

**LICHAMELIJKE BELASTING IN DE METAALIN-
DUSTRIE**

Ergonomische aanbevelingen voor de werkplekinstelling
bij de bediening van een pers

Een onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Raad van
Overleg in de Metaalindustrie

NIPG-publikatienummer
92.034

mei 1992

N.J. Delleman
M. Douwes
W.A. Brand

Begeleidingscommissie

Ir. C.J.Th.M. Willems
Mw. drs. L. Kluyver

Gedelegeerden van de Werkgroep Kwaliteit van de
Arbeid van de Raad van Overleg in de Metaalindustrie

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van f 27,85 (incl. BTW) op postrekening 99889 van het NIPG-TNO te Leiden onder vermelding van bestelnummer 92.034.

INHOUD	pagina
1. INLEIDING	1
2. WERKPLEKINSTELLING BIJ DE BEDIENING VAN EEN PERS	2
2.1 Inleiding	2
2.2 Aanbevelingen voor werknemers	2
2.3 Aanbevelingen voor leidinggevend	5
3. RELEVANTE LITERATUUR	7
BIJLAGEN	9
Bijlage A BREDE INVENTARISATIE VAN VEEL-VOORKOMENDE GEZONDHEIDSBEDREIGENDE PRODUKTIE-TECHNIEKEN	
1. Inleiding	10
2. Methode	10
2.1 Veel-voorkomende produktietechnieken	10
2.2 Gezondheidsbedreiging door lichamelijke belasting	11
3. Resultaten	13
3.1 Verspanende bewerkingen	13
3.2 Koude vervorming	15
3.3 Montage	17
4. Literatuur	19

Bijlage B ERGONOMISCHE AANBEVELINGEN VOOR DE WERKPLEK INSTELLING BIJ BEDIENING VAN EEN PERS

1. Inleiding	20
2. Onderzoeksmethoden	20
2.1 Experimentele opzet	20
2.2 Proefpersonen	21
2.3 Experimentele taak	21
2.4 Onafhankelijke variabelen	22
2.5 Afhankelijke variabelen en meetmethoden	22
2.5.1 Werkhouding	23
2.5.2 Subjectieve bevindingen	26
2.5.3 Werkresultaat	28
2.6 Procedure	29
2.7 Analyse van de resultaten	29
2.8 Formulering van de aanbeveling	32
3. Resultaten	34
3.1 Romp, nek en hoofd	34
3.2 Bovenste extremiteiten	40
3.3 Integrale subjectieve bevindingen	43
3.4 Werkresultaat	46
3.5 Referentiewaarden	46
4. Samenvatting en discussie van de resultaten	47
5. Conclusies	50
6. Formulering aanbevelingen	51
6.1 Werknemers	51
6.2 Werkgevers	53
6.3 Ontwerpers	54
7. Literatuur	58

1. INLEIDING

De Raad van Overleg in de Metaalindustrie beoogt concrete verbeteringen gericht op de kwaliteit van de arbeid op bedrijfsniveau te stimuleren. Eén van de aandachtsgebieden van verbetering is het terugdringen van gezondheidsbedreigende lichamelijke belasting. Het gaat hier om de ongunstige belasting van spieren, banden en gewrichten als gevolg van verkeerde houdingen, repeterende bewegingen, grote krachtoefening e.d., die een risico vormen voor rug-, nek, schouder- en armklachten. Door ergonomische verbeteringen van de werkplek en de werkorganisatie kan de lichamelijke belasting in belangrijke mate worden teruggedrongen. In dit rapport zijn ergonomische aanbevelingen geformuleerd voor de werkplekinstelling bij de bediening van een pers. De aanbevelingen zijn geschikt gemaakt voor werknemers (§ 2.2) en voor leidinggevenden die in de bedrijven verantwoordelijk zijn voor arbeidsomstandigheden (§ 2.3). De aanbevelingen kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor een brochure ten behoeve van de bedrijfstak. Instructie aan werknemers en inschakeling van deskundigen bij de aanschaf van apparatuur, stoelen, stasteunen, hulpmiddelen e.d., die van belang zijn bij de ergonomische inrichting van een werkplek, is gewenst.

De geformuleerde ergonomische aanbevelingen zijn gebaseerd op experimenteel onderzoek. De gehanteerde onderzoeksaanpak en resultaten staan in bijlage B. Daaraan voorafgaand is een brede inventarisatie van de lichamelijke belasting bij veel-voorkomende produktietechnieken uitgevoerd. Per produktietechniek zijn ergonomische knelpunten gesignaleerd. Het doel van de inventarisatie was prioriteiten te stellen voor nader onderzoek gericht op het formuleren van specifieke ergonomische aanbevelingen voor één veel-voorkomende produktietechniek. Op grond van de bevindingen is gekozen voor de bediening van een pers. De gehanteerde onderzoeksaanpak en resultaten van de brede inventarisatie staan in bijlage A. Hoewel de inventarisatie daarvoor niet was bedoeld, lijkt het materiaal ook goed bruikbaar voor verspreiding in de bedrijfstak, nadat de nodige aanpassingen en aanvullingen zijn gedaan.

2. WERKPLEKINSTELLING BIJ DE BEDIENING VAN EEN PERS

2.1 Inleiding

De handmatige in- en uitvoer van werkstukken bij de bediening van een pers leidt vaak tot hoge lichamelijke belasting. Geheven bovenarmen belasten de schouders en een voorovergebogen en/of gedraaide romp belast de lage rug. Te hoge belasting kan leiden tot lichamelijke klachten en tot ziekteverzuim. Door ergonomische verbeteringen van de werkplek en de werkorganisatie kan de lichamelijke belasting in belangrijke mate worden teruggedrongen.

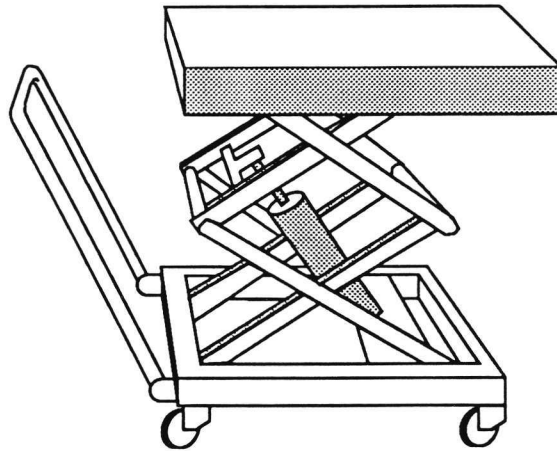
In het algemeen moet ver worden bereikt om een werkstuk in het stempel op de pers te plaatsen. Bij zittende bediening van de pers wordt dit mede veroorzaakt door te weinig beenruimte. Naast een te grote reikafstand wordt de lichamelijke belasting bepaald door de hoogte van het stempel, de globale werkhouding (zittend, staand of gebruikmakend van een stasteun), het soort en de plaatsing van het bedieningsmiddel, de plaatsing van de in te voeren en uitgevoerde werkstukken, de verlichting, de verhouding van werk- en rusttijden en de afwisseling met andere taken.

In het navolgende worden ergonomische aanbevelingen gedaan voor de werkplekinstelling bij de bediening van een pers, waarbij de bovengenoemde aspecten aan de orde komen. De aanbevelingen zijn gericht op werknemers en op leidinggevenden die in bedrijven verantwoordelijk zijn voor arbeidsomstandigheden.

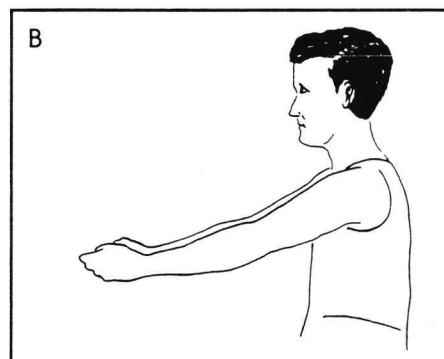
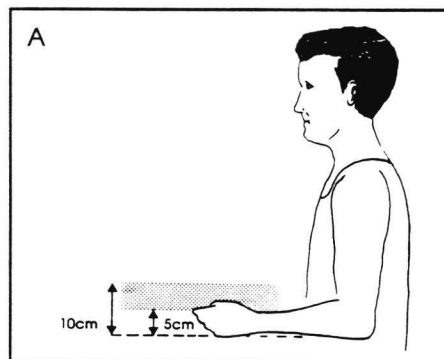
Inschakeling van deskundigen voor instructie en bij de aanschaf van apparatuur, stoelen, stasteunen, hulpmiddelen e.d., die van belang zijn bij de ergonomische inrichting van een werkplek, is gewenst.

2.2 Aanbevelingen voor werknemers

1. Plaats de aan- en afvoer van werkstukken op de hoogte van het stempel, opzij of schuin voor en zo dicht mogelijk bij u (binnen handbereik). Gebruik hulpmiddelen als bijvoorbeeld een heftafel (zie tekening).



2. Kies voor staande of zittende bediening van de pers.
 - Zittende bediening heeft in het algemeen de voorkeur.
 - Indien de aan- en afvoer van werkstukken zich te veraf of achter u bevinden, heeft staande bediening de voorkeur.
3. Probeer zo dicht mogelijk bij de pers te komen en plaats een werkstuk in het stempel.
 - A. Ga na of het werkstuk in het stempel tussen 5 en 10 cm boven de ellebooghoogte is (zie tekening A). Gebruik zonodig hulpmiddelen als een hoogte-verstelbaar bordes of, bij zittende bediening, de hoogte-instelling van de stoelzitting. Ga door naar B.
 - B. Ga na of het werkstuk in het stempel te plaatsen is met de romp rechtop, desnoods met volledige strekking van de ellebogen en gebruik van de schoudergordel (zie tekening B).



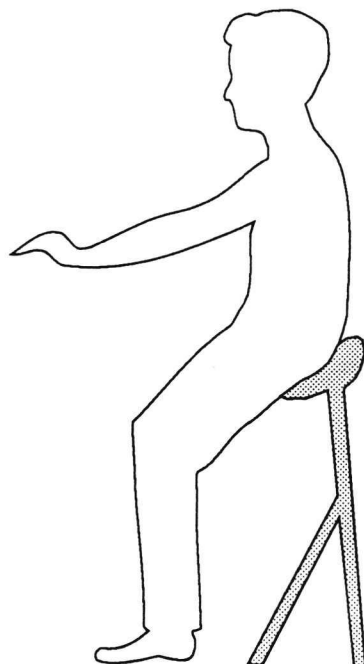
Als A en B gelukt zijn heeft u een goede werkplekinstelling gevonden.

Indien u gekozen heeft voor zittende bediening en A is niet gelukt (het werkstuk in het stempel bevindt zich te laag of te hoog) of B is niet gelukt (u moet te ver reiken), kies dan voor staande bediening en herhaal de stappen A en B.

Indien u gekozen heeft voor staande bediening en A is niet gelukt (het werkstuk in het stempel bevindt zich te laag of te hoog) of B is niet gelukt (u moet te ver reiken), kies dan voor zittende bediening en herhaal de stappen A en B.

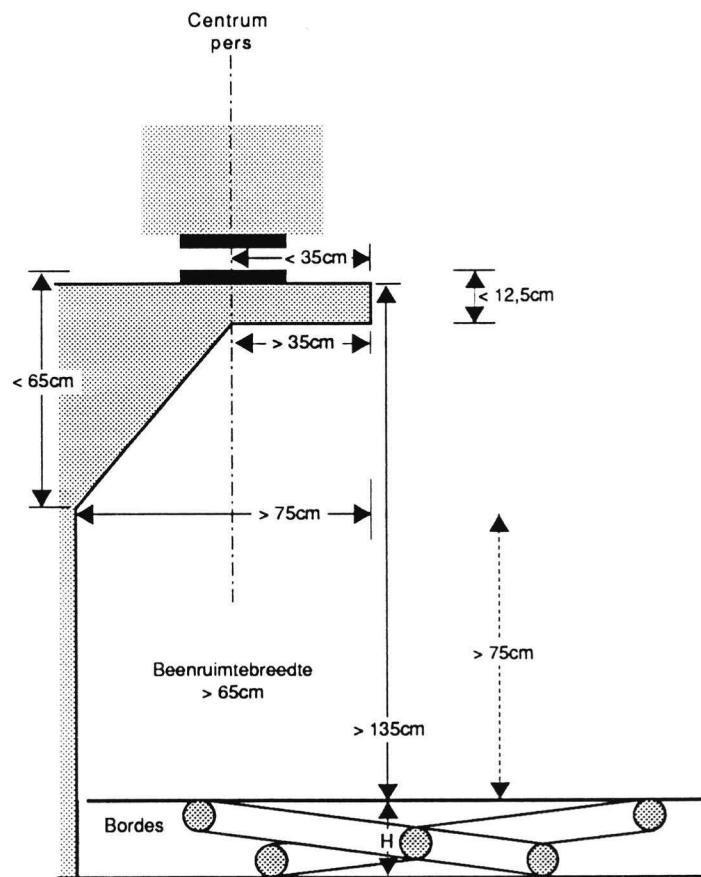
Indien zowel bij zittende als bij staande bediening A niet gelukt is (het werkstuk in het stempel bevindt zich te laag of te hoog) of B is niet gelukt (u moet te ver reiken), zijn technische oplossingen nodig (zie aanbevelingen leidinggevend).

4. Kies bij staande bediening, indien aanwezig, voor handbediening in plaats van pedaalbediening.
5. Zorg voor goed zicht op het werk, door een aanwezig veiligheidsscherm goed schoon te houden en door zonodig (extra) verlichting in te schakelen.
6. Wissel bij de bediening van de pers, indien mogelijk, staand en zittend werk af.
7. Wissel zittend en staand werk af met lopend werk.
8. Gebruik een stasteun (zie tekening) als afwisseling bij staand werk.



2.3 Aanbevelingen voor leidinggevendenden

1. Zorg dat de bediening van een pers staande, zittende en/of gebruikmakend van een stasteun kan worden uitgevoerd. Daarvoor is gewenst (zie tekening):
 - een hoogte-verstelbaar bordes met de volgende eigenschap:
 - een verstelbereik van minimaal 75 cm.
 - een pers met de volgende eigenschappen:
 - de afstand van de bovenzijde van de perstafel tot de vloer minimaal gelijk aan 135 cm plus de hoogte van het bordes in z'n laagste stand (H);
 - de dikte van de perstafel plus de dikte van de basis van het stempel bij voorkeur niet meer dan 12.5 cm;
 - beenruimtediepte op de hoogte van de knieën minimaal tot het centrum van de pers plus ruimte voor de voeten en voor incidentele strekking van de benen (voor afmetingen zie tekening);
 - beenruimtebreedte minimaal 65 cm;
 - de afstand van de voorzijde van de perstafel tot het centrum van de pers niet groter dan 35 cm.



2. Stel hulpmiddelen (lopende band, heftafel, enz.) ter beschikking voor de aan- en afvoer van werkstukken, zodat de werknemer in staat is de werkstukken op de hoogte van het stempel, zo dicht mogelijk bij zich (binnen handbereik) en opzij of schuin voor te plaatsen.
3. Monteer een veiligheidsscherm zo dicht mogelijk bij het stempel.
4. Zorg voor goed zicht op het werk door verlichting bij het stempel.
Zorg voor een veiligheidsscherm waarbij er geen belemmeringen van het zicht zijn, bijvoorbeeld door ondoorzichtige delen.
5. Zorg voor hand- én pedaalbediening.
6. Stel hoogte-verstelbare stoelen en enkele stasteunen ter beschikking.
7. Zorg voor afwisseling van zittend, staand en lopend uit te voeren taken binnen een functie.

3. RELEVANTE LITERATUUR

1. BEUMER, P.F.M. EN J.H.M.M. MUSSON. Arbeidsomstandigheden in de metaalindustrie (S113). Den Haag, Min. SoZaWe, DGA, 1991.
2. BONNEMA, D.R.T., J. WESTERINK EN D.P. ROOKMAKER. Fysieke belasting bij het lassen. Enschede, TH Twente, Faculteit der Werktuigbouwkunde, Leerstoel Ergonomische Ontwerpen, 1991
3. DEKKER, I.P.P. DEN. Lichamelijk zware arbeid in de Nederlandse industrie (S45). Voorburg, Min. SoZaWe, DGA, 1988.
4. DELLEMAN, N.J. EN W.A. BRAND. Ergonomic guidelines on the optimum working height for pneumatic wrenching, oxy-gas cutting and grinding during maintenance work in the steel industry. In: J. Dul et al. (eds.). Ergonomic prevention of musculoskeletal disorders of maintenance workers in the steel industry: Guidelines for the optimum working height of selected maintenance operations. Leiden, NIPG-TNO, 1991. pp 45-116.
5. DERKS, P.M. Ergonomische draaibank. Ergonomie 1, (1976) Nr. 3 6-9.
6. DIRECTORAAT-GENERAAL VAN DE ARBEID. Herkennen en voorkomen van fysieke belasting tijdens de arbeid (V25). Den Haag, Min. SoZaWe, DGA, 1991.
7. DIRECTORAAT-GENERAAL VAN DE ARBEID. Marktverkenning metaalproduktenindustrie. Voorburg, Min. SoZaWe, DGA, 1989.
8. DOUWES, M., N.J. DELLEMAN EN V.H. HILDEBRANDT. Ergonomische aanbeveling voor de werkhogte en helling van het werkblad bij assemblage. Den Haag, Min. SoZaWe, DGA, 1992.
9. FELSER, C. Arbo-beleid in de metaalindustrie: werkboek voor ondernemingsraden en VGW-commissies. Amsterdam, Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden, 1989.
10. INDUSTRIEBOND FNV. Gezond werken. z.pl. z.j.
11. TAPPÈL, B. EN N. TERRA. Het werkt anders. Een overzicht van maatregelen tegen veel voorkomende problemen met de kwaliteit van arbeidsplaatsen in de basismetaleindustrie en de metaalproduktenindustrie (S18-8). Voorburg, Min. SoZaWe, DGA, 1986.
12. TERRA, N. M. ZIEKEMEIJER, R. FORTUIN EN V. VROOLAND. Arbeid en gezondheid in de metaalproduktenindustrie: een sektorbeschrijving. Amsterdam, Stichting CCOZ, 1984.

BIJLAGEN

Bijlage A BREDE INVENTARISATIE VAN VEEL-VOORKOMENDE GEZONDHEIDSBEDREIGENDE PRODUKTIE-TECHNIEKEN

1. INLEIDING

De metaalindustrie is een zeer gedifferentieerde bedrijfstak, met name wat betreft produkten. In de literatuur worden de voorkomende werkzaamheden geordend aan de hand van produktietechnieken en aan de hand van functies. De produktietechnieken zijn het meest bepalend voor werkhoudingen, -bewegingen en krachtoefeningen en bieden daarmee het beste aanknopingspunt voor het formuleren van ergonomische knelpunten en gerichte ergonomische aanbevelingen. Het doel van inventarisatie was veel-voorkomende produktietechnieken te traceren waarbij de lichamelijke belasting gezondheidsbedreigend is.

2. METHODE

2.1 Veel-voorkomende produktietechnieken

De metaalindustrie bestaat uit de bedrijfsklassen basismetalenindustrie, metaalproduktenindustrie, machine-industrie en transportmiddelenindustrie. De inventarisatie is gericht op de metaalproduktenindustrie, waarvoor een overzicht over de mate van voorkomen van produktietechnieken bestaat (tabel 1). Aangenomen wordt dat de resultaten ook reeds bruikbaar zullen zijn in de drie andere bedrijfsklassen, aangezien de werkzaamheden daar, wellicht met meer nadruk op assemblage-/montagewerkzaamheden, overeenkomen met de metaalproduktenindustrie. Tabel 1 geeft per bedrijfsgroep in de metaalproduktenindustrie de produktietechnieken die door veel werknemers veelvuldig worden uitgevoerd alsmede het aantal werknemers gerelateerd aan de gehele metaalproduktenindustrie. Op basis van deze twee soorten gegevens kan worden vastgesteld dat verspanende bewerkingen, koude vervorming, oppervlaktebehandeling, lassen en montage overheersend ('veelvuldig uitgevoerd door veel werknemers') zijn in de gehele metaalproduktenindustrie (zie tabel 1, onder 'Index'). In overleg met de

projectbegeleiding is besloten het vervolg van de inventarisatie te richten op verspanende bewerkingen, koude vervorming en montage.

2.2 Gezondheidsbedreiging door lichamelijke belasting

Bekend is dat lichamelijke klachten in specifieke regio's gerelateerd zijn aan specifieke belastende houdingen, bewegingen en krachtoefeningen bij een werkzaamheid o.a. 1,2,3,4,5. De aard van de gezondheidsbedreiging door lichamelijke belasting bij produktietechnieken in de metaalindustrie is beoordeeld door de voorkomende houdingen, bewegingen en krachtoefeningen op de werkplek te observeren. Naast de observaties zijn gesprekken gevoerd met werknemers, bedrijfsleiders en bedrijfsartsen. Bij iedere produktietechniek is vastgesteld welke werkplekaspecten ergonomische knelpunten vormen. De diversiteit van bezochte bedrijven waarborgt dat de meest voorkomende produktietechnieken en hun verschijningsvormen zijn geobserveerd.

Tabel 1 Bedrijfstak metaalproduktenindustrie. Produktietechnieken die door veel werknemers zorgvuldig worden uitgevoerd in de diverse bedrijfstakken ('X'), aantal werknemers per bedrijfstak gerelateerd aan de gehele bedrijfstak (% werknemers) en de mate van uitvoering van de produktietechnieken in de gehele bedrijfstak ('Index') (gegevens afkomstig uit: Marktverkenning metaalproduktenindustrie, Min. SoZaWe, DGA, 1989).

	Vloeibare vormgeving	Verspanende bewerkingen	Warm persen	Koude vervorming	Oppervlaktebehandeling	Lassen/solderen	Montage	% werknemers t.o.v. de gehele bedrijfsklasse
340	X							7
341			X	X				2
342		X		X	X			3
343				X		X	X	5
344		X				X	X	33
345				X	X	X		6
346				X	X			6
347						X	X	4
348		X		X	X		X	20
349		X			X		X	14
Index:	7	70	2	42	49	48	76	

Legenda:

340 = gieterijen

341 = grofsmederijen

342 = massadraaiwerk

343 = fabrieken voor tanks, reservoirs en pijpleidingen

344 = konstruktiewerkplaatsen

345 = metalen-meubelindustrie

346 = metalen-emballage-industrie

347 = verwarmings- en kookapparatuurindustrie

348 = metaalwarenindustrie

349 = smederijen en opp.bew.bedrijven e.d.

Index = waarde voor de mate waarin de produktietechniek wordt uitgevoerd door veel werknemers veelvuldig wordt uitgevoerd in de gehele metaalproduktenindustrie.

3. RESULTATEN

Bij meeste produktietechnieken zijn werkplekaspecten gesignaleerd welke kunnen leiden tot klachten van bijvoorbeeld de lage rug, de nek en de schouders. Deze aspecten zijn bij iedere produktietechniek als ergonomische knelpunten aangegeven. Waar mogelijk zijn oplossingen (ergonomische aanbevelingen) vermeld. De beschrijving van de geanalyseerde produktietechnieken is geordend naar verspanende bewerkingen, koude vervorming en montage.

3.1 Verspanende bewerkingen

Zagen.

Cirkel- en beugelzagen functioneren bijna volledig automatisch. De werknemer plaatst slechts de objecten en stelt de machine in. *Beugelzagen* zijn veelal direct op de vloer geplaatst, waardoor de werkhoogte voor het plaatsen en vastzetten (m.b.v. zwenkwiel) van het object niet optimaal is. *Lintzagen* vereisen manipuleren/positioneren van het object. De snelheid van de zaag is instelbaar met een zwenkwiel.

Ergonomische knelpunten bij zagen: 1) werkhoogte object en 2) locatie machine-instelling.

slijpen (schuren, finelleren).

Gebruik van een *slijptol* komt voor onder zeer diverse omstandigheden. Voor slijpen van relatief kleine objecten, staande aan een werktafel, zijn ergonomische aanbevelingen gericht op de optimale werkhoogte beschikbaar (zie literatuurverwijzing 4). Slijpen van objecten aan een *slijpbank* houdt in dat het object met de nodige kracht tegen de tol wordt gebracht. Dit vereist een stabiele werkhouding met zoveel mogelijk ondersteuning van het lichaam. Zittende uitvoering van de produktietechniek biedt daartoe de beste mogelijkheden.

Ergonomische knelpunten bij slijpbank: 1) werkhoogte object/tol, 2) reikafstand object (beenruimte) en 3) stoel (steun in de rug).

Draaien, frezen, kotteren.

Bij *conventionele machines* vereisen deze produktietechnieken een continue visuele controle. Het zicht is veelal echter beperkt. De plaats van de zwenkwielen voor de instelling van de machine en werkstuk is veelal te laag. Bovendien zijn de zwenkwielen veelal geplaatst tussen het lichaam en het werkstuk, waardoor de reikafstand groter is dan nodig. De visuele controle en de machine-instelling gaat derhalve gepaard met een voorovergebogen en gedraaide werkhouding. De werkhouding verbetert door het gebruik van optimaal geplaatste positie-indicatoren of een naar de werknemer toe gekanteld bed en een optimale plaatsing van de instelzwenkwielen (zie literatuurverwijzing 5). De ongunstige lichamelijke belasting ten gevolge van bewerkingen met conventionele machines zal sterk afnemen door de opkomst van *computergestuurde machines (CNC)*. De werknemer houdt zich dan bezig met de plaatsing van het werkstuk, keuze van het computerprogramma en incidentele kwaliteitscontrole (operator-functie).

Ergonomische knelpunten bij conventionele draai-, frees- en kotterbanken: 1) zicht op het werk en de instelling van de machine en 2) lokaties machine-instelling.

Boren.

Bij *kolomboren* wordt kracht uitgeoefend boven de schouders bij het positioneren en vastzetten van de boor. Zwenkwielen voor het vastzetten van het object bevinden zich veelal op een ongunstige lage positie. Het object is vaak nogal laag geplaatst, waardoor bij visuele controle van het werk het hoofd ver voorover wordt gebogen. *Tafelboren* worden bediend door het overhalen van een hendel. Dit kan betekenen dat de bovenarm op of boven schouder niveau wordt geheven.

Ergonomische knelpunten bij kolomboren: 1) werkhoogte bij positioneren en vastzetten van de boor, 2) werkhoogte object en 3) lokatie objectfixatie

Ergonomische knelpunten bij tafelboren: 1) werkhoogte boorbediening en 2) werkhoogte object.

3.2 Koude vervorming

Knippen

Bij deze voorbereidende produktietechniek wordt draad of plaatmateriaal gescheiden van het omgevende materiaal. Bij grotere series wordt de bewerking bijna volledig automatisch uitgevoerd. De werknemer beperkt zich tot de aanvoer van materiaal, de instelling van de machine (o.a aantal stuks) en de controle op het resultaat. Bij één of enkele stuks wordt de machine in werking gezet door pedaal- of handbediening.

Persen (ponsen, stansen, dieptrekken).

Met een pers wordt een metalen object (plaatwerk) vervormd en/of gescheiden van het omgevende metaal. De resulterende vorm is afhankelijk van het gebruikte stempel. De werknemer plaatst het object in de pers en stelt de pers in werking door middel van twee-hands- (knoppen, hendels) of pedaalbediening. In het algemeen moet de werknemer, zowel bij zittende als bij staande uitvoering van de bewerking, ver reiken om het object in de pers te plaatsen. Bij zittende uitvoering van de bewerking wordt dit mede veroorzaakt doordat veelal geen of beperkte beenruimte aanwezig is.

Ergonomische knelpunten bij persen (ponsen, stansen, dieptrekken): 1) reikafstand object (beenruimte), 2) werkhoogte object en 3) lokatie machinebediening.

Snijden

Snijden vindt plaats in de voorbewerking. Metalen platen krijgen door middel van een brander een specifieke vorm. De bewerking wordt veelal automatisch, computergestuurd uitgevoerd. De werknemer houdt zich bezig met de keuze van het computerprogramma en kwaliteitscontrole (operator-functie). Bij zittende uitvoering van de werkzaamheden is van belang dat draaiing van de romp wordt vermeden; bijvoorbeeld door middel van een draaibare stoel en/of een flexibel plaatsbaar bedieningspaneel. Een dergelijk paneel voorkomt tevens dat de reikafstand te groot wordt.

Ergonomische knelpunten bij snijden: 1) positie machinebediening en 2) indien van toepassing, eigenschappen van de stoel.

Buigen

Bij buigen wordt het object (pijp) door de machine gebogen volgens een bepaalde kromtestraal en cirkelsnede. De werkhoogten voor het inleggen van het object en de instelling van de machine zijn veelal niet optimaal. De machine wordt meestal in werking gezet met twee-hands- of pedaalbediening.

Ergonomische knelpunten bij buigen: 1) werkhoogte object en 2) locatie machine-instelling en -bediening (m.n. hoogte)

Kanten (zetten)

Deze produktietechniek wordt staande uitgevoerd aan een kantpers. De werknemer plaatst het object (plaatwerk) in de pers, waarna twee delen (zijden) van het object onder een hoek worden gezet. De pers wordt in werking gezet met twee-hands- of pedaalbediening. Soms is het nodig het object tijdens het kanten enigszins met de hand te geleiden.

Ergonomisch knelpunt bij kanten (zetten): werkhoogte object.

Richten

Deze techniek bestaat uit het corrigeren van de vorm van een object. Daartoe worden krachten uitgeoefend op het object met bijvoorbeeld een hamer, spanners of het eigengewicht van het object (zwaartekracht). Eventueel wordt het object lokaal verwarmd. Richten vindt plaats onder zeer diverse omstandigheden, zodat algemene ergonomische knelpunten niet zijn aan te geven.

Felsen

Bij deze produktietechniek worden twee objecten met elkaar verbonden. De werknemer plaatst beide objecten in de machine, waarna met een draaiende beweging onder druk een van de objecten van een randje wordt voorzien en het andere object omklemt.

Ergonomisch knelpunt felsen: werkhoogte objecten

3.3 Montage

Montage variabele werkplek

Montage aan middelgrote en grote constructies (variabele werkplek) houdt in dat de werkzaamheden onder zeer diverse omstandigheden plaatsvinden, zodat algemene ergonomische knelpunten niet zijn aan te geven.

Montage vaste werkplek (montage aan werktafel, klinken, puntlassen)

Montage aan een vaste werkplek houdt in dat de montage-objecten zich overwegend op eenzelfde lokatie bevinden (werktafel, machine).

Bij *montagewerkzaamheden aan een werktafel* worden diverse handelingen uitgevoerd al dan niet met behulp van gereedschap. Het gewicht van gereedschap is veelal te groot. Ophanging door middel van balancers is dan een oplossing. Montage-objecten bevinden zich vaak buiten bereik van de werknemer, zodat ongunstige werkhoudingen en -bewegingen voorkomen. De hoogte van het werkblad in combinatie met de hoogte van het object kan leiden tot een ongunstige werkhoogte. Voor moeraanzetten, staande aan een werktafel, zijn ergonomische aanbevelingen gericht op de werkhoogte beschikbaar (zie literatuurverwijzing 4). Dergelijke aanbevelingen zijn ook beschikbaar voor de werkhoogte en helling van het werkblad bij montage werkzaamheden met gebalanceerd gereedschap (zie literatuurverwijzing 8).

Ergonomische knelpunten bij montagewerkzaamheden aan een werktafel: 1) lokatie objecten rondom de werknemer, 2) werkhoogte objecten en 3) gewicht gereedschap.

Bij *klinken* worden twee metalen objecten door middel van een klinknagel verbonden. De benodigde handelingen, houdingen en bewegingen zijn overeenkomstig die bij persen (zie voorafgaande beschrijving).

Ergonomische knelpunten bij klinken: 1) reikafstand objecten, 2) werkhoogte objecten en 3) lokatie machinebediening.

Bij *puntlassen* worden, door middel van een machine, twee metalen objecten (of zijden van één object) op één punt aan elkaar gelast. De werknemer plaatst de objecten tussen twee elektroden, welke bij bediening van een pedaal naar elkaar komen en de las tot stand brengen.

Ergonomische knelpunten bij puntlassen: 1) werkhoogte objecten en 2) positie pedaal.

4. LITERATUUR

1. DUL, J. EN I.D. NIJBOER. Vermindering van fysieke belasting in de meubelindustrie. Leiden, HUMAR-TNO, 1987.
2. DELLEMAN, N.J. EN W.A. BRAND. Ergonomic guidelines on the optimum working height for pneumatic wrenching, oxy-gas cutting and grinding during maintenance work in the steel industry. In: J. Dul et al. (eds.). Ergonomic prevention of musculoskeletal disorders of maintenance workers in the steel industry. Leiden, NIPG-TNO, 1991.
3. DELLEMAN, N.J., M.B. BERNDSEN EN W.A.BRAND. Lichamelijke belasting en arbeid. Ergonomische aanbeveling voor de kijkpunthoogte bij beeldschermwerk (S 122-1). Den Haag, Min. SoZaWe, DGA, 1991.
4. HARMS-RINGDAHL, K. EN J. EKHOLM. Intensity and character of pain and muscular activity levels elicited by maintained extreme flexion position of the lower-cervical-upper-thoracic spine. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 18 (1986) 117-126.
5. HÜNTING, W., E. GRANJEAN EN K. MAEDA. Constrained postures in accounting machine operators. *Applied Ergonomics* 11 (1980) 145-149.

Bijlage B ERGONOMISCHE AANBEVELINGEN VOOR DE WERKPLEKINSTELLING BIJ BEDIENING VAN EEN PERS

1. INLEIDING

Bij persen (ponsen, stansen, dieptrekken) wordt een metalen object (plaatwerk) vervormd en/of gescheiden van het omgevende metaal. De resulterende vorm is afhankelijk van het gebruikte stempel. De werknemer plaatst het object in de pers en stelt de pers in werking door middel van twee-hands- (knoppen, hendels) of pedaalbediening. In het algemeen moet de werknemer, zowel bij zittende als bij staande uitvoering van de bewerking, ver reiken om het object in de pers te plaatsen. Bij zittende uitvoering van de bewerking wordt dit mede veroorzaakt doordat veelal geen of beperkte beenruimte aanwezig is. Naast de reikafstand bepalen diverse andere werkaspecten de lichamelijke belasting, zoals de hoogte van het stempel, de globale werkhouding (staand, zittend, steunend op stasteun), het soort en de lokatie van het bedieningsmiddel, de lokaties van de in te voeren en uitgevoerde objecten, de verlichting en werk/rusttijden. Teneinde ergonomische aanbevelingen te formuleren bleken met name kwantitatieve gegevens nodig met betrekking tot de maximaal toelaatbare reikafstand en de optimale werkhoege. Ter verkrijging van deze gegevens is een experiment uitgevoerd.

De formulering van de aanbevelingen wordt voorafgegaan door een beschrijving van het experiment (methoden, resultaten, discussie en conclusies) ten aanzien van reikafstand en werkhoege.

2. ONDERZOEKSMETHODEN

2.1 Experimentele opzet

Proefpersonen werkten aan een pers gedurende een bepaalde periode bij zes verschillend ingestelde werkplekken. Het effect van de instellingen werd bepaald

door de werkhouding te registreren en door de proefpersonen naar hun subjectieve bevindingen te vragen. Bovendien werd het werkresultaat geregistreerd.

2.2 Proefpersonen

Aan het experiment werd meegewerkt door acht mannelijke metaalwerknemers. Allen hadden ervaring met de bediening van een pers. Geen van de werknemers was onder behandeling of had recent verzuimd vanwege bewegingsapparaatklachten (neklachten, rugklachten, enz.), dat hij daarvoor onder behandeling was of recent moest verzuimen. Enkele kenmerken van de groep van metaalwerknemers zijn weergegeven in tabel

Tabel 2.1 Kenmerken van de acht metaalwerknemers

		gem.	st.dev.	bereik
leeftijd	(jaar)	27.5	4.1	22-35
gewicht	(kg)	72.1	6.7	61.8-83.2
lengte	(cm)	177.8	6.6	168-189

gem. = gemiddelde; st.dev. = standaard deviatie; bereik = laagste-hoogste waarde

2.3 Experimentele taak

De experimentele taak betrof het persen van metalen panelen (220 x 310 x 0.6mm). Iedere cyclus van de taak bestond uit het pakken van het paneel, plaatsing in het stempel op de pers, bediening van de pers (handbediening) en het uitnemen en wegleggen van het paneel. De taak werd op elk van de zes verschillende ingestelde werkplekken gedurende 25 minuten uitgevoerd. Deze werkperiode is ruwweg overeenkomstig met de gemiddelde aaneengesloten werktijd aan een pers tijdens de dagelijkse taakuitvoering voor de groep werknemers.

2.4 Onafhankelijke variabelen

De werkplek werd ingesteld als een combinatie van twee onafhankelijke variabelen:

- *reikafstand*
- *werkhoogte*

De reikafstand werd gedefinieerd als de horizontale voor/achterwaartse afstand tussen de schoudertop (zie § 2.5.1) en het centrum van het stempel op de pers. De werkhoogte werd gedefinieerd als de verticale afstand tussen de elleboog en het geplaatste paneel op het stempel. De ellebooghoogte is de loodrechte afstand tussen het voetenvlak en de onderzijde van de elleboog bij een rechtopstaande (-zittende) persoon met afhangende bovenarmen en horizontale onderarmen.

Bij een werkhoogte gelijk aan de ellebooghoogte werden 4 reikafstanden getest:

70, 80, 90 en 100 cm

Bij een werkhoogte gelijk aan de ellebooghoogte + 10 cm werden 2 reikafstanden getest:

80 en 90 cm

2.5 Afhankelijke variabelen en meetmethoden

Tijdens de taakuitvoering aan de zes werkplekinstellingen werden diverse afhankelijke variabelen geregistreerd. Deze afhankelijke variabelen hebben betrekking op de werkhouding (zie § 2.5.1), de subjectieve bevindingen (zie § 2.5.2) en het werkresultaat (zie § 2.5.3) van de werknemers.

2.5.1 Werkhouding

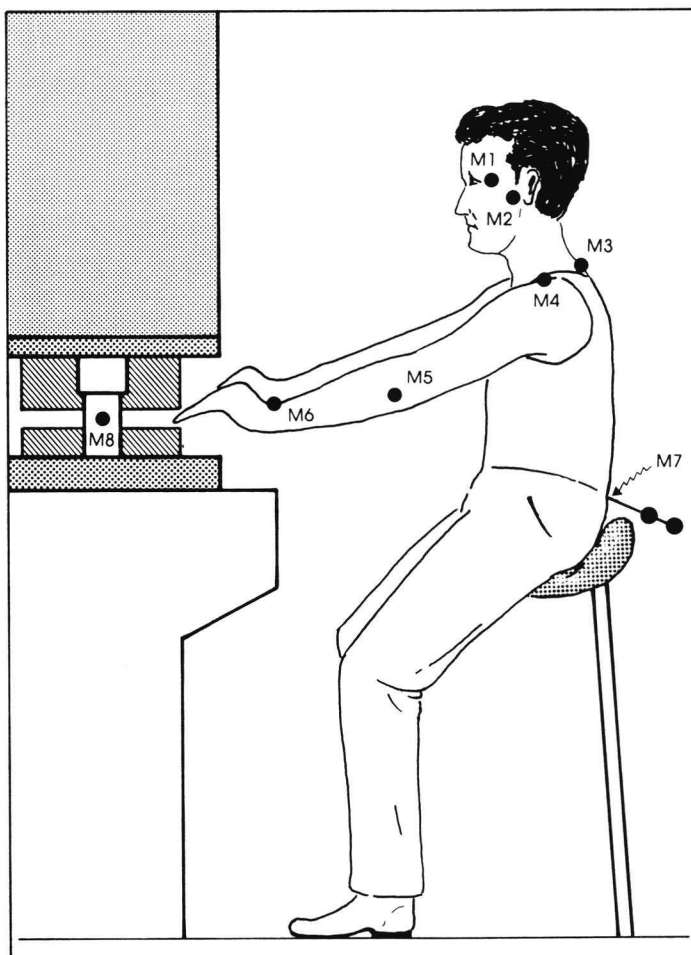
De werkhouding van de werknemer werd geregistreerd met behulp van een opto-elektronisch videosysteem (VICON). Dit systeem bestaat uit een aantal camera's voor de opname van de houdingsgegevens en een computer voor de verwerking. Om de werkhouding te kunnen vastleggen werd de werknemer voorzien van sterk reflecterende markeerpunten ter grootte van ongeveer 1 cm³. In het huidige onderzoek werden de markeerpunten aangebracht op de volgende posities (zie ook figuur 2.1):

- M1: *Linker oog* (op de zijkant van het hoofd, nabij de linker ooghoek)
- M2: *Linker oor* (op de zijkant van het hoofd, nabij het oorlelletje)
- M3: *Nek* (tussen de doornuitsteeksels van de zevende nekwerfel en de eerste borstwerfel)
- M4: *Linker schouder* (op het gewricht tussen het sleutelbeen en het schouder blad; het acromio-claviculaire gewricht; de schoudertop)
- M5: *Linker elleboog* (op het gewricht tussen het spaakbeen en de bovenarm; het humeroradiale gewricht)
- M6: *Linker pols* (op het gewricht tussen het spaakbeen en de ellepijp aan de zijde van de handwortelbeentjes; het distale radio-ulnaire gewricht)
- M7: *Lage rug* (virtueel de doornuitsteeksels van de vijfde lumbale wervel en de eerste sacrale wervel; bepaling aan de hand van de posities van markeerpunten op een speciale constructie)

Daarnaast werd markeerpunt aangebracht op de pers:

- M8: *Centrum pers* (virtueel centrum stempel)

Figuur 2.1 Weergave van de markeerpuntposities voor de bepaling van de afhankelijke variabelen met betrekking tot de werkhouding



De VICON-camera's hebben de eigenschap alleen de genoemde, sterk oplichtende, punten te zien. Na de dataverwerking werden de drie-dimensionale posities van de markeerpunten semi-automatisch bepaald. Op basis van deze ruimtelijke markeerpuntposities werden de onderstaande afhankelijke variabelen bepaald:

1. **Hoofdvooroverbuiging**, gedefinieerd als het verschil tussen de hoofdhoeek tijdens de taakuitvoering en de hoofdhoeek in de referentiehouding (zie onder). De hoofdhoeek werd gedefinieerd als de hoek tussen de verticaal en de lijn door de markeerpunten M1 en M2, gezien vanaf de zijkant van de werknemer (projectie in het sagittale vlak).

2. **Rompvooroverbuiging**, gedefinieerd als het verschil tussen de romphoek tijdens de taakuitvoering en de romphoek in de referentiehouding (zie onder). De romphoek werd gedefinieerd als de hoek tussen de verticaal en de lijn door de markeerpunten M3 en M7, gezien vanaf de zijkant van de werknemer (projectie in het sagittale vlak).
3. **Nekbuiging**, gedefinieerd als de hoofstand (voor definitie zie boven, onder 1) ten opzichte van de rompstand (voor definitie zie boven, onder 2).
4. **Heffing bovenarm voorwaarts**, gedefinieerd als het verschil tussen de bovenarmhoek tijdens de taakuitvoering en de bovenarmhoek in de referentiehouding (zie onder), gezien vanaf de zijkant van de werknemer (projectie in het sagittale vlak). De bovenarmhoek werd gedefinieerd als de hoek tussen de verticaal en de lijn door de markeerpunten M4 en M5.
5. **Heffing bovenarm zijwaarts**, gedefinieerd als het verschil tussen de bovenarmhoek tijdens de taakuitvoering en de bovenarmhoek in de referentiehouding (zie onder), gezien vanaf de achterzijde van de werknemer (projectie in het frontale vlak). De bovenarmhoek werd gedefinieerd als de hoek tussen de verticaal en de lijn door de markeerpunten M4 en M5.
6. **Afstand pols-centrum pers**, gedefinieerd als de voor-/achterwaartse afstand tussen M6 en M8 tijdens de taakuitvoering.

De referentiehouding werd gedefinieerd als de rechtop staande houding, waarbij de proefpersoon recht vooruit kijkt en de armen afhangen langs het lichaam.

Naast de genoemde afhankelijke variabelen werden drie referentiewaarden bepaald bij bovengenoemde referentiehouding waarbij de werknemer de armen horizontaal en voorwaarts gestrekt had:

1. **Afstand schouder-top-centrum vuist**, gedefinieerd als de voor-/achterwaartse afstand tussen M4 en een markeerpunt ter lokatie van het centrum van de vuist.
2. **Afstand schouder-top-pols**, gedefinieerd als de voor-/achterwaartse afstand tussen M4 en M5.
3. **Afstand pols-centrum vuist**, gedefinieerd als de voor-/achterwaartse afstand tussen M6 en een markeerpunt ter lokatie van het centrum van de vuist.

2.5.2 Subjectieve bevindingen

De subjectieve bevindingen van de werknemers werden vastgelegd met een viertal vragenlijstmodulen. De modules 'Ervaren houding' en 'Lokaal ervaren ongemak' zijn gericht op gedetailleerde lokale lichamelijke bevindingen. De modules 'Geschatte volhoudtijd' en 'Waardering werkplekinstelling' zijn gericht op integrale bevindingen, welke gebaseerd zijn op verschillende soorten bevindingen (waaronder lichamelijke).

De modules (A t/m D) en de bijbehorende afhankelijke variabelen worden hieronder beschreven.

A. Ervaren houding

Direct na de werkperiode werd de werknemers gevraagd naar de ervaren houding van het **hoofd**, de **nek**, de **rug**, de **linker en rechterschouder** en de **linker- en rechterbovenarm**. De vragen werden beantwoord aan de hand van een 7-puntsschaal (1 = 'zeer gunstig', 3 = 'gunstig', 5 = 'ongunstig', 7 = 'zeer ongunstig'. De waarden 2, 4 en 6 waren beschikbaar voor tussenliggende antwoorden).

De ervaren houdingen van alle 7 bovengenoemde lichaamsdelen werden gebruikt als afhankelijke variabelen.

B. Lokaal ervaren ongemak

Zowel direct voorafgaand aan als na de werkperiode werd de proefpersoon gevraagd de mate van lokaal ervaren ongemak in 40 lichaamsregio's aan te geven. De lichaamsregio's werden gepresenteerd op een afbeelding van de achterzijde van het menselijk lichaam (zie figuur 2.2). De mate van ongemak werd beoordeeld aan de hand van een categorie-ratio-schaal van 0 (= geen enkele last) tot 10 (= uitermate veel last (bijna maximaal)). Deze methode⁷ is een combinatie van eerder beschreven methoden.^{1,4}

Voor elke lichaamsregio werd de waarde gegeven voorafgaand aan de werkperiode, afgetrokken van de waarde gegeven voor dezelfde regio na afloop van de werkperiode. De resulterende waarden per lichaamsregio werden gegroepeerd tot grotere (functionele) gehelen, welke als afhankelijke variabelen werden gebruikt. De volgende zes afhankelijke variabelen werden zo gevormd:

1. **nek**, gedefinieerd als de som van de resulterende waarden voor de lichaamsregio's T, S, R, Q en P;

2. **rug**, gedefinieerd als de som van de resulterende waarden voor de lichaamsregio's L, K, J, F, E, D, C, B en A;

3. **linkerschouder/arm**, gedefinieerd als de som van de resulterende waarden voor de lichaamsregio's KK, JJ, HH, GG, FF, O en M;

4. **rechterschouder/arm**, gedefinieerd als de som van de resulterende waarden voor de lichaamsregio's EE, DD, CC, BB, AA, G en H;

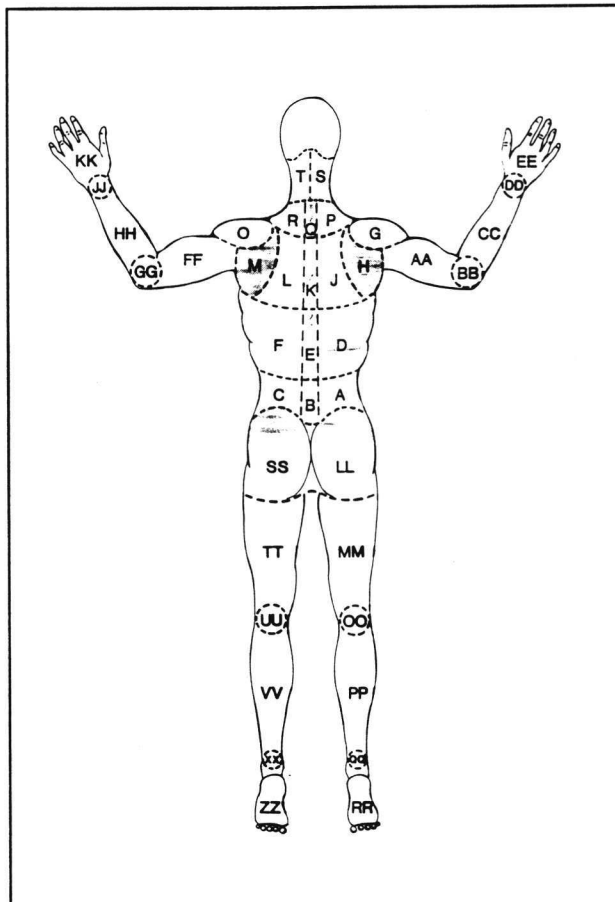
5. **linkerbeen**, gedefinieerd als de som van de resulterende waarden voor de lichaamsregio's SS, TT, UU, VV, XX en ZZ;

6. **rechterbeen**, gedefinieerd

als de som van de resulterende waarden voor de lichaamsregio's LL, MM, OO, PP, QQ en RR.

C. Geschatte volhoudtijd

Direct na de werkperiode werd de werknemer gevraagd te schatten hoe lang hij dacht de werkhouding bij de onderhavige werkplekinstelling zonder moeite nog te kunnen volhouden. De antwoorden werden weergegeven op een 5-puntsschaal (1 = 'nog ½ tot 1 werkdag', 2 = 'nog 2 uur tot ½ werkdag', 3 = 'nog 1 tot 2 uur', 4 = 'nog 25 minuten tot 1 uur', 5 = 'nog minder dan 25 minuten'). De **Geschatte volhoudtijd** werd gebruikt als afhankelijke variabele.



Figuur 2.2 Diagram van de achterzijde van het menselijk lichaam, gebruikt in de vragenlijst-module 'Lokaal Ervaren Ongemak'. Veertig lichaamsregio's worden onderscheiden, elk gemarkeerd met een enkele of dubbele letter

D. Waardering werkplekinstelling

Direct na de werkperiode werd de werknemer gevraagd de reikafstand, de werkhogte en de instelling van de werkplek als geheel te waarderen.

De antwoorden met betrekking tot de reikafstand werden weergegeven op een 5-puntsschaal (1 = 'veel te klein (te dichtbij, te kort)', 2 = 'iets te klein (te dichtbij, te kort)', 3 = 'goed', 4 = 'iets te groot (te veraf, te lang)', 5 = 'veel te groot (te veraf, te lang)'). De mate van afwijking van de waarde 3 ('goed') is gehanteerd in de analyses van de resultaten.

De antwoorden met betrekking tot de werkhogte van het stempel werden eveneens weergegeven op een 5-puntsschaal (1 = 'veel te laag', 2 = 'iets te laag', 3 = 'goed', 4 = 'iets te hoog', 5 = 'veel te hoog'). De mate van afwijking van de waarde 3 ('goed') is gehanteerd in de analyses van de resultaten.

De antwoorden met betrekking tot de instelling van de werkplek als geheel (reikafstand én werkhogte) werden weergegeven op een 7-puntsschaal (1 = 'zeer goed', 3 = 'goed', 5 = 'slecht', 7 = 'zeer slecht'. De waarden 2, 4 en 6 waren beschikbaar voor tussenliggende antwoorden).

De **Waardering reikafstand**, **Waardering werkhogte** en **Waardering gehele werkplek** werden gebruikt als afhankelijke variabelen.

De vragenlijstmodulen werden op schrift aangeboden. De werknemers gaven schriftelijke reacties. Wanneer nodig, werd door de proefleiders extra uitleg gegeven.

2.5.3 Werkresultaat

Het aantal panelen verwerkt per werkperiode van 25 minuten werd geteld. Het **Aantal panelen** werd gebruikt als afhankelijke variabele.

2.6 Procedure

De werknemers voerden de experimentele taak uit aan een pers in de industrie. Iedere werknemer werkte gedurende zes experimentele sessies. Een sessie bestond uit 25 minuten taakuitvoering, gevolgd door 10 minuten rust. In iedere sessie werd één van de zes werkplekinstellingen aangeboden. De zes werkplekinstellingen werden in een verschillende volgorde aan iedere werknemer aangeboden; dat wil zeggen, zodanig aangeboden dat binnen de groep werknemers een zo gelijk mogelijke verdeling ontstond over de diverse sessies.

Bij aanvraag van het experiment werden de markeerpunten geplaatst alsmede instructiegegevens over het invullen van de vragenlijst. Voorafgaand aan iedere sessie werd door de proefleiders de werkplek ingesteld. Vervolgens werden de referentiehouding met afhangende armen en de referentiehouding met horizontaal voorwaarts gestrekte armen geregistreerd en vulde de werknemer de vragenlijstmodule 'Lokaal ervaren ongemak' in. Tijdens iedere sessie werd tussen de 20e en 25e minuut twee maal de werkhouding geregistreerd ten tijde van de plaatsing van het metalen paneel in het stempel op de pers. Na afloop van iedere sessie vulde de werknemer alle vier vragenlijstmodulen in ('Lokaal ervaren ongemak', 'Ervaren houding', 'Geschatte volhoudtijd' en 'Waardering werkplekinstelling'). De experimenten namen voor iedere werknemer een halve dag in beslag.

2.7 Analyse van de resultaten

Werkhouding

Het effect van de reikafstand (70, 80, 90 en 100 cm) op alle afhankelijke variabelen met betrekking tot de werkhouding werd bij een werkhoogte op ellebooghoogte getest met een variantie-analyse voor herhaalde metingen. Daarnaast werden de (gecombineerde) effecten van reikafstand (80 en 90 cm) en werkhoogte (ellebooghoogte en ellebooghoogte + 10 cm) op tot de werkhouding getest met een variantie-analyse voor herhaalde metingen (2x2 design). In het geval van een significant effect werden de gevonden waarden voor de desbetreffende afhankelijke variabele voor de diverse werkplekinstellingen onderling paarsgewijs vergeleken.

De verschillen werden getest met een Student T-test voor gepaarde waarnemingen. Bij beide genoemde parametrische statistische testen werd een significantieniveau $p=.05$ gehanteerd.

Subjectieve bevindingen

Aangenomen wordt dat de gehanteerde schaal voor de bepaling van de mate van lokaal ervaren ongemak ratio-eigenschappen heeft. Dit geeft de mogelijkheid, evenals bij de werkhouding, parametrische statistische testen toe te passen. Het effect van reikafstand (70, 80, 90 en 100 cm) op alle afhankelijke variabelen met betrekking lokaal ervaren ongemak werd bij een werkhoogte op ellebooghoogte getest met een variantie-analyse voor herhaalde metingen. Daarnaast werden de (gecombineerde) effecten van reikafstand (80 en 90 cm) en werkhoogte (ellebooghoogte en ellebooghoogte + 10 cm) op alle afhankelijke variabelen met betrekking tot het lokaal ervaren ongemak getest met een variantie-analyse voor herhaalde metingen (2x2 design). In het geval van een significant effect werden de gevonden waarden voor de desbetreffende afhankelijke variabele voor de diverse werkplekinstellingen vergeleken met de waarde voor de optimale instelling met betrekking tot die variabele. De optimale instelling werd gedefinieerd als de experimentele instelling welke de laagste waarde (gemiddelde groeps waarde) voor lokaal ervaren ongemak veroorzaakte. De verschillen werden getest met een Student T-test voor gepaarde waarnemingen. Bij beide genoemde testen werd een significantieniveau $p=.05$ gehanteerd.

Aangenomen wordt dat de gehanteerde schalen voor alle bepalingen van subjectieve bevindingen, met uitzondering van de schaal voor de bepaling van lokaal ervaren ongemak (zie boven), een ordinaal karakter hebben. Dientengevolge werden non-parametrische (distributie-vrije) statistische testen toegepast.

Het effect van de reikafstand op alle afhankelijke variabelen met betrekking tot ervaren houding, geschatte volhoudtijd en waardering werkplekinstelling werd bij een werkhoogte op ellebooghoogte getest met een Friedman-test. In het geval van een significant effect werden de gevonden waarden voor de desbetreffende afhankelijke variabele voor de diverse reikafstanden paarsgewijs vergeleken met de waarde voor de optimale instelling met betrekking tot die variabele. De opti-

male instelling werd per afhankelijke variabele gedefinieerd als de experimentele instelling met een gemiddelde groepswaarde voor:

- de ervaren houding het dichtst bij of gelijk aan de kwalificatie 'zeer gunstig', of
- de geschatte volhoudtijd het langst, of
- de waardering voor de reikafstand het dichtst bij of gelijk aan de kwalificatie 'goed', of
- de waardering voor de werkhoogte het dichtst bij of gelijk aan de kwalificatie 'goed', of
- de waardering voor de werkplekinstelling als geheel het dichtst bij of gelijk aan de kwalificatie 'zeer goed' (al naar gelang de afhankelijke variabele welke het betreft).

De verschillen werden getest met een Wilcoxon rangorde-tekentest voor gepaarde waarnemingen. Bij beide genoemde testen werd een significantieniveau $p=.05$ gehanteerd.

Het effect van reikafstand bij ellebooghoogte + 10 cm en het effect van de werkhoogte (afzonderlijk bij reikafstanden 80 en 90 cm) op alle afzonderlijke variabelen met betrekking tot ervaren houding, geschatte volhoudtijd en waardering werkplekinstelling werd getest met een Wilcoxon rangorde-tekentest voor gepaarde waarnemingen. Een significantie-niveau $p=.05$ werd gehanteerd.

Werkresultaat

Het effect van reikafstand (70, 80, 90 en 100 cm) op het werkresultaat (aantal panelen) werd bij een werkhoogte op ellebooghoogte getest met een variantie-analyse voor herhaalde metingen. Daarnaast werden de (gecombineerde) effecten van reikafstand (80 en 90 cm) en werkhoogte (ellebooghoogte en ellebooghoogte + 10 cm) op het werkresultaat (aantal panelen) getest met een variantie-analyse voor herhaalde metingen (2x2 design). In het geval van een significant effect werden de gevonden waarden voor de desbetreffende afhankelijke variabele voor de diverse werkplekinstellingen onderling paarsgewijs vergeleken. De verschillen werden getest met een Student T-test voor gepaarde waarnemingen. Bij beide genoemde parametrische statistische testen werd een significantieniveau $p=.05$ gehanteerd.

2.8 Formulering van de aanbeveling

De resultaten voor de afhankelijke variabelen met betrekking tot de werkhouding, de subjectieve bevindingen en het werkresultaat dienen te worden gecombineerd tot aanbevelingen voor een optimale instelling van de werkplek. De gehanteerde procedure bij het formuleren van de aanbeveling wordt in het navolgende beschreven.

De aanbeveling worden geformuleerd door het uitsluiten van bepaalde werkplekinstelling(en). Werkplekinstellingen welke significant (overschrijdingskans $\leq .05$) slechtere resultaten vertonen dan de optimale werkplekinstelling worden niet aanbevolen. Daarnaast worden bijna-significante resultaten ($.05 < \text{overschrijdingskans} \leq .10$) onderscheiden. Deze laatste resultaten kunnen als ondersteunende informatie bij het formuleren van de aanbeveling worden betrokken. Bij het formuleren van de aanbeveling wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds resultaten met betrekking tot de werkhouding en subjectieve bevindingen en anderzijds resultaten met betrekking tot het werkresultaat.

Werkhouding en subjectieve bevindingen

De diverse afhankelijke variabelen met betrekking tot de werkhouding dragen elk afzonderlijk bij aan het inzicht in de algehele werkhouding, dat wil zeggen inzicht in de aanpassing van de werknemer aan diverse werkplekinstellingen. Tevens kunnen de diverse werkhoudingsvariabelen verklaringen in zich hebben voor subjectieve bevindingen.

Biomechanische principes geven aan dat zowel een meer geheven bovenarm als een meer voorovergebogen romp en/of hoofd de belasting op het lichaam vergroot (en als schadelijker voor de gezondheid van de werknemer kan worden gezien). Het lichaam dient meer tegen de zwaartekracht in te werken, de belasting op diverse lichaamsstructuren (gewrichten, spieren, ligamenten) toeneemt.

De diverse afhankelijke variabelen met betrekking tot subjectieve bevindingen zijn op zich direct bruikbaar bij het formuleren van de aanbeveling. De gevonden waarde voor elke afhankelijke variabele wordt vergeleken met de waarde bij de optimale werkplekinstelling voor de desbetreffende variabele (voor definitie zie § 2.7 onder *subjectieve bevindingen*). Werkplekinstellingen die op één of meer af-

hankelijke variabelen significant slechtere waarden hebben dan de waarde voor de optimale werkplekinstelling worden niet aanbevolen. Daarnaast worden werkplekinstellingen die voor een afhankelijke variabele met betrekking tot ervaren houding een waarde hoger dan 5 ('meer dan ongunstig') veroorzaken als niet acceptabel gezien. Derhalve worden deze niet aanbevolen.

Definitieve conclusies met betrekking tot de formulering van de aanbeveling kunnen alleen dan worden getrokken indien informatie uit de werkhouding en uit de subjectieve bevindingen niet conflicteert.

Werkresultaat

Het werkresultaat is geregistreerd om te kunnen vaststellen of een gunstige werkhouding en subjectieve bevindingen mogelijk zijn ten koste gaan van het werkresultaat. Indien bij de aanbevolen werkplekinstellingen het werkresultaat significant slechter is dan bij de overige werkplekinstellingen, wordt het werkresultaat als kanttekening vermeld.

3. RESULTATEN

De resultaten voor de reikafstand worden op een zodanige wijze beschreven dat het selecteren van de toelaatbare reikafstand(en) eenvoudig plaats kan vinden. Twee soorten resultaten worden onderscheiden. Ten eerste zijn daar de reikafstanden die significant (overschrijdingskans $p \leq .05$) slechtere resultaten vertonen dan de toelaatbare reikafstand(en). De exacte overschrijdingskansen worden niet vermeld. De betreffende reikafstanden zullen vanzelfsprekend niet worden aanbevolen. Ten tweede worden bijna-significante resultaten weergegeven met de bijbehorende exacte overschrijdingskansen ($.05 < p \leq .10$). Deze resultaten kunnen als ondersteunende informatie in het selectieproces worden betrokken. Resultaten niet behorend bij één van de twee bovengenoemde categorieën ($p > .10$) worden in principe niet vermeld. De resultaten met betrekking tot de werkhogte worden op eenzelfde wijze behandeld.

Achtereenvolgens worden gepresenteerd de resultaten van de werkhouding en subjectieve bevindingen met betrekking tot de romp, de nek en het hoofd (§ 3.1), de werkhouding en subjectieve bevindingen met betrekking tot de bovenste extremiteiten (§ 3.2), de integrale subjectieve bevindingen (geschatte volhoudtijd en waardering werkplekinstelling, § 3.3) en het werkresultaat (§ 3.4), bij de verschillende werkplekinstellingen. Tenslotte volgen enige referentiewaarden (§ 3.5).

3.1 Romp, nek en hoofd

Reikafstand

De reikafstand heeft een significant effect op de rompvoroverbuiging (figuur 3.1). Per 10 cm toename van de reikafstand buigt de romp gemiddeld 9 graden verder voorover. Bij de reikafstanden 70 en 80 cm en een werkhogte op ellebooghoogte wordt de houding van de rug door de werknemers als gunstig ervaren; bij reikafstanden van meer dan 80 cm wordt de houding van de rug als significant ongunstiger ervaren (figuur 3.2). Ook het lokaal ervaren ongemak in de rug neemt bij laatstgenoemde reikafstanden significant toe vergeleken met een

reikafstand van 70 cm (figuur 3.3). Bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte wordt de houding van de rug bij een reikafstand 90 cm ook als slechter ervaren vergeleken met de reikafstand 80 cm ($p=.07$)(figuur 3.2).

De reikafstand heeft significante effecten op de hoofdvooroverbuiging (figuur 3.4) en de nekbuiging (figuur 3.6). Per 10 cm toename van de reikafstand buigt het hoofd gemiddeld bijna 7 graden verder voorover en wordt de nek gemiddeld ruim 2 graden meer gestrekt. Beide effecten worden voornamelijk bepaald door de houding bij de reikafstand 90 cm (werkhoogte op ellebooghoogte). Observaties lieten zien dat de sterk afwijkende hoofd- en nekhouding bij deze reikafstand wordt bepaald doordat de ondoorzichtige onderzijde van het veiligheidsscherm van de pers bij vrije houdingskeuze het zicht op het stempel ontnemt. Eenzelfde verschijnsel trad op bij de reikafstand 80 cm op een werkhoogte gelijk aan de ellebooghoogte + 10 cm. De reikafstand heeft bij een werkhoogte op ellebooghoogte geen effect op de ervaren houdingen van het hoofd (figuur 3.5) en de nek (figuur 3.7); de houdingen worden als min of meer gunstig ervaren. Slechts bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte worden de houdingen van het hoofd en de nek bij een reikafstand 90 cm als significant ongunstiger ervaren vergeleken met een reikafstand 80 cm.

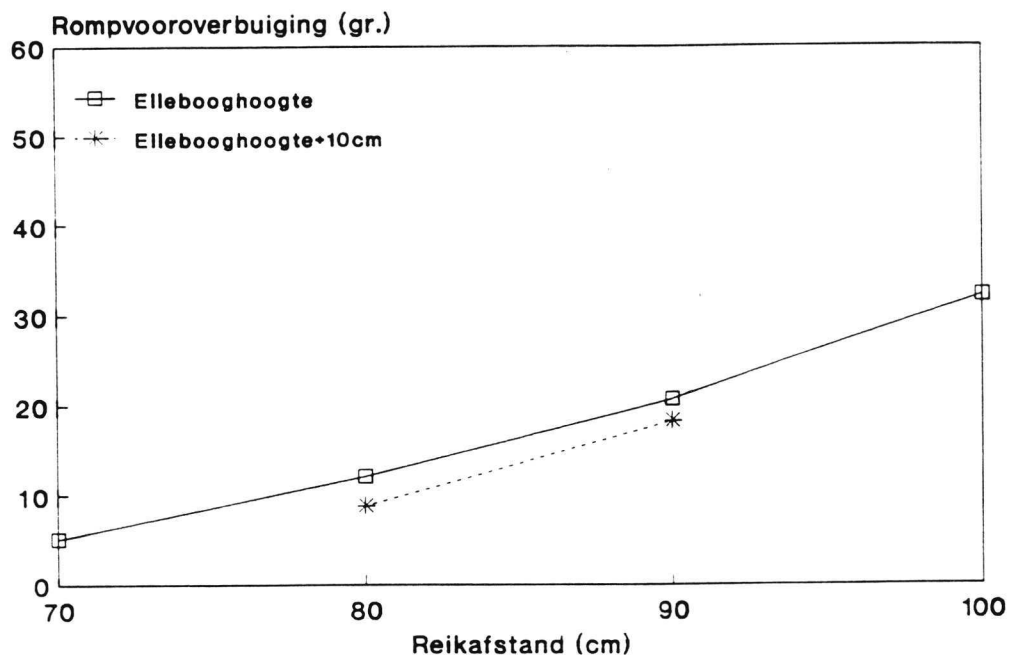
Werkhoogte

De werkhoogte heeft een significant effect op de rompvoroverbuiging bij een reikafstand van 80 cm; bij een reikafstand van 90 cm is er een minder sterk effect ($p=.09$)(figuur 3.1). Bij beide reikafstanden wordt bij een werkhoogte op ellebooghoogte de romp gemiddeld 3 graden meer voorover gebogen dan bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte. Slechts bij een reikafstand van 90 cm leidt een werkhoogte op ellebooghoogte, waarbij de romp meer gebogen is, tot een minder gunstige ervaren houding van de rug ($p=.07$)(figuur 3.2) en meer lokaal ervaren ongemak in de rug ($p=.09$)(figuur 3.3), vergeleken met een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte.

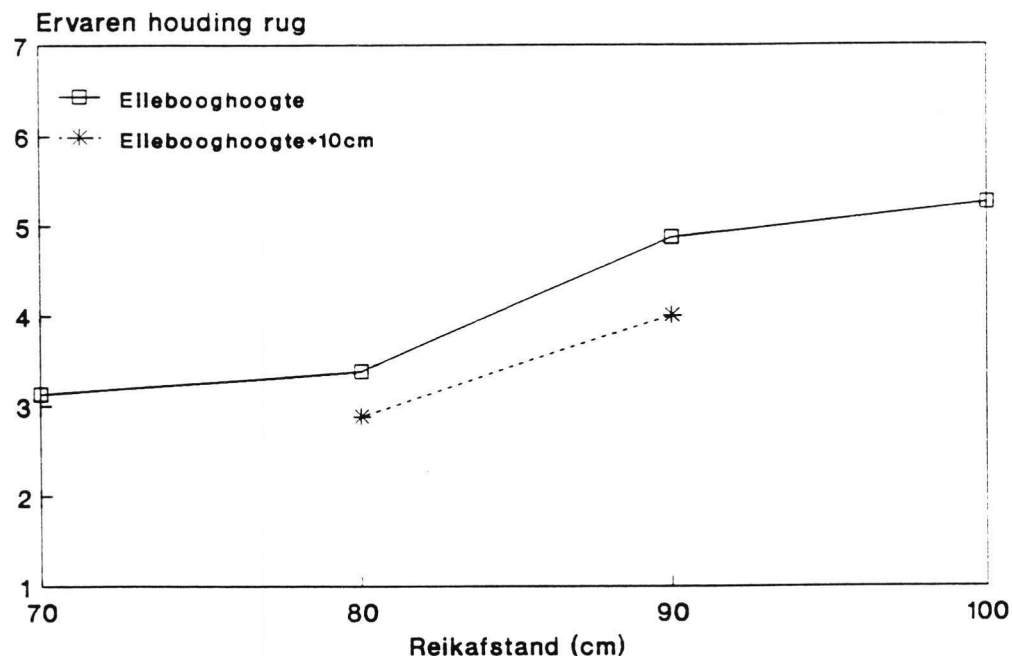
De werkhoogte heeft bij een reikafstand van 90 cm significante effecten op de hoofdvooroverbuiging (figuur 3.4) en de nekbuiging (figuur 3.6). Bij een werkhoogte op ellebooghoogte zijn het hoofd en de nek beduidend meer (voorover) gebogen dan bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte. Dit effect

wordt zeer waarschijnlijk veroorzaakt door het eerder beschreven belemmerde zicht. Bij een reikafstand van 80 cm worden de houdingen van het hoofd (figuur 3.5) en de nek (figuur 3.7) als significant gunstiger ervaren bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte, vergeleken met een werkhoogte op ellebooghoogte. Opmerkelijk is dat bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte het hoofd en de nek niet minder (voorover) gebogen zijn vergeleken met een werkhoogte op ellebooghoogte.

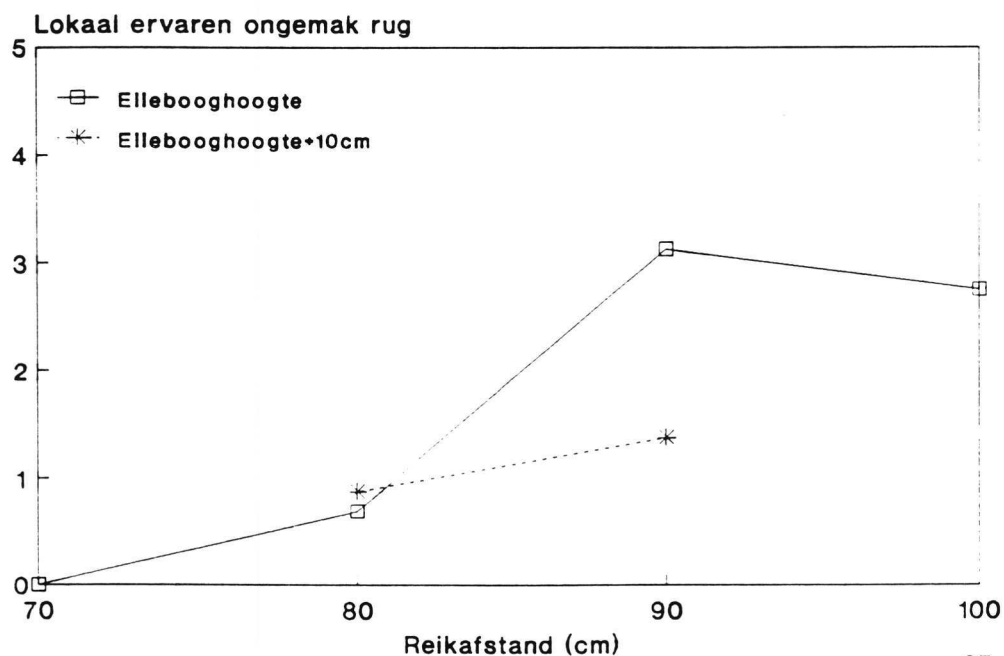
Figuur 3.1 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de rompvooroverbuiging (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte.



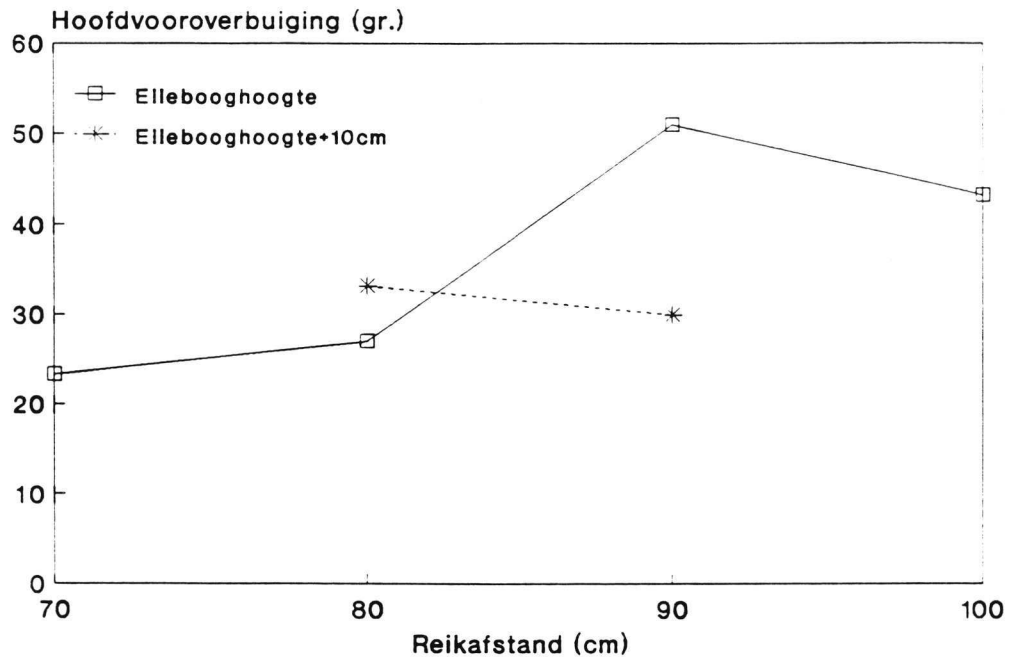
Figuur 3.2 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de ervaren houding van de rug (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'zeer gunstig', 3 = 'gunstig', 5 = 'ongunstig', 7 = 'zeer ongunstig'.



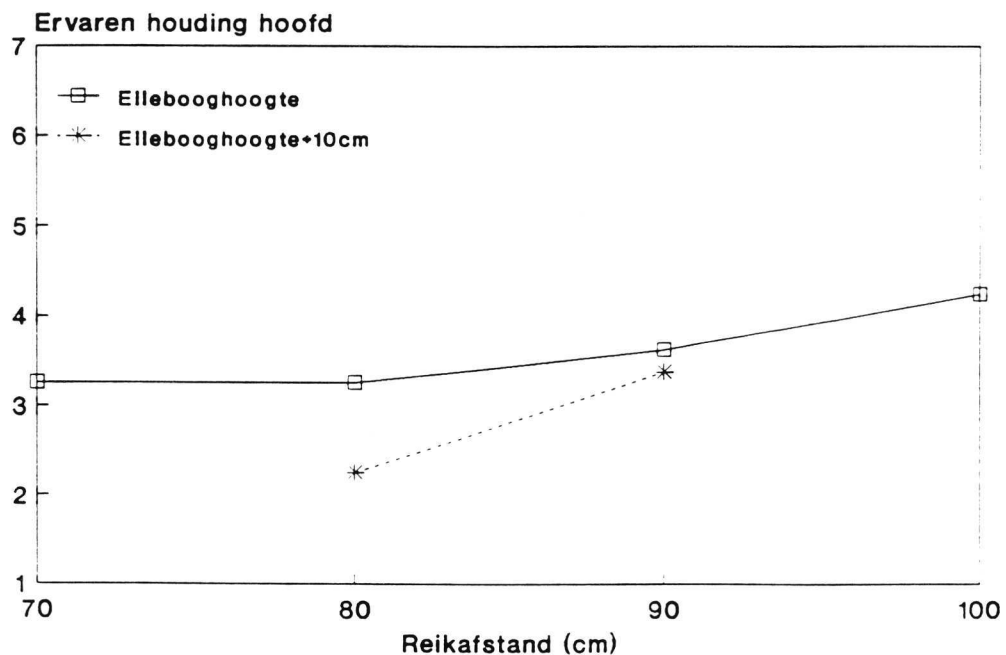
Figuur 3.3 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op het lokaal ervaren ongemak in de rug (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. Een lagere waarde betekent minder lokaal ervaren ongemak.



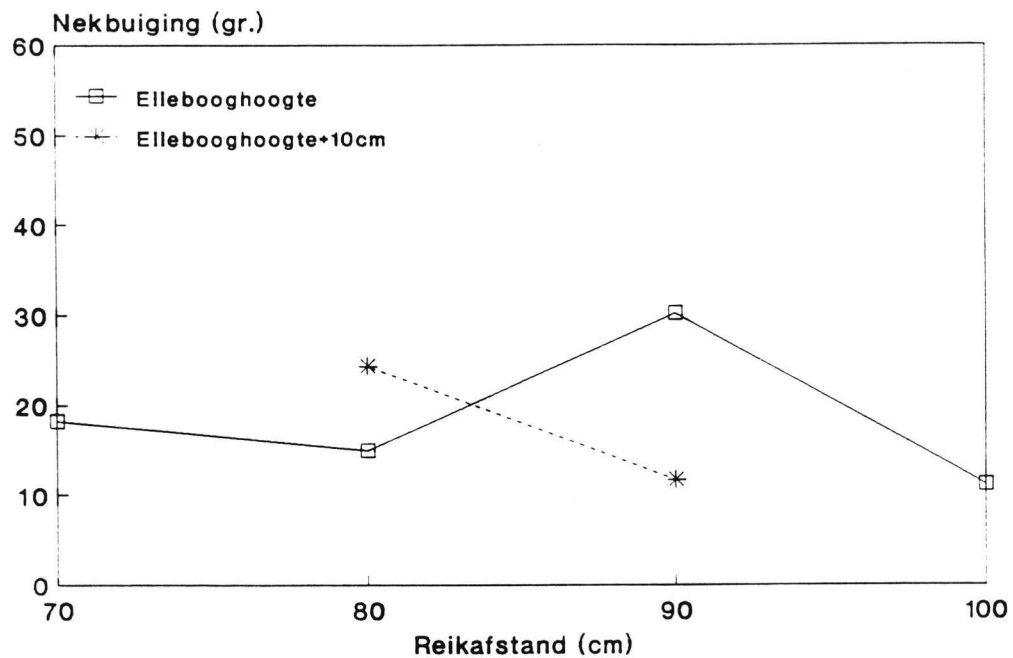
Figuur 3.4 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de hoofdvooroverbuiging (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte.



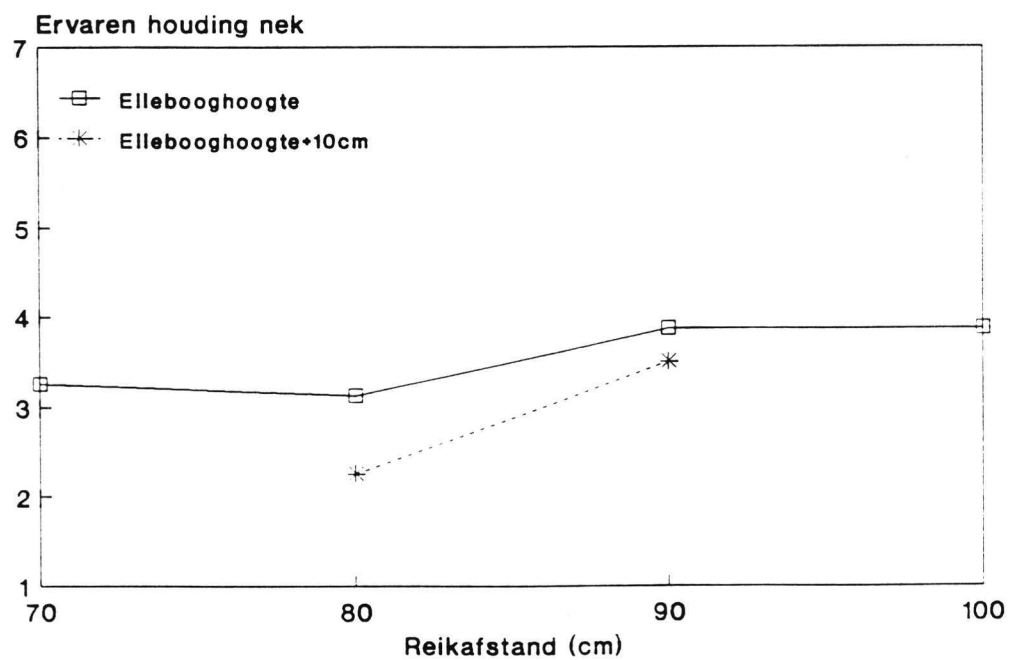
Figuur 3.5 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de ervaren houding van het hoofd (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'zeer gunstig', 3 = 'gunstig', 5 = 'ongunstig', 7 = 'zeer ongunstig'.



Figuur 3.6 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de nekbuiging (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte.



Figuur 3.7 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de ervaren houding van de nek (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'zeer gunstig', 3 = 'gunstig', 5 = 'ongunstig', 7 = 'zeer ongunstig'.



3.2 Bovenste extremiteiten

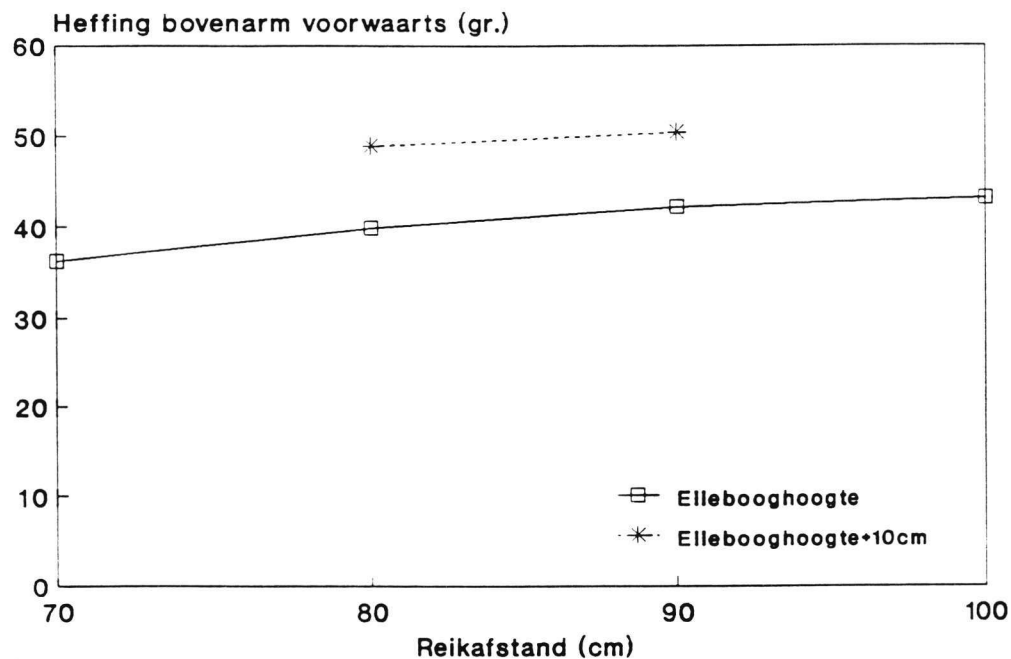
Reikafstand

De reikafstand heeft een significant effect op de heffing van de bovenarmen in voorwaartse richting (figuur 3.8); per 10 cm toename van de reikafstand worden de bovenarmen 1 tot 4 graden meer voorwaarts geheven. Naarmate de reikafstand groter wordt lijkt de heffing een maximum te bereiken; de elleboog wordt steeds meer gestrekt, waarbij ook een maximum lijkt te worden bereikt (figuur 3.10). De reikafstand heeft ook effect op de heffing van de bovenarmen in zijwaartse richting (figuur 3.9); een reikafstand van 100 cm leidt tot een significante toename van de zijwaartse heffing van de bovenarmen vergeleken met reikafstanden van 90 cm en minder (gemiddeld 4 graden). Bij reikafstanden kleiner dan 90 cm is de heffing van de bovenarmen in zijwaartse richting min of meer gelijk. De reikafstand heeft geen effect op de ervaren houding van de bovenarmen (figuur 3.11). De resultaten voor de ervaren houding van de schouders zijn identiek aan de resultaten voor de ervaren houding van de bovenarmen.

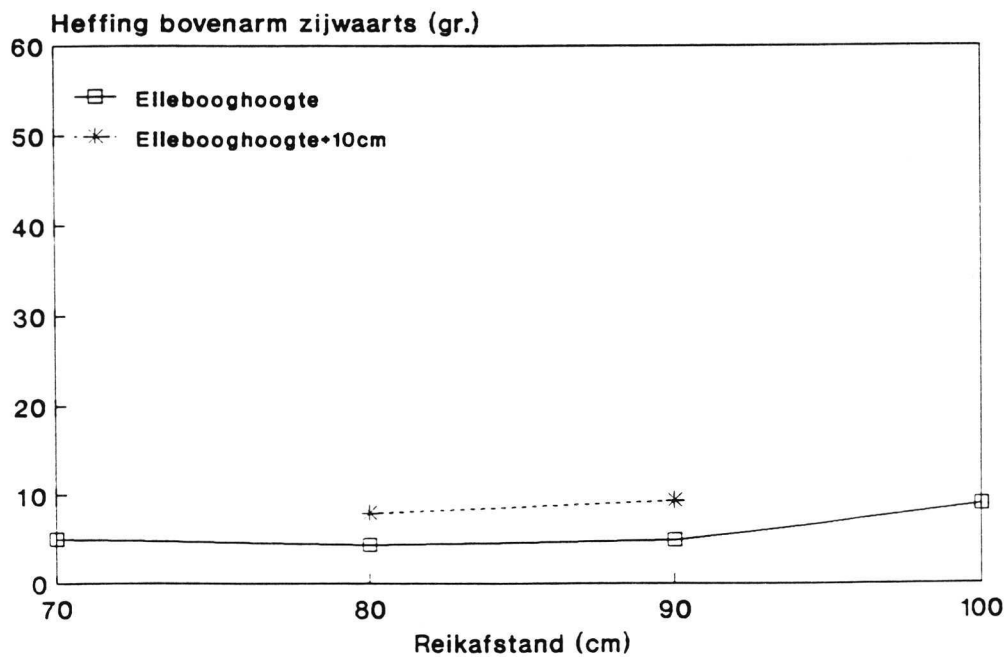
Werkhoogte

De werkhoogte heeft een significant effect op de heffing van de bovenarmen. Gemiddeld wordt de bovenarm bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte 8.5 graden meer voorwaarts en 4 graden meer zijwaarts geheven vergeleken met een werkhoogte op ellebooghoogte. De ervaren houdingen van de bovenarmen (figuur 3.11) en de schouders vertonen geen verschillen tussen beide werkhoogten.

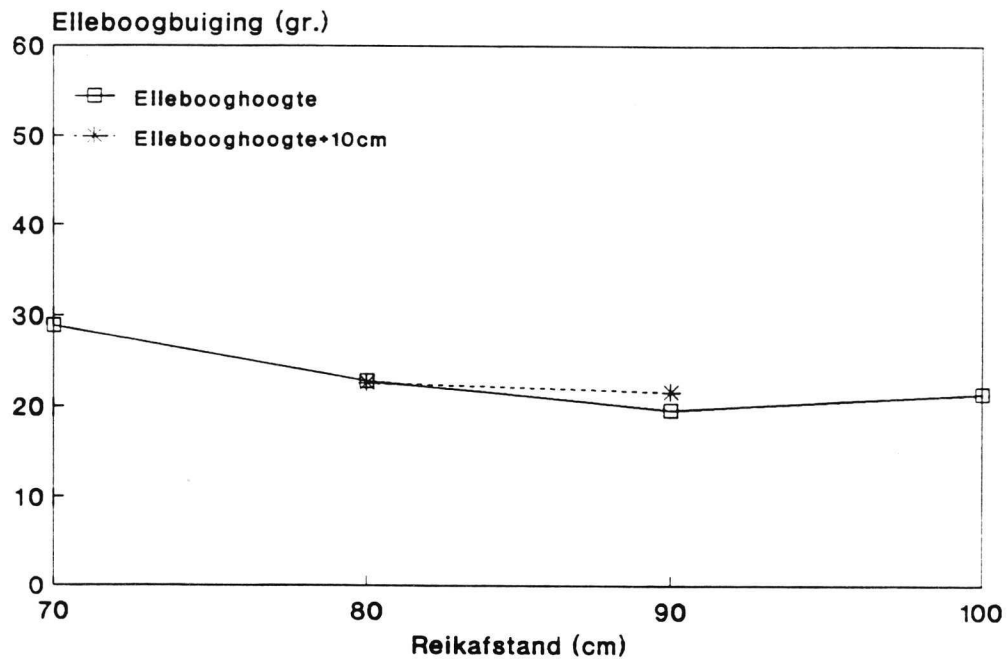
Figuur 3.8 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de heffing van de bovenarmen in voorwaartse richting (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte.



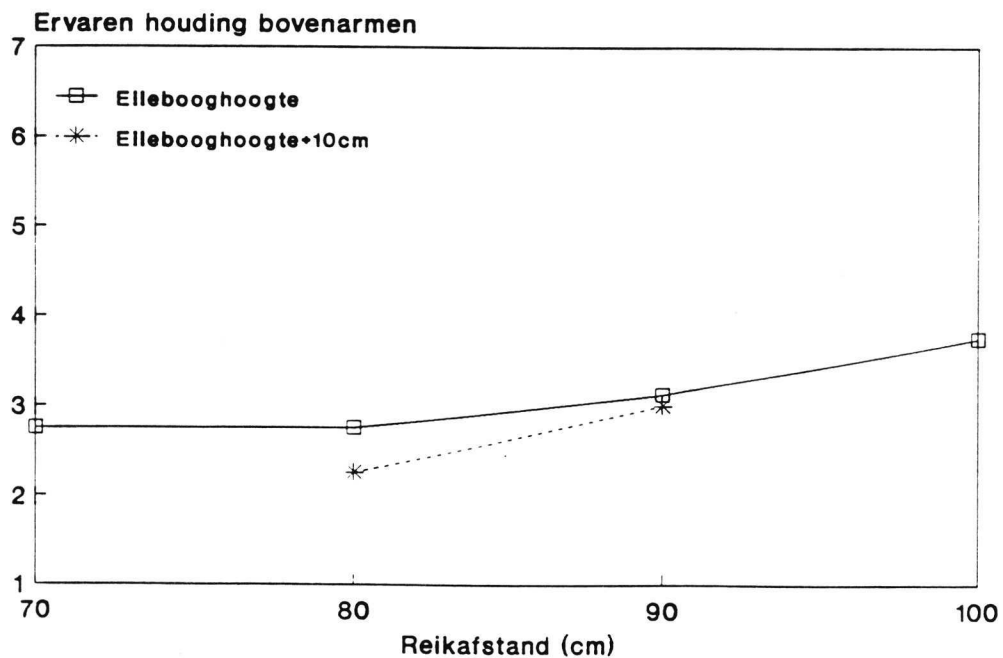
Figuur 3.9 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de heffing van de bovenarmen in zijwaartse richting (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte.



Figuur 3.10 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de elleboogbuiging (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte.



Figuur 3.11 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de ervaren houding van de bovenarmen (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'zeer gunstig', 3 = 'gunstig', 5 = 'ongunstig', 7 = 'zeer ongunstig'.



De afstand pols-centrum pers werd niet beïnvloedt door de reikafstand en/of werkhoogte; gemiddeld was de afstand 26.0 cm (standaard deviatie 1.4 cm; laagste-hoogste waarde 24.9-28.9 cm).

3.3 Integrale subjectieve bevindingen

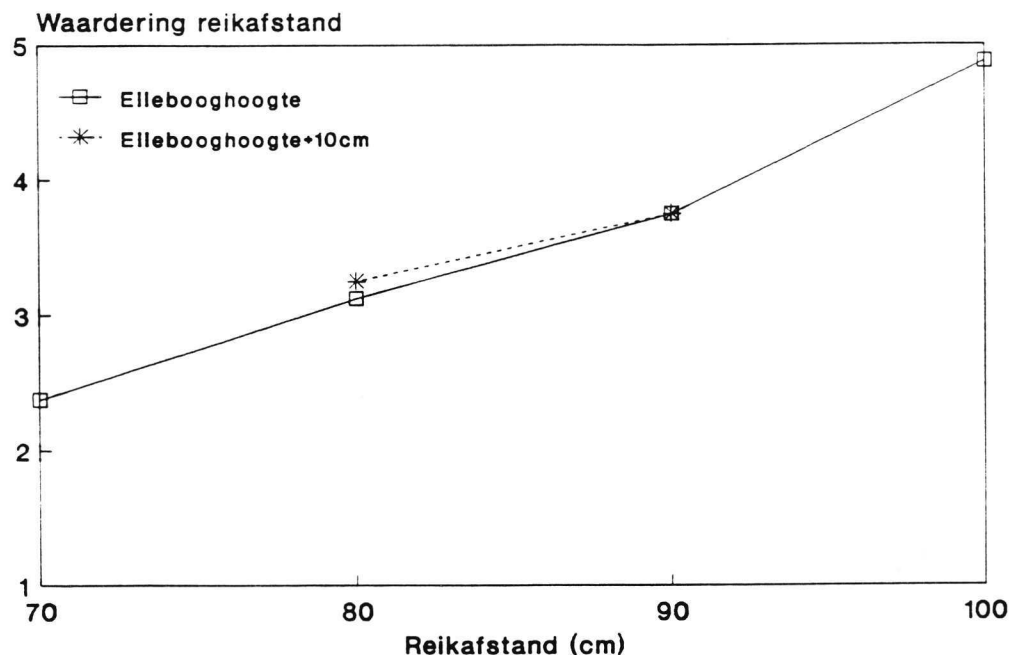
De reikafstand heeft een significant effect op de waardering van de reikafstand (figuur 3.12). De reikafstand 80 cm wordt als 'goed' gewaardeerd. Reikafstanden boven de 80 cm worden als 'te lang' en significant slechter gewaardeerd. Een reikafstand 70 cm wordt gemiddeld tussen 'goed' en 'iets te kort' gewaardeerd.

De werkhoogte heeft geen significant effect op de waardering van de werkhoogte (figuur 3.13). Een werkhoogte op ellebooghoogte wordt gemiddeld tussen 'goed' en 'iets te laag' gewaardeerd. Een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte wordt bij een reikafstand 80 cm gemiddeld als 'goed' en bij een reikafstand 90 cm gemiddeld tussen 'goed' en 'iets te hoog' gewaardeerd.

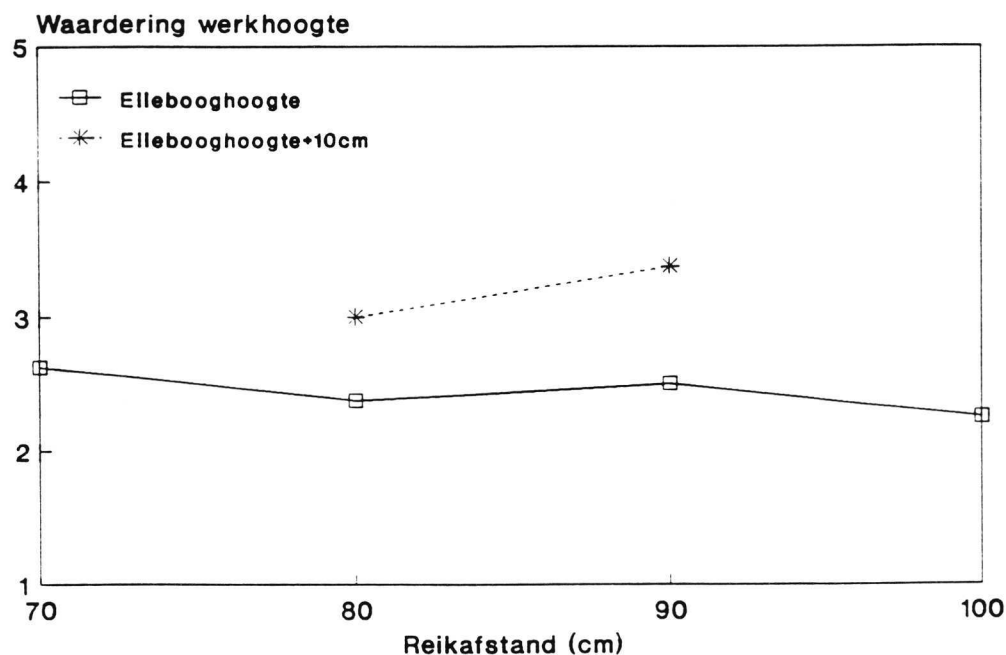
De reikafstand heeft een significant effect op de waardering van de gehele werkplek (figuur 3.14). Boven een reikafstand van 80 cm wordt de waardering significant slechter. Er is een tendens aanwezig dat een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte bij een reikafstand van 80 cm als beter wordt gewaardeerd dan een werkhoogte op ellebooghoogte ($p=.07$).

De resultaten voor de geschatte volhoudtijd (figuur 3.15) vertonen in grote lijnen eenzelfde beeld als de resultaten voor de waardering van de gehele werkplek. Echter, effecten van de reikafstand en/of werkhoogte zijn niet significant.

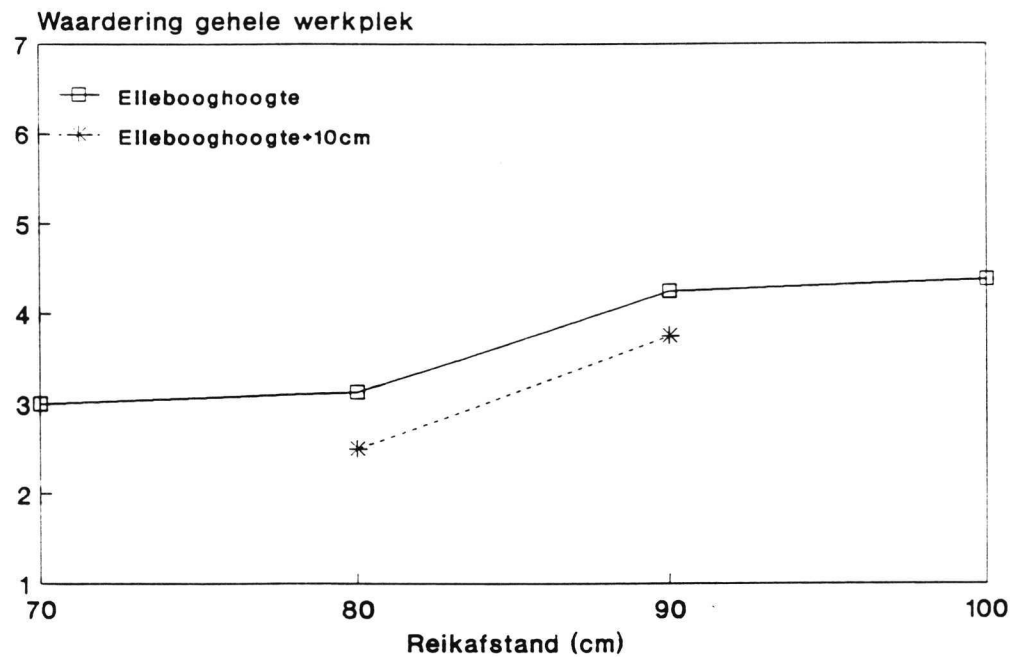
Figuur 3.12 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de waardering van de reikafstand (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'veel te klein (te dichtbij, te kort)', 2 = 'iets te klein (te dichtbij, te kort)', 3 = 'goed', 4 = 'iets te groot (te veraf, te lang)', 5 = 'veel te groot (te veraf, te lang)'.



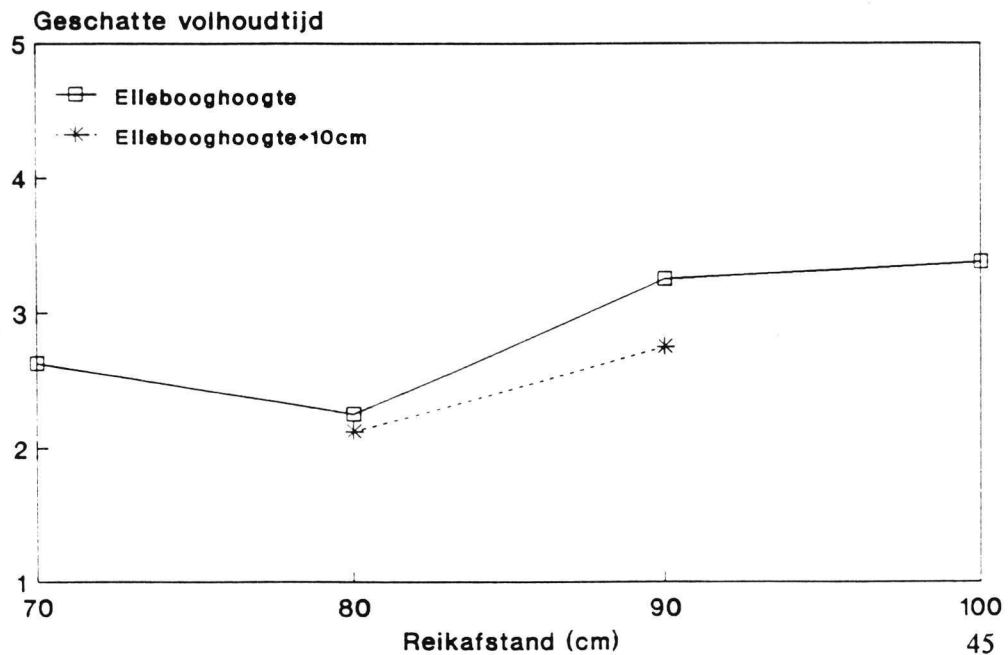
Figuur 3.13 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de waardering van de werkhoogte (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'veel te laag', 2 = 'iets te laag', 3 = 'goed', 4 = 'iets te hoog', 5 = 'veel te hoog'.



Figuur 3.14 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de waardering van de gehele werkplek (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'zeer gunstig', 3 = 'gunstig', 5 = 'ongunstig', 7 = 'zeer ongunstig'.



Figuur 3.15 Het effect van de reikafstand en de werkhoogte op de geschatte volhoudtijd (gemiddelde groepswaarden). De aanduidingen 'Ellebooghoogte' en 'Ellebooghoogte+10cm' hebben betrekking op de werkhoogte. 1 = 'nog ½ tot 1 werkdag', 2 = 'nog 2 uur tot ½ werkdag', 3 = 'nog 1 tot 2 uur', 4 = 'nog 25 minuten tot 1 uur', 5 = 'nog minder dan 25 minuten'.



3.4 Werkresultaat

Het werkresultaat werd niet beïnvloedt door de reikafstand en/of de werkhogte.

3.5 Referentiewaarden

De afstand schouder-top-elleboog was gemiddeld 31.3 cm (standaard deviatie 2.5 cm; laagste-hoogste waarde 27.9-34.5 cm).

De afstand pols-centrum vuist was gemiddeld 8.7 cm (standaard deviatie 0.8 cm; laagste-hoogste waarde 8.0-10.4 cm).

De afstand schouder-top-centrum vuist was gemiddeld 65.6 cm (standaard deviatie 2.7 cm; laagste-hoogste waarde 61.1-68.8 cm).

4. SAMENVATTING EN DISCUSSIE VAN DE RESULTATEN

De samenvatting en discussie van de resultaten is zodanig gestructureerd dat gegevens over de werkhouding en over de subjectieve bevindingen per lichaamsregio bij elkaar staan. Zoals reeds in de methode-sectie beschreven, wordt een aanbeveling alleen dan geformuleerd indien informatie uit de werkhouding en uit de subjectieve bevindingen niet conflicteert.

Reikafstand

De reikafstand heeft het grootste effect op de rompvooroverbuiging en de subjectieve bevindingen over de rug. Bij reikafstanden van meer dan 80 cm zijn de subjectieve bevindingen over de rug beduidend slechter dan bij kleinere reikafstanden. De subjectieve bevindingen ten aanzien van de rug worden ook gezien bij de waardering van de reikafstand. Een reikafstand van 80 cm wordt als 'goed' gewaardeerd. Reikafstanden boven de 80 cm worden als 'te groot' en beduidend slechter gewaardeerd. Overigens wordt een reikafstand van 70 cm tussen 'goed' en 'iets te klein' gewaardeerd. Ook bij de waardering van de gehele werkplek worden werkplekinstellingen met reikafstanden boven 80 cm als beduidend slechter gewaardeerd vergeleken met kleinere reikafstanden.

De houdingen van de bovenarmen, het hoofd en de nek en de daarmee samenhangende subjectieve bevindingen spelen een ondergeschikte rol bij de werkplekinstellingen zoals aangeboden in het experiment. De heffing van de bovenarmen (voorwaarts en zijwaarts) verschilt slechts enkele graden bij de diverse reikafstanden; de bijbehorende subjectieve bevindingen verschillen niet. Slechts in een enkel geval werd een effect van de reikafstand op de ervaren houdingen van het hoofd en de nek gevonden; bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte werd een reikafstand van 90 cm als ongunstiger ervaren vergeleken met een reikafstand van 80 cm. Het is echter denkbaar dat deze bevinding mede een gevolg is van een experimenteel artefact door een belemmerd zicht op het stempel bij een reikafstand van 80 cm.

De resultaten overziende blijkt dat de maximaal toelaatbare reikafstand 80 cm bedraagt. Bij deze reikafstand is de romp gemiddeld ongeveer 12 graden voorovergebogen is en zijn de armen bijna volledig gestrekt.

Werkhoogte

Bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte is de romp gemiddeld 3 graden meer rechtop dan bij een werkhoogte op ellebooghoogte. Bij een reikafstand van 90 cm op een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte is een tendens zichtbaar naar een gunstigere ervaring van de rughouding en minder lokaal ervaren ongemak, vergeleken met een werkhoogte op ellebooghoogte. Dit effect dient echter met enige voorzichtigheid te worden bekeken, zeer waarschijnlijk worden, ten gevolge van een experimenteel artefact (belemmerd zicht) bij een reikafstand van 90 cm en een werkhoogte op ellebooghoogte, het hoofd en nek in versterkte mate (voorover) gebogen om zicht op het stempel te houden. De resulterende sterk gebogen houding van het hoofd, de nek en de romp leidt dan tot slechtere subjectieve bevindingen over de rug.

Bij een reikafstand van 80 cm en een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte worden de nek- en hoofdhouding als beduidend gunstiger ervaren vergeleken met een werkhoogte op ellebooghoogte. Opvallend is echter dat bij een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte deze subjectieve bevindingen niet worden ondersteund door een minder (voorover) gebogen hoofd en nek, zoals verwacht. Derhalve dient ook het gunstige effect van een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte bij een reikafstand van 80 cm met enige voorzichtigheid te worden bekeken.

Een werkhoogte op 10 cm boven de werkhoogte worden de armen beduidend meer voorwaarts en zijwaarts geheven dan bij een werkhoogte op ellebooghoogte. Er is echter geen verschil in de ervaren houding van de bovenarmen en schouders tussen beide werkhoogten.

Een werkhoogte op ellebooghoogte wordt gemiddeld 'goed' tot 'iets te laag' gewaardeerd. Een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte wordt bij een reikafstand 80 cm gemiddeld als 'goed' en bij een reikafstand 90 cm gemiddeld 'goed' tot 'iets te hoog' gewaardeerd. Bij de waardering van de gehele werkplek

tenderen de werknemers naar een voorkeur voor een werkhoogte op 10 boven de ellebooghoogte.

De resultaten laten zien dat er geen sterke voorkeur voor één van beide werkhoogten bestaat. Een verklaring daarvoor is gebaseerd op het feit bij het plaatsen van het paneel de elleboog zich hoger bevindt dan in de referentiehouding. Bij een gemiddelde bovenarm lengte van ruim 31 cm en de gemeten heffing van de bovenarmen in voorwaartse richting komt de elleboog 5 à 7 cm omhoog. Vanuit deze uitgangspositie vereist plaatsing van het paneel op ellebooghoogte dat de romp meer voorover wordt gebogen en/of dat de elleboog verder wordt gestrekt; plaatsing van het paneel op 10 cm boven de ellebooghoogte vereist dat de romp meer rechtop is en/of dat de bovenarmen meer worden geheven. De resultaten van het huidige onderzoek laten zien dat de houding en subjectieve bevindingen met betrekking tot de romp zwaarder wegen dan de houding en subjectieve bevindingen met betrekking tot de bovenarmen. Daaruit vloeit voort dat de werkhoogte zich niet lager dan 5 à 7 cm boven de ellebooghoogte zou moeten bevinden. Aangezien er daarnaast slechts een tendens is naar een werkhoogte op 10 cm boven de ellebooghoogte luidt de conclusie dat de werkhoogte zich tussen 5 en 10 cm boven de ellebooghoogte dient te bevinden.

5. CONCLUSIES

1. De maximaal toelaatbare reikafstand* is 80 cm.
2. De optimale werkhoogte** ligt tussen 5 en 10 cm boven de ellebooghoogte***.

* de horizontale voor/achterwaartse afstand tussen de schoudertop en het centrum van het stempel op de pers.

** de verticale afstand tussen de ellebooghoogte en het geplaatste object op het stempel.

*** de loodrechte afstand tussen de vloer en de onderzijde van de elleboog bij een rechtopstaande (-zittende) persoon met afhangende bovenarmen en horizontale onderarmen.

6. FORMULERING AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk zullen de conclusies van het uitgevoerde experiment worden vertaald naar ergonomische aanbevelingen voor werknemers, werkgevers en ontwerpers. Aan de specifieke aanbevelingen worden waar mogelijk algemene ergonomische aanbevelingen toegevoegd. Uitgangspunt is dat aanbevelingen voor werknemers eenduidig en eenvoudig zijn; aanbevelingen voor werkgevers en ontwerpers zijn gericht op het scheppen van technische en organisatorische voorwaarden voor het uitvoeren van de aanbevelingen door werknemers.

6.1 Werknemers

Aanbeveling reikafstand

Op grond van het experiment is geconcludeerd dat de afstand tussen de schouder-top (tijdens rechtop staan of zitten) en het centrum van het stempel op de pers (definitie reikafstand) maximaal 80 cm mag zijn. Deze conclusie is echter afhankelijk van de lichaamsafmetingen van de groep metaalwerknemers betrokken bij het experiment. De enige wijze om de aanbeveling voor reikafstand algemeen bruikbaar te maken is gebaseerd op de gemeten werkhouding bij de maximaal toelaatbare reikafstand. Bij deze reikafstand is de romp licht voorovergebogen (12 graden) en zijn de ellebogen bijna volledig gestrekt. Een aanbeveling om de romp niet verder voorover te buigen dan 12 graden is voor werknemers niet bruikbaar. Beter bruikbaar en eenduidiger is de werknemer te laten uittesten of het object met de romp rechtop, desnoods met volledig strekking van de ellebogen en gebruik van de schoudergordel, in het stempel kan worden geplaatst. Bij deze testhouding kan naar schatting niet verder worden bereikt dan de maximaal toelaatbare individuele reikafstand.

De bovenbeschreven aanbeveling voor reikafstand is in feite afhankelijk gemaakt van de positie van de handen bij plaatsing van een object in het stempel op de pers. De voor-achterwaartse afmeting van een object is niet in de aanbeveling opgenomen. Daaraan liggen een aantal overwegingen ten gronde. Ten eerste is in het experiment een object van gemiddelde afmetingen gebruikt, dat representa-

tief mag worden geacht voor een groot deel van de objecten die handmatig in het stempel worden geplaatst. Ten tweede bleek dat de belasting van de lage rug en de daarmee samenhangende subjectieve bevindingen bepalend waren voor de maximaal toelaatbare reikafstand. De belasting van de lage rug wordt grotendeels veroorzaakt door het biomechanisch moment ten gevolge van het gewicht van de romp, hoofd/nek en bovenste extremiteiten. Dit moment neemt toe naarmate de handen verder reiken. De afmetingen en het gewicht van een gemiddeld object spelen daarbij een ondergeschikte rol.

Staan, zitten en/of gebruik stasteun

In het algemeen zijn afwisseling van taken binnen een functie en/of afwisseling van werkhoudingen binnen een taak wenselijk. De bediening van een pers kan in principe staand, zittend of gebruikmakend van een stasteun worden uitgevoerd. De drie genoemde vormen onderscheiden zich essentieel van elkaar op een tweetal punten. Zonder hulpmiddelen ligt bij staan de ellebooghoogte vast; een stoel en een stasteun bieden beperkte mogelijkheden om de ellebooghoogte te wijzigen. Daarentegen is bij staan nauwelijks beenruimtediepte nodig; bij gebruik van een stasteun of een stoel is respectievelijk meer en veel meer beenruimtediepte gewenst. Bij voorkeur wordt de bediening van de pers zittend uitgevoerd. Indien dit niet mogelijk of gewenst is, kan de bediening staande of gebruikmakend van een stasteun worden uitgevoerd.

Aan- en afvoer objecten

De aan- en afvoer van objecten dient zodanig te zijn dat onnodig heffen van de bovenarmen alsmede vooroverbuigen en draaien van de romp wordt voorkomen. Dit betekent dat de objecten zowel op de aanbevolen werkhoogte (van het object in het stempel) worden aangeboden als op deze hoogte kunnen worden weggelegd. De objecten bevinden zich tevens zo dicht mogelijk bij de werknemer; niet verder dan de reikafstand bij plaatsing van het object in het stempel. Daarnaast dient de aan- en afvoer zich niet (schuin) achter de werknemer te bevinden. Indien niet aan de laatstgenoemde voorwaarde kan worden voldaan of de werknemer kan de objecten niet dicht genoeg bij zich plaatsen, dient de bediening van de pers staande te worden uitgevoerd.

Zicht op het werk

Het experiment heeft laten zien dat een belemmerd zicht op het object en het stempel leidt tot minder gunstige werkhoudingen en bijbehorende subjectieve bevindingen. De werknemer kan daaraan bijvoorbeeld bijdragen door een veiligheidsscherp goed schoon te houden en door verlichting in te schakelen.

6.2 Werkgevers

Staan, zitten en gebruik stasteun

Afwisseling van werkhoudingen en -bewegingen tijdens een werkdag is noodzakelijk. Bij voorkeur gebeurt dit door in een functie taken op te nemen die zittend, staand en/of lopend kunnen worden uitgevoerd. Daarnaast is wenselijk dat een werknemer een taak naar eigen voorkeur staande, zittende en/of gebruikmakend van een stasteun kan uitvoeren. Primair dient bij bediening van een pers zittende taakuitvoering te worden nagetreefd, aangezien de stoel dan, in tegenstelling tot staande taakuitvoering, een deel van het lichaamsgewicht draagt. De lichamelijke belasting van het lichaam wordt daardoor gereduceerd. In het navolgende zal worden aangegeven welke technische voorwaarden nodig zijn om de werkplek bij de bediening van een pers overeenkomstig de aanbevelingen voor de optimale werkhoogte en de maximaal toelaatbare reikafstand in te richten.

De genoemde werkhoudingen leiden tot verschillende ellebooghoogten. Alle drie werkhoudingen zijn realiseerbaar indien het hoogteverschil tussen het voetenvlak en het stempel op de pers minimaal gelijk is aan ellebooghoogte van de langste werknemer plus 10 cm bij rechtop staan. Uitgaande van een vaste hoogte van (het stempel op) de pers, dient de werkhoogte dan te worden gerealiseerd door de werknemer omhoog te brengen. Daartoe zijn oplossingen, zoals een hoogte-verstelbaar bordes, beschikbaar. Ook in het geval dat de bediening van de pers bijvoorbeeld alleen staande wordt uitgevoerd zijn dergelijke middelen gewenst, vanwege de verschillende lichaamsafmetingen (ellebooghoogten) van werknemers. In de praktijk is een afstand van 135 cm tussen het bordes in z'n laagste stand en de bovenzijde van de perstafel voldoende. De vereiste afstand van de bovenzijde van de perstafel tot de vloer is gelijk aan 135 cm plus de hoogte van het bordes in

z'n laagste stand. Teneinde de kleinste werknemers zittend te kunnen laten werken, dient het bordes een hoogteverstelbereik van minimaal 75 cm te hebben. Indien de basis van het stempel zich ruim boven de perstafel bevindt (bijv. 5 cm of meer), dient het bordes ook dit hoogteverschil ook te kunnen overbruggen. Om toelaatbare reikafstanden bij genoemde werkhoudingen (staan, zitten en gebruik van stasteun) te kunnen realiseren dienen de beenruimteafmetingen alsmede de diepte van de perstafel aangepast te zijn aan de werkhouding die daaraan de hoogste eisen stelt, i.c. zitten (zie § 6.3).

Aan- en afvoer objecten

Voor de aan- en afvoer van objecten dienen hulpmiddelen (lopende band, heftafel, enz.) aanwezig te zijn, die voldoen aan een aantal eisen: - hoogte aanpasbaar aan de optimale werkhoogte, - plaatsingsmogelijkheden zodanig dat de werknemer niet achter zich en/of verder dan de optimale reikafstand hoeft te reiken.

Zicht op het werk

Het is noodzakelijk dat het werk goed verlicht is en dat het zicht op het werk niet wordt belemmerd door bijvoorbeeld ondoorzichtige delen van een veiligheidsscherm.

Bediening

Bij staande uitvoering en bij gebruik van een stasteun dient pedaalbediening te worden vermeden. In het algemeen volstaat een-handsbediening bij aanwezigheid van een veiligheidsscherm.

6.3 Ontwerpers

Uitgaande van de aanbevelingen zijn *indicatief* een aantal cruciale ontwerpmaten berekend. Bij de berekeningen is uitgegaan van ontwerp voor een gemengde man/vrouw-populatie, met lichaamsmaten tussen het 5e en het 95e percentiel van de betreffende verdeling. Basale gegevens voor de berekeningen zijn afkomstig uit diverse bronnen ^{2,3,5,6,8}.

Beenruimtediepte

Bij zitten dient voldoende beenruimte aanwezig te zijn ter hoogte van de knieën. De benodigde diepte is op grond de experimentele resultaten te berekenen. We nemen aan dat het centrum van de vuist maximaal het centrum van het stempel (is gelijk aan het centrum van de pers) bereikt. Dit komt voor bij zeer kleine objecten. Bij grotere objecten wordt de hand minder ver naar voren gebracht. De referentieafstand pols-centrum vuist is gemiddeld bijna 9 cm (zie § 3.5). Tijdens plaatsing van een paneel in het stempel was de afstand pols-centrum pers gemiddeld 26 cm (zie § 3.2). Daaruit volgt dat de afstand van de vuist tot het centrum van de pers gemiddeld 17 cm was. Bij de maximaal toelaatbare reikafstand van 80 cm was de horizontale voor-achterwaartse afstand van de schoudertop (romp rechtop) tot het centrum van de vuist dan 63 cm, ofwel ongeveer 95% van de referentieafstand schoudertop-centrum vuist (zie § 3.5). Bij een beenruimtediepte (ter hoogte van de knieën) tot het centrum van de pers is er dan 4 à 5 cm ruimte over tussen de knieën en de pers. Dit betekent dat vlak onder de perstafel minimaal 35 cm beenruimtediepte dient te zijn, gemeten vanaf de voorzijde van de perstafel (zie ook onder *perstafeldiepte*). Bij een reikafstand 10 cm minder dan de maximaal toelaatbare reikafstand is een beenruimtediepte tot 10 cm achter het centrum van de pers gewenst.

Vanaf de beenruimtediepte ter hoogte van de knieën dient ruimte aanwezig te zijn voor de voeten en voor incidentele strekking van de benen. Dit kan worden gerealiseerd door het achtervlak van de beenruimte onder een hoek te plaatsen, naar de achterzijde van de pers weglappend, zodanig dat een beenruimtediepte van minimaal 75 cm aanwezig is op minder dan 65 cm onder de bovenzijde van de perstafel.

Bij staan is minimaal 10 cm beenruimtediepte nodig onder de perstafel. Ter hoogte van de voeten is, over een verticale afstand van 20 cm, een minimale diepte vereist van 25 cm (ten opzichte van de voorzijde van de perstafel).

Bij gebruik van een stasteun is gewenst dat de benen schuin onder de de pers kunnen worden geplaatst. Dit kan worden gerealiseerd door de achterzijde van de beenruimte vanaf de onderzijde van de perstafel onder een hoek (ter indicatie

minimaal 35° ter hoogte van de bovenbenen; minimaal 15° ter hoogte van de onderbenen) naar de achterzijde van de pers te laten weglopen.

Perstafeldiepte

Naast de beenruimtediepte is ook de diepte van de perstafel van belang om de aanbevelingen in de praktijk te kunnen brengen. Voor de berekening van de maximaal toelaatbare diepte van de perstafel nemen we aan dat het centrum van de vuist maximaal het centrum van het stempel (is gelijk aan het centrum van de pers) bereikt. Bij de maximaal toelaatbare reikafstand is er minimaal 5 cm afstand tussen de onderbuik en de pers, indien de afstand van de voorzijde van de perstafel tot het centrum van de pers 35 cm bedraagt (halve diepte van de perstafel). Derhalve is de maximaal toelaatbare diepte van de perstafel 70 cm. Bij een reikafstand 10 cm korter dan de maximaal toelaatbare diepte gelijk aan 50 cm. De berekende waarden voor de diepte van de perstafel zijn geldig bij staan, bij zitten en bij gebruik van een stasteun.

Beenruimtehoogte

Bij zitten is de afstand tussen de bovenzijde van de dijbenen en de werkhoogte essentieel om de aanbeveling voor de werkhoogte te kunnen gebruiken. De verticale afstand tussen de bovenzijde van de dijbenen en de ellebooghoogte is bij de gehanteerde populatie tussen 7.5 cm (5e percentiel) en 11 cm (95e percentiel). Bij een aanbevolen werkhoogte tussen 5 en 10 cm boven de ellebooghoogte, mag de verticale afstand van het object op het stempel tot de perstafel (dikte van de stempelbasis) plus de dikte van de perstafel maximaal 12.5 cm zijn, teneinde de werkplek voor 95% van de werknemers bruikbaar te maken. De werkplek is onbruikbaar voor zittend werk indien laatstgenoemde afmeting meer dan 21 cm bedraagt.

Bij staan en bij gebruik van een stasteun is de beenruimtehoogte minder kritisch dan bij zitten (zie ook onder *beenruimtediepte*).

Beenruimtebreedte

De minimaal benodigde beenruimtebreedte bedraagt 65 cm.

Obstructies

Het is van belang dat een veiligheidsscherf zo dicht mogelijk bij het stempel kan worden geplaatst om de reikafstand niet onnodig te vergroten. Dit vereist de nodige vrije ruimte aan de voorzijde van de pers boven de perstafel.

Bediening

Bij voorkeur is een pers voorzien van diverse vormen van bediening (pedaal-, een-hands-, twee-hands-), zodat de meest adequate door de werknemer kan worden gebruikt.

7. LITERATUUR

1. BORG, G., A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. In: H.G. Geissler & P. Petzold (eds) Psychophysical judgement and the process of perception: XXIIInd International Congress of Psychology 3, Leipzig GDR, July 6-12, 1980. Amsterdam, etc. North-Holland, Jaar 1982, pp. 25-34
2. BURANDT, U. Ergonomie für Design und Entwicklung. Köln, Verlag Otto Schmidt, 1978
3. CLARK, T.S. & E.N. CORLETT. The Ergonomics of Workspaces and Machines: a design manual. London, Taylor & Francis etc. 1984.
4. CORLETT, E.N. & R.B. BISHOP. A technique for assessing postural discomfort. Ergonomics 19 (1976) 175-82
5. DIRECTORAAT-GENERAAL VAN DE ARBEID. Herkennen en voorkomen van fysieke belasting tijdens de arbeid (V25). Den Haag, Min. SoZaWe, DGA, 1991.
6. DUL, J. & B.A. WEERDMEESTER. Vademecum Ergonomie: een praktische inleiding in de ergonomie. Deventer, Kluwer Bedrijfswetenschappen, 1991 geherz. dr.
7. GRINTEN, M.P. VAN DER. Preventie van beroepsgebonden problematiek van het bewegingsapparaat: inventarisatie en beoordeling van in het veld bruikbare methoden voor het registreren van 'elektrische spieractiviteit' (EMG) en van 'ervaren belasting'. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, 1990. (S91-1)
8. MOLENBROEK, F.F.M. & J.M. DIRKEN. Nederlandse lichaamsmaten voor ontwerpen DINED-tabel (3e herziene versie). Ergonomie 12, (1987) nr.1.

Reprografie NIPG-TNO
Projectnummer: 5143