Weghorst |

Onderstaande instanties/personen ontvangen het managementuittreksel en de distributielijst van het rapport.

4 ex.	DMO/SC-DR&D
1 ex.	DMO/ressort Zeesystemen
1 ex.	DMO/ressort Landsystemen
1 ex.	DMO/ressort Luchtsystemen
2 ex.	BS/DS/DOBBP/SCOB
1 ex.	MIVD/AAR/BMT
1 ex.	Staf CZSK
1 ex.	Staf CLAS
1 ex.	Staf CLSK
1 ex.	Staf KMar
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Algemeen Directeur, ir. P.A.O.G. Korting
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Directie Directeur Operaties, ir. C. Eberwijn
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Directie Directeur Kennis, prof. dr. P. Werkhoven
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, Directie Directeur Markt, G.D. Klein Baltink
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag, Manager Waarnemingssystemen (operaties), ir. B. Dunnebie PDeng
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Den Haag, Manager Informatie en Operaties (operaties), ir. P. Schulein
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Manager Bescherming, Munitie en Wapens (operaties), ir. P.J.M. Elands
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Rijswijk, Manager BC Bescherming (operaties), ir. R.J.A. Kersten
1 ex.	TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg, Manager Human Factors (operaties), drs. H.J. Vink