

gratis

Handmatig duwen/trekken en gezondheidseffecten

N.J. Delleman
M.P. van der Grinten
V.H. Hildebrandt

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 30, Amsterdam-Buitenveldert

inv.-nr. 31476 3- 31176
plaats 53-158 (2^e ex.)
datum 08 OKT. 1995

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Directie
Arbeidsomstandigheden van het Ministerie van Sociale
Zaken en Werkgelegenheid door TNO Preventie en
Gezondheid

september 1995

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Delleman, N.J.

Handmatig duwen/trekken en gezondheidseffecten / N.J.
Delleman, M.P. van der Grinten, V.H. Hildebrandt. — Den
Haag : Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid ;
Den Haag : VUGA [distr.]. — Ill.
Onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Directie
Arbidsomstandigheden van het Ministerie van Sociale
Zaken en Werkgelegenheid door TNO Preventie en
Gezondheid. — Met lit. opg.
ISBN 90-5250-963-8 (VUGA)
NUGI 692
Trefw.: arbeidsomstandigheden / arbeid en gezondheid.

Verkoop

VUGA Uitgeverij B.V.
Postbus 16400, 2500 BK 's-Gravenhage
Telefoon 070-31 31 500. Telefax 070-31 31 504

INHOUD

	pagina
SAMENVATTING	i
1. INLEIDING	1
2. OMVANG VAN DUWEN/TREKKEN IN NEDERLAND EN GEZOND- HEIDSEFFECTEN	3
2.1 Vraagstelling	3
2.2 Materiaal en methode	3
2.3 Resultaten	5
2.3.1 Omvang van vaak duwen/trekken	5
2.3.2 Samenhang tussen vaak duwen/trekken en klachten van het bewegingsapparaat	11
2.3.3 Samenhang tussen lage-rugklachten en belangrijke risicofactoren	12
2.4 Discussie	13
2.4.1 Beantwoording van de eerste twee vragen	13
2.4.2 Beantwoording van de derde vraag	16
2.5 Conclusies	16
3. GEZONDHEIDSKUNDIGE GRENSWAARDEN VOOR DUWEN/TREK- KEN	18
3.1 Vraagstelling	18
3.2 Risicofactoren	18
3.3 Literatuurgegevens	19
3.3.1 Mital et al. (1993)	19
3.3.2 Risico op overbelasting van de lage rug	20
3.3.3 Mital et al. (1993), aangepast en vereenvoudigd	20
3.3.4 Risico op uitglijden	22
3.3.5 Overige risico's	24
3.3.6 Specifieke vormen van trekken	26
3.4 Risico-inventarisatie en -evaluatie	27
3.5 Cases	27

LITERATUUR

pagina
31

SAMENVATTING

Er bestaan geen representatieve gegevens voor de Nederlandse werkende bevolking over de omvang van duwen/trekken. Een schatting op basis van wel beschikbare gegevens indiceert, dat ongeveer een derde van de Nederlandse werkende bevolking met enige regelmaat met duwen/trekken geconfronteerd wordt. Beroepsklassen in de dienstverlening (huishoudelijke personeel, schoonmakers), de landbouw en visserij alsmede ambacht, industrie en transport (smeden, machinebankwerkers, elektromonteurs, loodgieters, bouwvakkers, laders en lossers, chauffeurs) laten dienaangaande relatief hoge scores zien. Datzelfde geldt voor bedrijfsklassen in de landbouw en visserij, de industrie (voeding/genotmiddelen, textiel, hout/meubel, papier/papierwaren, rubber/kunststof, bouwmaterialen/aardewerk/glas, basismetale, metaalproducten, machines, transportmiddelen), de bouw (bouwnijverheid, bouwinstallatiebedrijven en reparatiebedrijven voor gebruiksgoederen) alsmede transport, opslag en communicatie (wegvervoer en zeevaart).

Werknemers die vaak moeten duwen/trekken in hun werk rapporteren met name veel lage-rugklachten, dat wil zeggen significant meer dan werknemers die noch tillen, duwen/trekken of dragen. Bovendien is duwen/trekken één van de oorzaken van bedrijfsongevallen.

In het onderhavige rapport is de aandacht gericht op 'lopend duwen/trekken', gedefinieerd als het handmatig in beweging brengen én verplaatsen van een last over langere afstand, waarbij het lichaam zich in dezelfde richting beweegt als de last, zonder dat de last wordt gedragen. Bij lopend duwen/trekken worden de volgende risicofactoren onderscheiden: een hoge krachttuitoefening via het aangrijpingspunt van de handen op een last (bepaald door de rol-/schuifweerstand van de last), een grote verplaatsingsafstand van een last, een hoge frequentie van duwen/trekken, een lage wrijvingsweerstand van de voeten (schoeisel) met de ondergrond, een hoge loopsnelheid, een ongunstige lokatie van het aangrijpingspunt van de handen (te hoog of te laag, niet recht voor het lichaam), een ongunstige (dat wil zeggen niet vrij te kiezen) en/of belastende lichaamshouding, een asymmetrische krachttuitoefening (eenhandig, koerswijzigingen), en slecht zicht op de ondergrond, obstakels en verdere omgeving. Voor de drie eerstgenoemde risicofactoren zijn aan de hand van literatuurgegevens concrete gezondheidskundige grenswaarden opgesteld om in de praktijk duw-/treksituaties met een verhoogd risico op gezondheidsschade te kunnen traceren (zie tabel i). Voor diverse combinaties van verplaatsingsafstand van de last en frequentie van duwen/trekken (cellen in de tabel) worden steeds twee grenswaarden voor de krachttuitoefening (kg) met de handen op de last gegeven, namelijk de eerste voor het in gang zetten van de last, de tweede voor het in gang houden van de

last (gescheiden door een liggend streepje). Deze grenswaarden gelden zowel voor duwen als voor trekken. Voor drie combinaties van verplaatsingsafstand en frequentie verschillen de grenswaarden voor duwen (D) en trekken (T).

Tabel i

verplaatsingsafstand	frequentie				
	10/min.	5/min.	1/min.	12/uur	1/8 uur
2 m	16-8	18-10	20-14	D: 24-16 T: 20-16	D: 30-20 T: 20-20
8 m		14-6	20-10	20-14	D: 26-18 T: 20-18
15 m			18-8	20-12	20-14
30 m			16-6	18-10	20-12
60 m				16-6	20-10

Naast de drie risicofactoren opgenomen in de bovenstaande tabel vormt een lage wrijvingsweerstand van de voeten (schoeisel) met de ondergrond een belangrijke risicofactor, met name voor uitglijden. Tabel ii vermeldt voor diverse krachtoefeningen met de handen op de last de minimaal vereiste dynamische wrijvingscoëfficiënt, een maat voor de kwaliteit van het contact tussen de ondergrond en het schoeisel.

Tabel ii

duw-/trekkracht (kg)	minimaal vereiste dynamische wrijvingscoëfficiënt
30	1.0
25	0.8
20	0.6
15	0.5
10	0.4
5	0.3

Voor de bepaling van de grootte van de dynamische wrijvingscoëfficiënt bij combinaties van schoeisel, ondergrond en onderhoudstoestand zal, in afwachting van eenvoudige richtlijnen, nu nog een deskundige moeten worden geraadpleegd.

In het rapport worden verder de risico's als gevolg van de loopsnelheid, de hoogte van het aangrijpingspunt van de handen op de last, fysieke belemmeringen, koerswijzigingen,

alsmede van twee specifieke vormen van trekken besproken en, waar mogelijk, van grenswaarden voorzien. Vervolgens komt het gebruik van grenswaarden in het kader van risico-inventarisatie en -evaluatie aan de orde. Tot slot worden 4 praktijksituaties (cases) getoetst aan de grenswaarden.

1. INLEIDING

Het Directoraat-Generaal van de Arbeid (DGA) van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft aan TNO Preventie en Gezondheid (TNO-PG) opdracht verleend tot uitvoering van het project 'Handmatig duwen/trekken en gezondheidseffecten'. Het doel van het project is antwoord te geven op de volgende vragen:

- wat is de omvang van de Nederlandse beroepsbevolking die wordt blootgesteld aan duwen/trekken?
- in welke bedrijfs- en beroepstakken en -klassen komt duwen/trekken veel voor?
- welke typen klachten van het bewegingsapparaat (i.c. welke lichaamsregio's) hangen samen met duwen/trekken en hoe sterk is de samenhang tussen duwen/trekken en de belangrijkste klachtenregio in het lichaam, mede in vergelijking tot andere risicofactoren voor problematiek van het bewegingsapparaat?
- welke gezondheidkundige grenswaarden zijn geschikt voor duwen/trekken?

Een belangrijk uitgangspunt voor de uitvoering van het project was de aansluiting bij het voorbereidingsdocument voor het Publikatieblad Fysieke belasting (Delleman, 1994), waarin de stand van de ergonomie op het gebied van fysieke belasting in kaart is gebracht.

Duwen/trekken wordt in dit rapport, conform het bovengenoemde voorbereidingsdocument, gedefinieerd als het handmatig in beweging brengen én verplaatsen van een last over langere afstand, waarbij het lichaam zich in dezelfde richting beweegt als de last, zonder dat de last wordt gedragen. Bij trekken beweegt het lichaam zich in achterwaartse richting, bij duwen in voorwaartse richting. Bij deze vorm van handmatig duwen/trekken worden de afzetkracht en de beweging door benen en voeten geleverd, en worden beide armen en handen slechts gebruikt om de kracht over te dragen op de last, door de armen in een min of meer vaste stand te houden. We spreken verder van lopend duwen/trekken. In concreto kan daarbij worden gedacht aan transport met behulp van rollend materieel (containers, pompwagens, enz.) of met behulp van geleide-systemen waaraan de last hangt, aan het voorttrekken van slangen of aan het voortduwen van rollende objecten (oliedrums, grote rollen papier, enz.).

Als bijzondere vormen van lopend duwen/trekken worden in dit rapport onderscheiden trekken van een last met één hand en vooruitlopend trekken van een last. Staand of zittend duwen/trekken waarbij vooral de armen bewegen en krachtzetten om bijvoorbeeld iets te bevestigen of los te maken, vast te houden, te verschuiven of te besturen, zonder

dat het lichaam zich verplaatst, komt in dit rapport niet aan de orde. Indien het gaat om herhaalde uitoefening van min of meer dezelfde krachten gedurende langere tijd, is het kennisgebied van repeterende handelingen van toepassing (Delleman, 1994). Indien er sprake is van incidentele krachtoefening onder specifieke omstandigheden, is veelal gericht onderzoek noodzakelijk om kennis over gezondheidkundige effecten te verwerven.

2. OMVANG VAN DUWEN/TREKKEN IN NEDERLAND EN GEZONDHEIDSEFFECTEN

2.1 Vraagstelling

In dit hoofdstuk komen de volgende vragen aan de orde:

- wat is de omvang van de Nederlandse beroepsbevolking die wordt blootgesteld aan duwen/trekken?
- in welke bedrijfs- en beroepstakken en -klassen komt duwen/trekken veel voor?
- welke typen klachten van het bewegingsapparaat (i.c. welke lichaamsregio's) hangen samen met duwen/trekken en hoe sterk is de samenhang tussen duwen/trekken en de belangrijkste klachtenregio in het lichaam, mede in vergelijking tot andere risicofactoren voor problematiek van het bewegingsapparaat?

2.2 Materiaal en methode

Er zijn in Nederland geen direct toegankelijke databestanden aanwezig, waarmee de eerste twee vragen op eenvoudige wijze kunnen worden beantwoord. Om toch een indruk te verkrijgen zijn twee bestanden geanalyseerd, waarin gegevens voorkomen over duwen/trekken. In beide bestanden komt duwen/trekken echter alleen voor als factor in combinatie met andere factoren, hetgeen de waarde ervan beperkt.

Ten eerste is een analyse uitgevoerd op een databestand van 9000 werknemers die langer dan 1 jaar ziek waren, die over hun laatste werkkring onder meer een gemodificeerde en verkorte versie van de Vragenlijst Bewegingsapparaat (VBA) van TNO-PG voorgelegd hebben gekregen. Daarin komt de volgende vraag voor: *'Moet u in uw werk vaak duwen, trekken of knijpen?'*. Het databestand kan worden beschouwd als een representatieve steekproef uit arbeidsongeschikte werknemers krachtens de WAO en zal daarom hierna het 'WAO-bestand' worden genoemd (Gründemann et al., 1991). Werknemers die bij het ABP zijn verzekerd (vooral overheids- en onderwijzend personeel) en bijvoorbeeld zelfstandigen zijn dus niet in dit bestand vertegenwoordigd. Alle werknemers in het bestand zijn ingedeeld naar beroep en bedrijf conform de door het CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek) gehanteerde standaard-indeling van beroepen en bedrijven. Hierdoor is het mogelijk de gegevens over vaak duwen/trekken uit te splitsen naar twee invalshoe-

ken: beroepstakken en -klassen alsmede bedrijfstakken en -klassen. Op die manier kan een tentatief antwoord worden verkregen op de eerste twee vragen. Hierbij wordt aangenomen dat duwen/trekken veel vaker voorkomt dan knijpen en de verkregen verdeling over bedrijfs- en beroepstakken en -klassen dus vooral betrekking heeft op duwen/trekken (zie ook § 2.4.1).

Ten tweede is een analyse uitgevoerd op een bestand van 7717 werknemers die het 'monitor-instrument stress-fysieke belasting' hebben ingevuld (hierna het monitorbestand genoemd; Houtman et al., 1993). Dit is een vragenlijst, die in zich een verkorte versie van de VBA bevat, waarin de volgende vragen zijn gesteld over duwen/trekken: *'Moet u in uw werk vaak zware lasten (meer dan 5 kg) tillen, duwen, trekken of dragen?'* en *'Moet u in uw werk vaak zeer zware lasten (meer dan 20 kg) tillen, duwen, trekken of dragen?'*. Dit bestand werknemers bevat gegevens over vijf bedrijfstakken, maar kan door de wijze van steekproeftrekking niet als volledig representatief voor deze bedrijfstakken gelden. Tevens omvat de vraag ook tillen, dat vaker voorkomt dan duwen/trekken, waardoor de verkregen verdeling over bedrijfs- en beroepstakken en -klassen sterk door tillen beïnvloed zal worden. Dit bestand is dan ook vooral geanalyseerd om na te gaan of het de analyse van het WAO-bestand zou kunnen ondersteunen, maar is bij het trekken van conclusies niet meegewogen. Voor beide bestanden geldt dat alleen groepen met meer dan 50 respondenten in de analyses zijn betrokken.

Andere grote bestanden met gegevens over de werksituatie van Nederlandse werknemers, zoals een Europees bestand van de European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, het 'Nova-Web'-bestand van TNO-PG en PBGO-bestanden van arbodiensten bevatten geen van alle aparte vragen over vaak duwen/trekken, zodat deze voor het onderhavige onderzoek niet in aanmerking konden komen. Het verzamelbestand van de VBA kan niet op bedrijfsklasse- of op bedrijfstakniveau gebruikt worden, omdat het bestaat uit een aantal specifieke beroepsgroepen van beperkte omvang.

De derde vraag zal worden beantwoord aan de hand van het verzamelbestand van de VBA (Hildebrandt & Douwes, 1991). Dit bevat van een aantal specifieke beroepsgroepen de door werknemers zelf gerapporteerde gegevens over klachten van het bewegingsapparaat en daarmee samenhangend werkfactoren. De volledige versie van deze vragenlijst bevat de volgende vragen:

'Moet u in uw werk vaak':

- *'zware lasten tillen?'* (antwoordmogelijkheden 'ja' of 'nee')
- *'duwen of trekken?'* (antwoordmogelijkheden 'ja' of 'nee')
- *'dragen?'* (antwoordmogelijkheden 'ja' of 'nee')

Dit is het enige bestand waarin duwen/trekken als aparte factor aanwezig is. Het bestand bevat 2030 werknemers uit een groot aantal beroepen, maar is niet representatief voor de

Nederlandse beroepsbevolking. Om na te gaan welke klachten van het bewegingsapparaat samenhangen met vaak duwen/trekken wordt de mate van vóórkomen van klachten per lichaamsregio berekend voor de populatie die zegt in het werk vaak te moeten duwen/trekken en vergeleken met de populatie die zegt dit niet te moeten doen. Gezien de grote samenhang tussen vaak tillen, duwen/trekken en dragen (zie § 2.3.2) wordt deze analyse naar deze drie factoren gestratificeerd uitgevoerd, waarbij is gekeken naar de groep werknemers die zegt vaak te moeten duwen/trekken in vergelijking met (1) de groep werknemers die zegt niet vaak te moeten tillen, duwen/trekken of dragen (deze groep kan als een, qua vereiste krachtoefening in het werk, relatief onbelaste groep worden beschouwd) en (2) de groep werknemers die vaak te maken heeft met tillen en/of dragen, al dan niet in combinatie met vaak duwen/trekken. Verschillen tussen groepen worden getoetst met een chi-kwadraat toets.

Om de samenhang tussen vaak duwen/trekken en lage-rugklachten (de belangrijkste klachtenregio in het lichaam) weer te geven zijn enkelvoudige (univariate) odds-ratio's berekend voor vaak duwen/trekken en - ter vergelijking - belangrijke andere risicofactoren voor problematiek van het bewegingsapparaat: tillen, dragen, werkstress-factoren (gedichotomiseerde somscore van 41 vragen), repeterende bewegingen (gedichotomiseerde somscore van 8 vragen) en (statische) werkhoudingen (gedichotomiseerde somscore van 17 vragen). De odds-ratio geeft het gezondheidsrisico aan, wanneer de betrokken risicofactor aanwezig is, in vergelijking met de situatie, waarin de betrokken risicofactor afwezig is. Bij de somscores is daartoe het onderste kwart van de verdeling beschouwd als niet blootgesteld aan de betrokken risicofactor.

2.3 Resultaten

2.3.1 Omvang van vaak duwen/trekken

Ruim een derde van de werkenden (monitorbestand) zegt in het werk vaak te moeten tillen, duwen, trekken of dragen. Eveneens ruim een derde van de arbeidsongeschikte werknemers (WAO-bestand) zegt in het werk vaak te hebben moeten duwen/trekken of knijpen. In de tabellen 2.1 en 2.2 zullen twee dwarsdoorsneden worden gemaakt: één naar beroepstakken en -klassen, één naar bedrijfstakken en -klassen, conform de door het CBS gehanteerde standaard-indeling van bedrijven en beroepen. Bij de klassen is de betreffende CBS-codering vermeld. Tevens is de verhouding aangegeven tussen de uit-

komsten van het monitorbestand en het WAO-bestand om de mate van overeenkomst tussen beide bestanden aan te geven. Onder de noemer 'risico' is vermeld of de betreffende klasse hoger scoort dan het gemiddelde, waarbij de resultaten op basis van het WAO-bestand als uitgangspunt zijn genomen. Waar alleen gegevens uit het monitorbestand aanwezig zijn, is een '-' geplaatst. Waar beide bestanden elkaar tegenspreken of alleen monitor-gegevens beschikbaar zijn, is een '?' geplaatst.

Tabel 2.1 Resultaten van vragen naar duwen/trekken, uitgesplitst naar **beroepstak en -klasse**, in het monitorbestand (7717 werknemers) en in het WAO-bestand (representatieve steekproef van 8520 arbeidsongeschikte werknemers): percentage respondenten die de vraag met 'ja' beantwoordden

beroepstak	beroepsklasse	monitor- bestand (%)	WAO- bestand (%)	verhou- ding	risi- co*
wetenschap/ kunst	02 ingenieurs	09	-	-	-
	06/07 artsen, verpleegkundigen	-	31	-	-
	08/09 statistici en economen	08	-	-	-
	11 accountants	04	-	-	-
	19 wetenschappers	-	04	-	-
beleid, leiding	20 beleidsvoerend	07	06	.86	-
administratie	30 administratief	07	-	-	-
	32 secretaresses	02	01	.50	-
	33 boekhouders	08	03	.38	-
	34 computeroperators	07	-	-	-
	38 telefonisten	05	-	-	-
	39 administratief overig	07	04	.57	-
commercie	40 directeurs	08	-	-	-
	45 commercieel leidinggevend	10	-	-	-
	46 vertegenwoordigers	23	06	.26	-
	47 verzekeringsagenten	07	-	-	-
	48 winkelbedienden	24	29	1.21	-
	49 commerciële functies overig	12	07	.58	-
dienstverle- ning	53 koks, kelners	-	32	-	-
	54 huishoudelijk personeel	-	40	-	+
	55 schoonmakers	55	56	1.02	+
	59 dienstverlenend personeel	-	-	-	-
	overig	43	22	.51	?
land- en tuin- bouw, visserij	60 agrariërs, vissers	-	49	-	+

* +: percentage boven gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand);

?: bestanden geven tegenstrijdig beeld of alleen 'monitor'-gegevens beschikbaar;

-: percentage gelijk aan of onder gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand).

Vervolg tabel 2.1

beroepstak	beroepsklasse		monitor- bestand (%)	WAO- bestand (%)	verhou- ding	risi- co*
ambacht, in- dustrie, trans- port	7/8/9	overige beroepen	-	53	-	+
	70	leiding productie	35	39	1.11	+
	74	chemische procesoperators	55	-	-	?
	75	spinners, wevers	79	-	-	?
	77	voeding en drank	85	-	-	?
	79	confectie arbeid	29	34	1.17	-
	83	smeden	82	55	.67	+
	84	machinebankwerkers	78	59	.76	+
	85	elektromonteurs	68	45	.66	+
	87	loodgieters	81	64	.79	+
	92	drukkers	55	-	-	?
	94	ambacht en industrie	70	-	-	?
	95	bouwvakkers	85	58	.68	+
	96	machinisten instrumentmakers	70	-	-	?
	97	laders en lossers	84	62	.74	+
	98	chauffeurs	80	42	.53	+
	99	arbeiders overig	61	39	.64	+
totaal			38	38	1.00	

- * +: percentage boven gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand);
?: bestanden geven tegenstrijdig beeld of alleen 'monitor'-gegevens beschikbaar;
-: percentage gelijk aan of onder gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand).

Tabel 2.2 Resultaten van vragen naar duwen/trekken, uitgesplitst naar **bedrijfstak en -klasse**, in het monitorbestand (7717 werknemers) en in het WAO-bestand (representatieve steekproef van 8520 arbeidsongeschikte werknemers): percentage respondenten die de vraag met 'ja' beantwoordden

bedrijfstak	bedrijfsklasse		monitor- bestand (%)	WAO- bestand (%)	verhou- ding	risi- co*
landbouw en visserij	01	landbouw en tuinbouw	-	49	-	+

- * +: percentage boven gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand);
?: bestanden geven tegenstrijdig beeld of alleen 'monitor'-gegevens beschikbaar;
-: percentage gelijk aan of onder gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand).

Vervolg tabel 2.2

bedrijfstak	bedrijfsklasse	monitor- bestand (%)	WAO- bestand (%)	verhou- ding	risi- co*
industrie	20/21 voeding/genotmiddelen	60	43	.72	+
	22 textiel	61	49	.80	+
	23 kleding	41	19	.46	?
	24 leder/schoenen	-	30	-	-
	25 hout/meubel	-	46	-	+
	26 papier/papierwaren	-	44	-	+
	27 grafisch	42	25	.60	?
	29 chemisch	45	33	.73	?
	31 rubber/kunststof	-	51	-	+
	32 bouwmaterialen/aardewerk/ glas	-	57	-	+
	33 basismetale	-	49	-	+
	34 metaalprodukten	53	48	.91	+
	35 machines	-	48	-	+
	36 elektrotechnisch	45	28	.62	?
	37 transportmiddelen	66	48	.73	+
bouw	51 bouw	-	54	-	+
	52 bouwinstallatiebedrijven	-	59	-	+
handel, hotel, restaurantwe- zen	61/62 groothandel	35	34	.97	-
	65/66 detailhandel	-	31	-	-
	67 hotels, restaurants, cafés	-	31	-	-
	68 reparatiebedrijven voor ge- bruiksgoederen	-	45	-	+
transport, op- slag en com- municatie	72 wegvervoer	-	41	-	+
	73 zeevaart	-	42	-	+
	76 hulpbedrijven vervoer	-	24	-	-
	77 communicatiebedrijven	-	29	-	-
bank/verze- kering, zake- lijke dienst- verlening	81 banken	10	11	1.1	-
	82 verzekeringen	10	08	.80	-
	83 exploitatie/handel in onroerend goed	18	18	1.0	-
	84 zakelijke dienstverlening	18	23	1.28	-

- * +: percentage boven gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand);
?: bestanden geven tegenstrijdig beeld of alleen 'monitor'-gegevens beschikbaar;
-: percentage gelijk aan of onder gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand).

Vervolg tabel 2.2

bedrijfstak	bedrijfsklasse		monitor- bestand (%)	WAO- bestand (%)	verhou- ding	risi- co*
overige dienstverle- ning	92	onderwijs	-	28	-	-
	93	gezondheids- en veterinaire diensten	-	35	-	-
	94	maatschappelijke dienstverle- ning	-	22	-	-
	98	overige bedrijven	56	45	.80	+
totaal			38	38	1.00	

* +: percentage boven gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand);

? : bestanden geven tegenstrijdig beeld of alleen 'monitor'-gegevens beschikbaar;

- : percentage gelijk aan of onder gemiddelde totale groep (gebaseerd op WAO-bestand).

Samengevat blijken een aantal beroeps- en bedrijfsklassen hoger dan gemiddeld te scoren (zie '+' onder 'risico' in tabel 2.1 en tabel 2.2). Hierbij moet worden aangetekend, dat de beschikbare bestanden niet alle beroeps- en bedrijfsklassen omvatten, zodat niet mag worden concludeerd dat niet-genoemde beroeps- of bedrijfsklassen geen hoog risico hebben. Uit het verhoudingsgetal tussen de beide bestanden kan worden afgeleid dat op klasse-niveau de hoogte van de percentages sterk wisselt.

Tabel 2.3 vat samen welke beroepsklassen hoger dan gemiddeld scoren. Diverse beroepsklassen in de dienstverlening, landbouw en visserij, alsmede ambacht, industrie en transport laten relatief hoge scores zien. Tabel 2.4 geeft eenzelfde overzicht voor de bedrijfsklassen die hoger dan gemiddeld scoren. Diverse bedrijfsklassen in de landbouw en visserij, de industrie, de bouw alsmede transport, opslag en communicatie blijken relatief hoge scores te hebben.

Tabel 2.3 Beroepsklassen uit tabel 2.1, die hoger dan gemiddeld scoren

beroepstak	beroepsklasse	
dienstverlening	54	huishoudelijk personeel
	55	schoonmakers
land- en tuinbouw, visserij	60	agrariërs, vissers
ambacht, industrie, transport	7/8/9	overige beroepen
	70	leiding produktie
	83	smeden
	84	machinebankwerkers
	85	elektromonteurs
	87	loodgieters
	95	bouwvakkers
	97	laders en lossers
	98	chauffeurs
	99	arbeiders overig

Tabel 2.4 Bedrijfsklassen uit tabel 2.2, die hoger dan gemiddeld scoren

beroepstak	beroepsklasse	
landbouw en visserij	01	landbouw en tuinbouw
industrie	20/21	voeding/genotmiddelen
	22	textiel
	25	hout/meubel
	26	papier/papierwaren
	31	rubber/kunststof
	32	bouwmaterialen/aardewerk/glas
	33	basismetale
	34	metaalprodukten
	35	machines
	37	transportmiddelen
bouw	51	bouw
	52	bouwinstallatiebedrijven
	68	reparatiebedrijven voor gebruiksgoederen
transport, opslag en communicatie	72	wegvervoer
	73	zeevaart
	98	overige bedrijven

2.3.2 Samenhang tussen vaak duwen/trekken en klachten van het bewegingsapparaat

Tabel 2.5 vermeldt de mate van vóórkomen van klachten van diverse lichaamsregio's gedurende de afgelopen 12 maanden in het verzamelbestand van de VBA. Hierbij is de groep gestratificeerd naar het vóórkomen van vaak tillen, duwen/trekken en dragen.

Tabel 2.5 Vóórkomen van klachten van het bewegingsapparaat bij werknemers (percentage van de respondenten), gestratificeerd naar vóórkomen van vaak tillen, duwen/trekken en dragen (verzamelbestand VBA): percentages werknemers die rapporteren de afgelopen 12 maanden klachten te hebben gehad van de betrokken lichaamsregio's

	groep								totaal
	1	2	3	4	5	6	7	8	
<i>aantal werknemers</i>	391	58	219	157	104	30	20	836	1815
<i>lichaamsregio</i>									
• nek	32	21	27	34	34	17	30	30	27
• hoge rug	17	13	14*	29	25	17	25	21	20
• lage rug	46*	62	68	64	59	47	40	64	52
• heupen	10	10	10	7	12	17	5	12	11
• knieën	13	11	24	19	15	23	20	26	19
• enkels/voeten	14	7	17	11	13	14	20	17	12
• schouders	23	28	23	31	23	14	25	24	20
• ellebogen	7*	3	5*	5*	0	7*	15*	8*	8
• polsen/handen	12	5	14	17	9	7	25	14	12

* Verschil met groep 5 (duwers/trekkers) is significant ($p < .05$).

Legenda:

groep 1 = vaak tillen-	vaak duwen/trekken-	vaak dragen-
groep 2 = vaak tillen+	vaak duwen/trekken-	vaak dragen-
groep 3 = vaak tillen+	vaak duwen/trekken+	vaak dragen-
groep 4 = vaak tillen+	vaak duwen/trekken-	vaak dragen+
groep 5 = vaak tillen-	vaak duwen/trekken+	vaak dragen-
groep 6 = vaak tillen-	vaak duwen/trekken-	vaak dragen+
groep 7 = vaak tillen-	vaak duwen/trekken+	vaak dragen+
groep 8 = vaak tillen+	vaak duwen/trekken+	vaak dragen+

Uit tabel 2.5 zijn een aantal conclusies te trekken ten aanzien van de samenhang tussen vaak duwen/trekken (groep 5) en klachten van het bewegingsapparaat:

- werknemers die werk hebben, dat vooral door vaak duwen/trekken wordt gekarakteriseerd (groep 5), hebben significant *meer* lage rugklachten dan de qua krachtuitoefening 'onbelaste' groep werknemers (groep 1);

- uit de aantallen werknemers per groep is af te leiden, dat vaak duwen/trekken vooral voorkomt in combinatie met vaak tillen (groep 3) en vaak tillen én dragen (groep 8); vaak tillen komt vaker voor dan vaak duwen/trekken (groep 2, 3, 4, 8 ten opzichte van groep 3, 5, 7, 8);
- werknemers die werk hebben, dat vooral door vaak duwen/trekken wordt gekarakteriseerd (groep 5), hebben niet meer of minder klachten van het bewegingsapparaat dan werknemers die werk hebben dat door vaak tillen, dragen of combinaties van vaak tillen, duwen/trekken en dragen gekarakteriseerd wordt (groepen 2, 3, 4, 6, 7 en 8); uitzondering vormen elleboogklachten, maar dit (op zich significante) verschil is vanwege de zeer lage prevalenties geen aandacht waard.

2.3.3 Samenhang tussen lage-rugklachten en belangrijke risicofactoren

Om een indruk te krijgen hoe sterk de samenhang van vaak duwen/trekken en lage-rugklachten (de belangrijkste klachtenregio in het lichaam) is in vergelijking met andere risicofactoren voor lage-rugklachten zijn in het verzamelbestand van de VBA odds-ratio's berekend voor belangrijke risicofactoren voor lage-rugklachten. In tabel 2.6 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 2.6 Univariate samenhang tussen lage-rugklachten en voornamelijk risicofactoren, waaronder vaak duwen/trekken, uitgedrukt in odds-ratio's (verzamelbestand VBA, n=2030)

risicofactor	odds-ratio	95% betrouwbaarheidsinterval
vaak duwen/trekken	1.65*	1.36-2.01
vaak tillen	1.94*	1.59-2.37
vaak dragen	1.39*	1.15-1.69
repeterende bewegingen	1.45*	1.14-1.84
(statische) werkhoudingen	2.09*	1.70-2.57
werkstress-factoren	2.83*	2.28-3.49

* $p < .05$

Uit tabel 2.6 is op te maken dat bijna alle risicofactoren een significante samenhang vertonen met lage-rugklachten. Werkstress-factoren lijken een relatief hoog risico te vormen, maar dit heeft mede te maken met het feit dat de aard van deze factor (gebaseerd op vragen naar klachten) verschilt van alle andere factoren (vragen naar blootstelling) en de betrokken odds-ratio daardoor minder vergelijkbaar is, terwijl daarnaast fysieke belasting in een aantal afzonderlijke factoren is uitgesplitst.

2.4 Discussie

2.4.1 Beantwoording van de eerste twee vragen

Bij gebrek aan databestanden die een representatief beeld van de Nederlandse beroepsbevolking geven en data bevatten over de mate waarin werknemers moeten duwen/trekken in hun dagelijks werk, moesten voor de beantwoording van de eerste twee vragen (zie § 2.1) minder geëigende databestanden geraadpleegd worden. Nog het meest geschikt en representatief voor de Nederlandse beroepsbevolking is het WAO-bestand. Dit bevat werknemers die, kort nadat zij een jaar verzuimd hadden, zijn gevraagd of zij vaak moesten duwen/trekken of knijpen in hun laatste werkkring. Ruim een derde van deze respondenten beantwoordde deze vraag bevestigend. De vraag die gesteld moet worden, is in hoeverre dit percentage indicatief kan zijn voor het vóórkomen van vaak duwen/trekken in de werkende Nederlandse bevolking. Een aantal kanttekeningen moeten op deze plaats dienaangaande gemaakt worden:

- de vraag zoals gesteld bevat geen andere omschrijving of definiëring van het begrip 'duwen/trekken', hetgeen betekent dat iedere werknemer zijn eigen inschatting kon maken van dit begrip. Onbekend is wat deze inschatting 'gemiddeld' inhoudt; in ieder geval zal deze inschatting ook staand en zittend duwen/trekken omvatten;
- het bestand bevat alleen werknemers die recht hadden op een WAO-uitkering bij arbeidsongeschiktheid: vooral overheids- en onderwijzend personeel alsmede zelfstandigen ontbreken dus; daarnaast ontbreken gegevens over kleinere bedrijfs- en beroepsklassen die in onvoldoende mate in de (op zich grote) steekproef vertegenwoordigd konden zijn;
- in het geanalyseerde bestand is de vraag naar duwen/trekken gecombineerd met een vraag naar het vóórkomen van knijpen; hierdoor zullen de verkregen cijfers een overschatting van het vóórkomen van duwen/trekken alleen inhouden, terwijl de vergelijking tussen beroepsklassen en bedrijfsklassen eveneens vertekend kan worden, doordat de geconstateerde verschillen niet alleen door verschillen in vóórkomen van duwen/trekken afkomstig zullen zijn; aangezien mag worden aangenomen dat duwen/trekken veel vaker voorkomt dan knijpen, is wel waarschijnlijk dat de verkregen verdeling over bedrijfs- en beroepstakken en -klassen toch vooral betrekking heeft op vaak duwen/trekken;
- de arbeidsongeschikte werknemers werkten allen reeds minstens een vol jaar niet meer en zouden dus mogelijk een minder accuraat beeld kunnen hebben van hun

blootstelling. Gezien de aard van de vraag, waarbij zeer kwalitatief naar het vóórkomen van vaak duwen/trekken is gevraagd, is het niet waarschijnlijk dat dit effect sterk gespeeld zal hebben;

- een substantieel deel van de arbeidsongeschikte werknemers is arbeidsongeschikt geworden ten gevolge van aandoeningen van het bewegingsapparaat. Er zijn indicaties (Hildebrandt & Douwes, 1991), dat respondenten met klachten blootstelling aan belasting overschatten, hetgeen ervoor pleit het gevonden percentage blootstelling als een bovengrens te beschouwen. Om dit nader te kunnen analyseren zijn de gegevens over blootstelling aan vaak duwen/trekken voor een drietal groepen binnen het verzamelbestand van de VBA vergeleken met beroepsklassen in het WAO-bestand, die qua benaming goed overeen lijken te komen: agrarische werknemers, kantoorpersoneel (secretaresses/typisten) en schoonmakers. Tabel 2.7 geeft de percentages per beroepsgroep voor beide bestanden.

Tabel 2.7 Zelf gerapporteerd vaak duwen/trekken in drie beroepsgroepen/-klassen (verzamelbestand VBA, WAO-bestand): percentage werknemers dat zegt vaak te moeten duwen/trekken in het werk

beroepsgroep/-klasse	WAO-bestand (%)	verzamelbestand VBA (%)
kantoorpersoneel	1-4*	11
agrarische werknemers	49	30
schoonmakers	56	50

* afhankelijk van de beroepsklasse.

Uit tabel 2.7 is op te maken, dat alleen bij de agrarische werknemers sprake is van een groot verschil tussen beide bestanden, dat mogelijk zou kunnen wijzen op een overschatting van de blootstelling in het WAO-bestand. Echter, de agrarische werknemers in het WAO-bestand die arbeidsongeschikt zijn geworden door aandoeningen van het bewegingsapparaat, blijken nauwelijks hogere blootstelling te rapporteren (50%). In het algemeen bleek dit wel het geval: 52% van de werknemers in het WAO-bestand, die arbeidsongeschikt zijn geworden door aandoeningen van het bewegingsapparaat, meldt vaak te moeten duwen/trekken (het gemiddelde van het WAO-bestand is 38%, zie tabel 2.1 en tabel 2.2). Door de verkregen percentages als een soort bovengrens te beschouwen kan dit effect in de conclusies verdisconteerd worden. Deze bovengrens kan echter ook weer genuanceerd worden, doordat de vraag reeds een flinke drempel bevat (er wordt gevraagd naar 'vaak'), waardoor de populatie die 'soms' wordt blootgesteld al gauw groter zal zijn.

Opgemerkt moet worden dat, met uitzondering van hetgeen hiervoor ten aanzien van knippen werd opgemerkt, de gepresenteerde resultaten ten aanzien van bedrijfs- en beroepsklassen met relatief hoge blootstelling aan vaak duwen/trekken minder kwetsbaar zijn voor genoemde vertekeningen, omdat het hier om relatieve vergelijkingen gaat van klassen ten opzichte van elkaar.

Het andere in de analyse betrokken bestand (monitor-bestand) kent grote nadelen: het is niet representatief en de vraag naar vaak duwen/trekken is gecombineerd met de vraag naar vaak tillen en dragen. Uit tabel 2.5 blijkt dat vaak tillen veel vaker voorkomt en daarnaast vaak duwen/trekken meestal in combinatie met vaak tillen voorkomt. De gepresenteerde percentages zijn dus sterk door tillen bepaald en hun waarde is hierdoor beperkt. In de uiteindelijke conclusies zijn de 'monitor-data' dan ook niet betrokken.

Resteert de vraag of door werknemers gerapporteerde blootstelling aan fysiek belastende houdingen en bewegingen (zoals duwen/trekken) ook overeenkomt met de werkelijke blootstelling. De afgelopen jaren zijn verschillende studies gepubliceerd, waaruit blijkt dat werknemers in het algemeen slecht in staat zijn dit soort blootstelling kwantitatief te schatten (Baty et al., 1986; Rossignol & Baetz, 1987; Burdorf & Laan, 1991; Winkel et al., 1991; Dallner et al., 1991; Karlqvist et al., 1991; Lammi, 1993; Jakobsson, 1993; Kumar, 1993; Van der Beek, 1994). Wel zijn er indicaties dat het mogelijk is op basis van een meer kwalitatieve schatting groepen werknemers in beperkte mate te differentiëren (Hildebrandt & Bongers, 1992), zoals dat bij vele andere blootstellingen het geval is. Dit betekent dat de validiteit van de genoemde absolute percentages twijfelachtig is, maar relatieve vergelijkingen zoals gemaakt bij de rangordening van bedrijfsklassen en beroepsklassen wel mogelijk zijn.

Al met al kan gesteld worden, dat op basis van de gepresenteerde gegevens geen harde uitspraken mogelijk zijn, maar dat het aannemelijk is dat ongeveer een derde van de Nederlandse werkende bevolking met enige regelmaat met duwen/trekken geconfronteerd wordt. Een aantal bedrijfsklassen en beroepsklassen blijken daarbij relatief hoog te scoren, hetgeen aparte aandacht verdient.

2.4.2 Beantwoording van de derde vraag

Werknemers die vaak moeten duwen/trekken in hun werk, lijken niet vaker klachten van het bewegingsapparaat te rapporteren dan werknemers die vaak moeten tillen of dragen. Wel hebben zij meer lage-rugklachten dan werknemers die noch vaak tillen, noch vaak duwen/trekken, noch vaak dragen. Ook absoluut gezien geeft het hoge percentage lage-rugklachten (59%) aanleiding de groep duwers/trekkers extra aandacht te geven met betrekking tot hun rugbelasting, mede gezien literatuur waarin verbanden zijn gesignaleerd tussen duwen/trekken en rugklachten, zowel in beroepsgroepen (Clemmer et al., 1991; Burdorf et al., 1986; Damkot et al., 1984) als in huisartspatiëntengroepen (Frymoyer et al., 1983). Bij hernia-patiënten kon echter geen relatie worden vastgesteld (Kelsey, 1975). In ongevalsstatistieken is duwen/trekken een belangrijke factor: Snook et al. (1978) melden dat 18% van de bedrijfsongevallen is toe te schrijven aan trek- dan wel duwbewegingen (beide 9%). Voor de Engelse bouwnijverheid melden Stubbs en Nicholson (1979) een percentage van 10. In Luxemburg meldt Metzler (1985) een percentage van 11.

2.5 Conclusies

Er bestaan geen voor de Nederlandse werkende bevolking representatieve gegevens over de omvang van duwen/trekken. Een schatting op basis van wel beschikbare gegevens indiceert dat ongeveer een derde van de Nederlandse werkende bevolking met enige regelmaat met duwen/trekken geconfronteerd wordt.

Beroepsklassen in de dienstverlening (huishoudelijke personeel, schoonmakers), de landbouw en visserij alsmede ambacht, industrie en transport (smeden, machinebankwerkers, elektromonteurs, loodgieters, bouwvakkers, laders en lossers, chauffeurs) laten relatief hoge scores zien.

Bedrijfsklassen in de landbouw en visserij, de industrie (voeding/genotmiddelen, textiel, hout/meubel, papier/papierwaren, rubber/kunststof, bouwmaterialen/aardewerk/glas, basismetaal, metaalprodukten, machines, transportmiddelen), de bouw (bouwnijverheid, bouwinstallatiebedrijven en reparatiebedrijven voor gebruiksgoederen) alsmede transport, opslag en communicatie (wegvervoer en zeevaart) blijken relatief hoge scores te hebben. Hierbij moet worden aangetekend, dat de beschikbare bestanden niet alle beroeps- en bedrijfsklassen omvatten, zodat niet mag worden geconcludeerd dat niet-genoemde beroeps- of bedrijfsklassen geen hoog risico hebben.

Werknemers die vaak moeten duwen/trekken in hun werk rapporteren met name veel lage-rugklachten, significant meer dan werknemers die noch vaak tillen, noch vaak duwen/trekken, noch vaak dragen.

3. GEZONDHEIDSKUNDIGE GRENSWAARDEN VOOR DUWEN/TREKKEN

3.1 Vraagstelling

In dit hoofdstuk komt de volgende vraag aan de orde:

- welke gezondheidskundige grenswaarden zijn geschikt voor duwen/trekken?

Bij de beantwoording wordt uitgegaan van de definitie van duwen/trekken, zoals geformuleerd in de inleiding van dit rapport, i.c. lopend duwen/trekken.

3.2 Risicofactoren

Ten aanzien van lopend duwen/trekken worden de volgende risicofactoren onderscheiden:

- een hoge krachtoefening via het aangrijpingspunt van de handen op een last (bepaald door de rol-/schuifweerstand van de last);
- een grote verplaatsingsafstand van een last;
- een hoge frequentie van duwen/trekken;
- een lage wrijvingsweerstand van de voeten (schoeisel) met de ondergrond;
- een hoge loopsnelheid;
- een ongunstige lokatie van het aangrijpingspunt van de handen (te hoog of te laag, niet recht voor het lichaam);
- een ongunstige (dat wil zeggen niet vrij te kiezen) en/of belastende lichaamshouding;
- een asymmetrische krachtoefening (eenhandig, koerswijzigingen); en
- slecht zicht op de ondergrond, obstakels en verdere omgeving.

De bovenstaande risicofactoren worden, afhankelijk van de grootte van het effect zoals vermeld in de literatuur, opgenomen in de gezondheidskundige grenswaarden. Algemene risicofactoren als klimaat, trillingen, werkdruk, enzovoort komen niet expliciet aan de orde.

3.3 Literatuurgegevens

3.3.1 Mital et al. (1993)

In het eerder genoemde voorbereidingsdocument voor het P-blad Fysieke belasting is ervoor gekozen de gegevens uit het boek 'A guide to manual materials handling' van Mital et al. (1993) als basis voor de grenswaarden te laten fungeren. Mital en collega's onderscheiden twee basishandelingen:

- het *in gang zetten* van de last, zoals het losduwen/-trekken van de last, waaronder ook het versnellen of vertragen wordt verstaan (N.B. bij vertragen wordt duwen (qua houding, belasting en contact met de ondergrond) in feite trekken, en omgekeerd); en
- het *in gang houden* van de last, nodig om de weerstand die de last ondervindt als deze eenmaal in beweging is, te overwinnen.

Voor beide basishandelingen worden maximale krachten aanbevolen, gedifferentieerd naar:

- duwen en trekken;
- de verplaatsingsafstand van de last;
- de frequentie van duwen/trekken;
- de hoogte van het aangrijpingspunt van de handen; en
- het percentiel van een mannenpopulatie en het percentiel van een vrouwenpopulatie dat de kracht kan leveren, afgemeten aan de gehanteerde criteria (zie onder).

De aanbevolen maximale krachten zijn gebaseerd op experimentele gegevens aan de hand van twee criteria:

- de maximaal toelaatbare fysieke belasting, zoals door de werknemers ondervonden (psychofysisch criterium; gegevens afkomstig van Snook & Ciriello, 1991);
- de maximaal toelaatbare belasting van hart en longen (inspanningsfysiologisch criterium).

Mital en collega's hebben geen rekening gehouden met twee andere belangrijke criteria (zie bijvoorbeeld hoofdstuk 2), te weten:

- de belasting van de lage rug (biomechanisch criterium gericht op inwendige belasting);
- het risico op uitglijden (biomechanisch criterium gericht op veiligheid).

Deze criteria zullen in het vervolg aan de orde komen.

3.3.2 Risico op overbelasting van de lage rug

De onderzoeksgroep van Chaffin heeft onderzoek uitgevoerd (zie Chaffin & Andersson, 1991; Lee, 1982; Lee et al., 1991), waarmee invulling kan worden gegeven aan het eerstgenoemde biomechanische criterium. Het blijkt dat bij duwen door de bank genomen een minder grote belasting op de lage rug ontstaat dan bij trekken, voor eenzelfde kracht bij het aangrijpingspunt van de handen op de last. Derhalve zijn bij duwen hogere krachten mogelijk dan bij trekken om eenzelfde compressiekracht op de lage rug te veroorzaken. Dit betekent dat duwen de voorkeur verdient boven trekken.

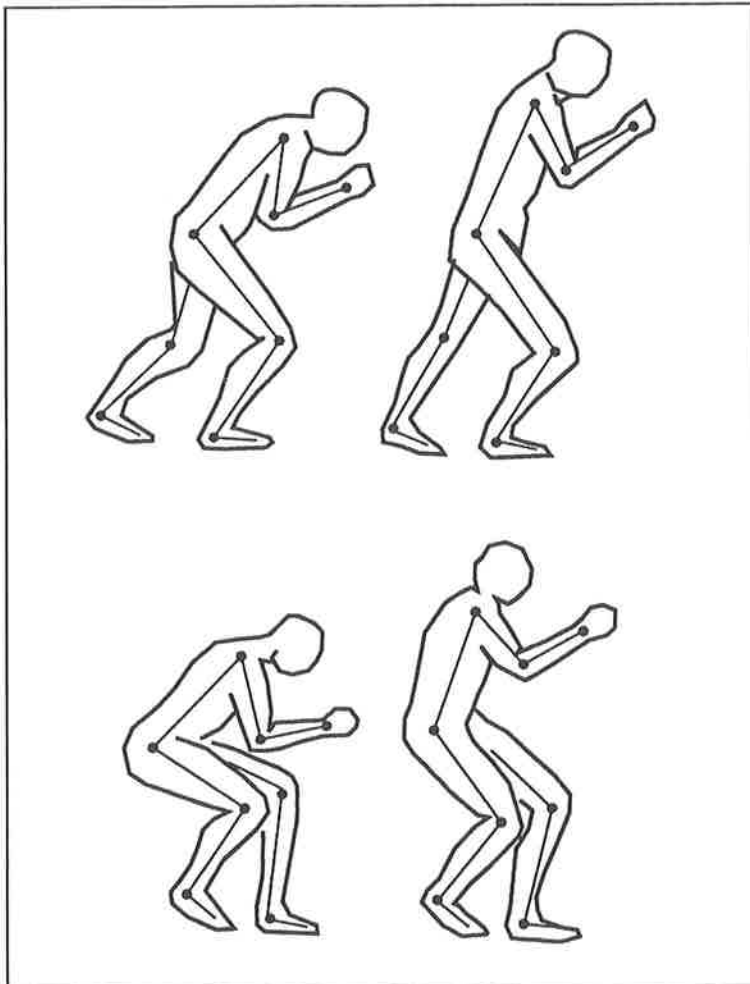
3.3.3 Mital et al. (1993), aangepast en vereenvoudigd

De tabellen van Mital en collega's zijn, uitgaande van ideale duw-/trekomstandigheden (zie § 3.3.5 'Overige risico's'), aangepast en ten behoeve van het gebruik in de praktijk vereenvoudigd tot (basis)tabel 3.1. Bij de aanpassing/vereenvoudiging zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- alle waarden dienen te leiden tot een compressiekracht op de lage rug die niet hoger is dan 3400 N (deze waarde wordt algemeen aanvaard als grenswaarde; zie bijvoorbeeld Waters et al., 1993); op grond van de gegevens van Lee (1982) is vastgesteld, dat deze grenswaarde bij trekken wordt overschreden bij krachtoefening met de handen groter dan 20 kg;
- de keuze van één waarde voor het overgrote deel van de werkende bevolking (in deze geoperationaliseerd als niet leidend tot een verhoogd gezondheidsrisico voor meer dan 75% van de vrouwenpopulatie én meer dan 90% van de mannenpopulatie, zoals algemeen gebruikelijk bij het formuleren van gezondheidskundige grenswaarden; zie het voorbereidingsdocument voor het Publikatieblad Fysieke belasting, Delleman, 1994);
- een afronding op even waarden, om de suggestie van te grote nauwkeurigheid te vermijden;
- de keuze van één waarde voor zowel duwen als trekken, als de afzonderlijke waarden geen beduidend verschil vertonen (2 à 3 kg);
- de keuze van één waarde voor het aanbevolen hoogte-bereik van het aangrijpingspunt van de handen op de last (100-130 cm; zie § 3.3.5), uitgaande van de twee dichtstbij gelegen hoogten;
- een overeenkomst van de waarden voor de kleinste verplaatsingsafstand en de laagste frequentie (zie rechts boven in de tabel) met de waarden genoemd in het voorbereidings-

document voor het Publikatieblad Fysieke belasting (Delleman, 1994), bedoeld voor het traceren van arbeidssituaties die ten alle tijde leiden tot fysieke overbelasting, onafhankelijk van andere factoren;

- de verplaatsingsafstanden/frequenties weglaten, waarvoor geen volledige gegevens beschikbaar zijn of welke geen directe toegevoegde waarde hebben; dat wil zeggen, in het laatste geval, welke dezelfde waarden opleveren als voor een naburige verplaatsingsafstand-/frequentiecel in de tabel.



Figuur 3.1 Karakteristieke houdingen bij duwen (boven) en trekken (onder)

In tabel 3.1. zijn twee belangrijke risicofactoren opgenomen, namelijk de frequentie van duwen/trekken en de verplaatsingsafstand van de last. De waarden in tabel 3.1 gelden voor een lopend individu, die een last recht voor zich uit duwt of achter zich aan trekt met twee handen aan de last, zonder torsie van de romp, met symmetrische krachtoefening (zie figuur 3.1). De romphouding is voorover leunend of achterover hangend (de mate afhankelijk van de duw- of trekkracht), waarbij zo veel mogelijk gebruik gemaakt wordt van de inzet van het lichaamsgewicht en inzet van kleinere spiergroepen wordt vermeden. Bij langdurige of frequent uitgevoerd duwen/trekken dient er voldoende tijd voor herstel te zijn.

Tabel 3.1 Gezondheidskundige grenswaarden voor duw-/trekkrachten (kg) voor het in gang zetten (waarde vóór het liggende streepje) en in gang houden (waarde achter het liggende streepje), afhankelijk van de frequentie van duwen/trekken (F) en de verplaatsingsafstand van de last (A). D = duwen; T = trekken; in de overige gevallen gelden de waarden voor zowel duwen als trekken. Grenswaarden voor tussenliggende combinaties van frequentie en verplaatsingsafstand kunnen door interpolatie worden verkregen. Voor diverse combinaties van hogere frequenties en hogere verplaatsingsafstanden zijn geen grenswaarden beschikbaar, aangezien deze combinaties hetzij in fysiek opzicht in het geheel niet mogelijk zijn hetzij niet of nauwelijks voorkomen

verplaatsingsafstand	frequentie				
	F=10/min.	F=5/min.	F=1/min.	F=12/uur (0.2/min.)	F=1/8 uur
A=2 m	16-8	18-10	20-14	D: 24-16 T: 20-16	D: 30-20 T: 20-20
A=8 m		14- 6	20-10	20-14	D: 26-18 T: 20-18
A=15 m			18- 8	20-12	20-14
A=30 m			16- 6	18-10	20-12
A=60 m				16- 6	20-10

3.3.4 Risico op uitglijden

Een risicofactor bij het uitoefenen van duw- en trekkrachten is de wrijvingskracht in het contactvlak voet-ondergrond, ofwel de horizontale reactiekracht die nodig is om de afzetkracht van de voeten in evenwicht te houden. Is de wrijvingskracht onvoldoende voor de vereiste

afzetkracht om de last voort te bewegen, dan glijdt iemand uit met kans op het ontstaan van letsel. De benodigde wrijvingskracht is echter afhankelijk van een aantal factoren:

- de normaalkracht, ofwel de kracht waarmee de voeten loodrecht op de grond drukken. Deze wordt bepaald door het lichaamsgewicht, de positionering van het lichaamsgewicht boven de beide voeten ofwel lichaamshouding (stand romp, benen en voeten; mede bepaald door de hoogte van het aangrijpingspunt van de handen op de last), de krachtrichting (bijvoorbeeld schuin omhoog of omlaag), en optredende versnellingen tijdens het bewegen. Een hogere normaalkracht is voor de veiligheid gunstiger, mits dit niet tot gevolg heeft dat ook de afzetkracht toeneemt;
- de dynamische wrijvingscoëfficiënt, welke de wrijvingskracht als proportie van de normaalkracht weergeeft. Deze coëfficiënt is afhankelijk van de kwaliteit van het contact voet-ondergrond en wordt bepaald op de meest kritieke momenten tijdens een loopbeweging, namelijk als de hiel de grond raakt of als de afzet plaatsvindt met de voorvoet. De coëfficiënt wordt beïnvloed door de combinatie van materialen van de schoenzool en de ondergrond (beton, zand, klei, etc.), de aard van de ondergrond (hellend of vlak), de conditie van de ondergrond (nat, besneeuwd, vuil, gepolijst, versleten, etc.), de snelheid van bewegen en de wijze van voetverplaatsing.

In de praktijk zou men het liefst simpele richtlijnen willen hebben voor de keuze van schoenzool en ondergrond en voor onderhoud van de ondergrond, afhankelijk van de voorkomende duw-/treksituaties. Het wrijvingsvraagstuk is echter complex en het opstellen van richtlijnen is internationaal nog in ontwikkeling (George, 1993; persoonlijke communicatie Van der Grinten met TNO Centrum voor Leder en Schoenen te Waalwijk, 1994). Derhalve zal met name voor de bepaling van de grootte van de dynamische wrijvingscoëfficiënt bij een bepaalde combinatie van schoeisel, ondergrond en onderhoudstoestand nu nog een deskundige moeten worden geraadpleegd. Dienaangaande vormt het onderzoek van Grönqvist et al. (1992) in de voedingsindustrie een uitstekend voorbeeld van de evaluatie van diverse combinaties van schoeisel, ondergrond en onderhoudstoestand.

Om een zekere duw-/trekkracht te kunnen leveren is een minimale wrijvingscoëfficiënt noodzakelijk. Hoe hoger deze coëfficiënt, des te kritischer de keuze van schoeisel en ondergrond moet zijn. Uit dynamische proeven van Lee (1982) zijn minimaal vereiste dynamische wrijvingscoëfficiënten afgeleid (tabel 3.2). Opgemerkt wordt dat de coëfficiënten gelden voor de houdingen zoals getoond in figuur 3.1. Bij de afleiding van een coëfficiënt voor een bepaalde duw-/trekkracht is de hoogste (veiligste) waarde (afgerond op 1 decimaal) genomen uit:

- de coëfficiënten voor duwen en trekken, op grond van de aanname dat in de meeste arbeidssituaties beide kunnen voorkomen;
- de coëfficiënten voor de hoogten van het aangrijpingspunt van de handen op de last in het aanbevolen bereik van 100 tot 130 cm (zie § 3.3.5);
- de coëfficiënten voor de lichtste personen uit de populatie, aangezien voor hen het uitglijrisico het grootst is.

Vermeldenswaard is dat de dynamische wrijvingscoëfficiënt bij normaal lopen (zonder duwen/trekken) minimaal 0.2 dient te zijn om het risico op uitglijden klein te houden (Grönqvist et al., 1992).

Tabel 3.2 Minimaal vereiste dynamische wrijvingscoëfficiënt voor het contact voet-ondergrond bij verschillende duw-/trekkrachten

duw-/trekkracht (kg)	minimaal vereiste dynamische wrijvingscoëfficiënt
30	1.0
25	0.8
20	0.6
15	0.5
10	0.4
5	0.3

3.3.5 Overige risico's

Loopsnelheid

De tabellen 3.1 en 3.2 hebben betrekking op een gemiddelde, rustige loopsnelheid (1.8 km/uur; Lee, 1982). De resultaten van Lee laten zien, dat de kans op uitglijden en overbelasting van de lage rug toeneemt bij een hogere snelheid. Bij duwen met een hoge loopsnelheid (3.6 km/uur), bijvoorbeeld, verdubbelt de vereiste minimale dynamische wrijvingscoëfficiënt voor het contact voet-ondergrond. Dat betekent in de praktijk meestal dat de maximaal uit te oefenen kracht lager wordt.

Hoogte aangrijpingspunt voor de handen

Het aangrijpingspunt voor de handen op de last dient zich bij voorkeur te bevinden tussen 100 en 130 cm vanaf de ondergrond (indicatieve berekening op basis van Lee, 1982, met gebruikmaking van gegevens van Chaffin & Andersson, 1991). Grotere hoogten worden afgeraden, omdat dan het lichaamsgewicht minder in te zetten is, de belasting te veel neerkomt op de kleinere spiergroepen van de bovenste extremiteiten en de schoudergordel, en met name

bij trekken de risico's op overbelasting van de lage rug en uitglijden toenemen. Hoogten van het aangrijpingspunt van de handen onder de 100 cm worden niet a priori afgeraden. De risico's op overbelasting van de rug kunnen dan wel groter zijn of er bestaat een grotere kans op uitglijden bij bepaalde houdingen. Tabel 3.3 geeft voor hoogten tussen 70 en 100 cm de maximaal toelaatbare duw-/trekkrachten, bepaald op basis van gegevens van Lee (1982), uitgaande van een maximale compressiekracht op de lage rug van 3400 N.

Tabel 3.3 Gezondheidskundige grenswaarden voor duw-/trekkrachten (kg) bij hoogten tussen 70 en 100 cm bij drie bereiken van dynamische wrijvingscoëfficiënten. D = duwen; T = trekken

	dynamische wrijvingscoëfficiënt		
	0.3-0.4	0.5-0.6	0.7-1.0
D	10	15	20
T	10	10	10

Aanbevolen wordt te voorzien in twee lange verticaal geplaatste handgrepen op het transportmiddel (zie Dul & Weerdmeester, 1991), bij voorkeur aansluitend bij het bovenbeschreven aanbevolen hoogte-bereik voor het aangrijppunt voor de handen. Daarenboven worden met name voor trekken horizontaal geplaatste handgrepen op een hoogte van 130 cm aanbevolen.

Fysieke belemmeringen

Er dienen geen ruimtelijke beperkingen te zijn rondom de te duwen of te trekken last, die een vrije positionering van armen, benen en voeten belemmeren. Dat betekent dat er geen obstakels in de buurt moeten zijn bij duwen en voldoende ruimte onder de last bij trekken. Er zijn geen beperkingen, indien bij voorwaarts duwen een vrije ruimte tot het aangrijpingspunt van de handen van minimaal 175 cm aanwezig is, en bij achterwaarts trekken, als de voorste voet onder het aangrijpingspunt van de handen kan worden geplaatst zonder dat de last het been raakt (berekening uitgaande van de gegevens verstrekt in Chaffin & Andersson, 1991). De genoemde 175 cm is vooral nodig bij de uitoefening van grote krachten, omdat men dan schuin naar achteren gaat staan. Bij kleinere krachten gaat men meer rechtop staan en is dus minder ruimte nodig.

De last mag niet zo breed of hoog zijn dat deze het zicht van een duwende werknemer op het looptraject belemmert. Trekken van een last betekent meestal slecht zicht op het looptraject, omdat achteruit wordt bewogen. In het algemeen kan worden gesteld dat duwen in deze de voorkeur verdient.

Koerswijzigingen

Alle wijzigingen en correcties van de looprichting zorgen voor een asymmetrische en verhoogde belasting van de schouders/schoudergordel en de lage rug. In verband met het ontbreken van concrete literatuurgegevens is dit algemene gegeven niet verwerkt in de gezondheidskundige grenswaarden zoals in het voorgaande gepresenteerd. Dit betekent dat deze grenswaarden moeten worden gehanteerd als absolute maxima. Indien koerswijzigingen en -correcties veelvuldig voorkomen, wordt aanbevolen de grenswaarden te verlagen. Aanbevolen wordt op het transportmiddel aan de zijde van de trekker/duwer zwenkwielen aan te brengen, en aan de andere zijde vaste.

3.3.6 Specifieke vormen van trekken

Eenhandig

Gebruik van één hand heeft meestal betrekking op het trekken van een last. Eenhandig trekken leidt tot een asymmetrische en verhoogde belasting van de lage rug en belasting van de schoudergordel en de betrokken extremiteit. Mital et al. (1993) bevelen aan als grenswaarde voor krachtoefening 10 kg en 7 kg voor incidenteel respectievelijk frequent (niet nader aangeduid) trekken.

Vooruitlopend

Veel transportmiddelen hebben een scharnierende trekstang met handgrepen. Deze kunnen worden voortbewogen door recht vooruit te lopen, met beide handen achter de rug op de handgrepen. Deze situatie is qua houding, belasting en contact met de ondergrond beter te vergelijken met duwen dan met trekken. Hierover zijn geen grenswaarden in de literatuur aanwezig. Wel kan worden aangenomen, dat er een licht verhoogd risico op gezondheidsschade bestaat, omdat de handen niet naar voren zijn uitgestoken om een eventuele val op te vangen en omdat de bovenarmen in retroflexie zijn, hetgeen belastend is voor de schouders en schoudergordel. Een voordeel van de methode is, dat er beter zicht is op het looptraject dan bij andere vormen van duwen/trekken. Voor het vooruitlopend trekken van een slang, waarbij deze bijvoorbeeld op de heup of schouder wordt afgesteund, geldt het bovenstaande in min of meer gelijke mate.

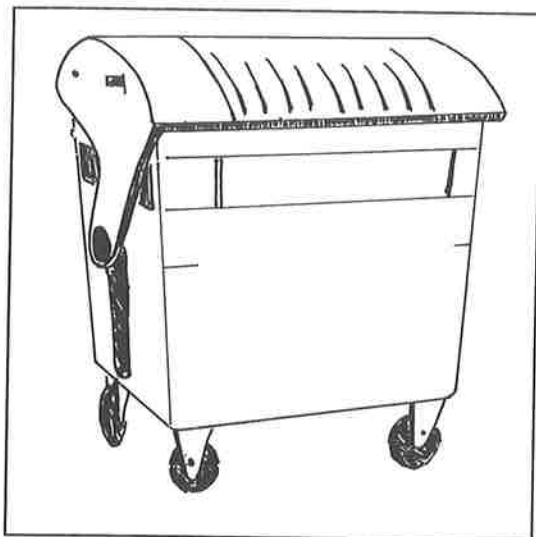
3.4 Risico-inventarisatie en -evaluatie

Het Besluit Fysieke belasting en het Publikatieblad Arbo- en verzuimbeleid verplichten een werkgever tot het uitvoeren van een gedetailleerde inventarisatie en evaluatie van risico's voor werknemers (RI&E) op het gebied van fysieke belasting. Worden bij een RI&E risico's geconstateerd, dan zijn maatregelen verplicht. Het gehele proces van het vaststellen van risico's, gevolgd door de keuze, invoering en evaluatie van maatregelen, dat zich waar nodig (aangepast) herhaalt, is te vatten met de term 'risicomanagement'. Dienaangaande beschrijven Hildebrandt en Vink (1994) voor het gebied van fysieke belasting een aanpak en concrete methoden. Gezondheidskundige grenswaarden, zoals voor duwen/trekken, spelen in de aanpak een (belangrijke) rol bij de evaluatie van risico's.

Een gedetailleerde RI&E op het gebied van fysieke belasting kan arbeidsintensief zijn. In de praktijk zou een RI&E dan in twee ronden kunnen worden uitgevoerd, waarbij in de eerste ronde, met beperkte tijdsbesteding, de grootste risico's worden getraceerd. Voor duwen/trekken zou dat kunnen inhouden het meten van de benodigde krachtoefening bij het in gang zetten en houden van lasten, zonder andere risicofactoren in ogenschouw te nemen. Is de kracht boven de 20 kg (30 kg in het geval van duwend in gang zetten), dan is er altijd sprake van een verhoogd risico op gezondheidsschade (zie tabel 3.1). Trekkrachten kunnen worden gemeten met een eenvoudige veerunster (duwkrachten worden gemeten door de veerunster 180° te draaien en aan de tegenoverliggende zijde van de last te bevestigen). In een tweede ronde van een RI&E worden ook andere risicofactoren betrokken (frequentie, verplaatsingsafstand, wrijvingscoëfficiënt, enz.). Voor de volledigheid wordt opgemerkt, dat dit ook de risicofactoren uit § 3.3.5 ('Overige risico's') betreft.

3.5 Cases

Tot slot van dit hoofdstuk worden een viertal praktijksituaties getoetst aan de geformuleerde grenswaarden. De toetsing is beperkt tot het gebruik van (basis)tabel 3.1, aangezien geen gegevens beschikbaar zijn over andere risicofactoren, bijvoorbeeld over het contact voet-ondergrond (wrijvingscoëfficiënten). Opgegeven frequenties in het onderstaande zijn per individu.

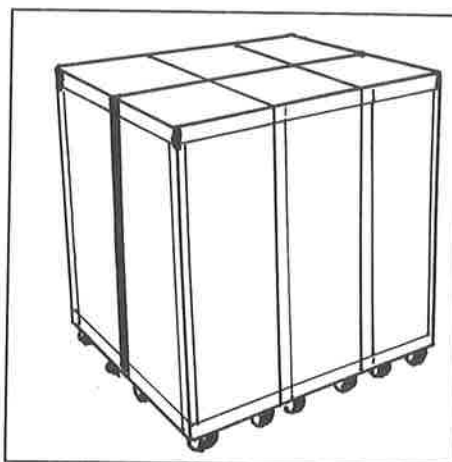


Huisvuil-wijkcontainer

- Verplaatsingsafstand (A): 5 à 10 m (enkele afstand).
- Frequentie (F): 1/min (50% beladen, 50% leeg) over een hele werkdag.
- Kracht (in gang zetten): 30 kg (bij gemiddelde belading).
- Grenswaarde volgens basistabel: 20 kg.
- Conclusie: er is sprake van overschrijding van de grenswaarde.

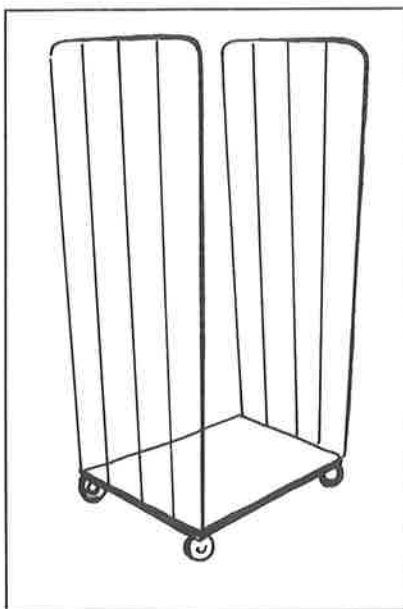
Vliegtuig-trolley

- Verplaatsingsafstand (A): 20 à 40 m (in de bedrijfshal; niet in het vliegtuig).
- Frequentie (F): 0.5/min.
- Kracht (in gang zetten respectievelijk houden): afhankelijk van de belading 2 à 6 kg respectievelijk 1 à 4 kg (trolleys worden regelmatig per 2, 4, 6 of 8 tegelijk verplaatst).
- Grenswaarden volgens basistabel: 17 kg respectievelijk 8 kg.
- Conclusie: de grenswaarde voor in gang houden wordt bereikt, indien bij zware belading 2 of meer trolleys tegelijk worden verplaatst; bij een gemiddelde belading wordt deze grenswaarde bereikt of overschreden bij 4 trolleys tegelijk.



Pantry-boxtransportkar

- Verplaatsingsafstand (A): 5 à 10 m (in de bedrijfshal).
- Frequentie (F): 1/min.
- Kracht (in gang zetten resp. houden): 6 kg respectievelijk 4 kg.
- Grenswaarden volgens basistabel: 20 kg respectievelijk 10 kg.
- Conclusie: er is geen sprake van overschrijding van grenswaarden.



Rolcontainer (aanvoer van winkelwaren)

- Verplaatsingsafstand (A): 20 à 30 m.
- Frequentie (F): 0.5/min gedurende ½ uur.
- Kracht (in gang zetten respectievelijk houden): 16 à 18 kg respectievelijk 6 à 8 kg (bij zwaardere lasten wordt een elektrische palletwagen gebruikt).
- Grenswaarden volgens basistabel: 17 kg respectievelijk 8 kg.
- Conclusie: grenswaarden worden bereikt, maar niet overschreden.

Voor het verwerven de bovenstaande gegevens is dank verschuldigd aan I.P.P. den Dekker (LBP-Arbo bv), D. Ravenstijn en O. de Jong (Albert Heijn bv), M.H.W. Frings-Dresen (Studiecentrum Arbeid & Gezondheid, Universiteit van Amsterdam) en J.-K. Holst (KLM Catering Services).

LITERATUUR

BATY D, BUCKLE PW, STUBBS DA. Posture recording by direct observation, questionnaire assessment and instrumentation: a comparison based on a recent field study. In: Corlett N, Wilson J, Manenica I, eds. The ergonomics of working postures. London: Taylor & Francis, 1986:283-92.

BEEK AJ van der. Assessment of workload in lorry drivers. Amsterdam: Universiteit van Amsterdam, Studiecentrum Arbeid en Gezondheid, 1994. Thesis.

BURDORF A, LAAN J. Comparison of three methods for the assessment of postural load on the back. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health 1991;17:425-9.

BURDORF L, MUSSON Y, DRIMMELEN D van. Trillingsbelasting en gezondheid in industriële populaties. Deel I: handarmtrillingen. Tijdschrift voor Sociale Gezondheidszorg 1986;64:512-9.

CHAFFIN DB, ANDERSSON GBJ. Occupational biomechanics. 2nd ed. New York, etc.: John Wiley & Sons, 1991.

CLEMMER DI, MOHR DL, MERCER DJ. Low back injuries in a heavy industry I: worker and workplace factors. Spine 1991;16:824-30.

DALLNER M, GAMBERALE F, WINKEL J. Validation of a questionnaire for estimation of physical load in relation to a workplace diary In: Quéinnec Y, Daniellou F, eds. Designing for everyone. Proceedings of the 11th Congress of the International Ergonomics Association, Paris, 15-20 July 1991. London (etc.): Taylor & Francis, 1991:233-5.

DAMKOT DK, POPE MH, LORD J, et al. The relationship between work history, work environment and low back pain in men. Spine 1984;9:393-9.

DEKKER IPP den. Lichamelijk zware arbeid in de Nederlandse industrie. Voorburg: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid/Arbeidsinspectie, 1988. S45.

DELLEMAN NJ. Voorbereidingsdocument voor het Publikatieblad Fysieke belasting. Leiden: TNO-PG, 1994. Publ.nr. 94.035. VERTROUWELIJK.

DUL J, WEERDMEESTER BA. Vademecum ergonomie: praktische inleiding in de ergonomie. 9e geh. herz. dr. Deventer: Kluwer Bedrijfswetenschappen in samenwerking met de Nederlandse Vereniging voor Ergonomie, 1991.

FRYMOYER JW, POPE MH, CLEMENTS JH, et al. Risk factors in low back pain; an epidemiological survey. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1983;65A:213-8.

GEORGE M. Avoiding slip-ups. *SATRA Bulletin* 1993,okt:130-1.

GRÖNQVIST R, HIRVONEN M, SKYTTÄ E. Countermeasures against floor slipperiness in the food industry. In: Kumar S, ed. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV*. London (etc.): Taylor & Francis, 1992:989-96.

GRÜNDEMANN RWM, NIJBOER ID, SCHELLART AJM. Arbeidsgebondenheid van WAO-intrede. Deelrapport I: resultaten van de enquête onder WAO-ers. Leiden: NIPG-TNO, 1991. Publ.nr. 91.064.

HILDEBRANDT VH, BONGERS PM. Validity of self reported musculoskeletal workload. In: *Book of abstracts 8th International Symposium Epidemiology in Occupational Health*, Paris, 10-12 September 1991:47.

HILDEBRANDT VH, VINK P. Beschikbare methoden en normen: RI&E op gebied van fysieke belasting vereist grote aandacht. *Arbeidsomstandigheden* 1994;70:401-5.

HILDEBRANDT VH, DOUWES M. Lichamelijke belasting en arbeid: vragenlijst bewegings-apparaat: de validiteit van gerapporteerde romphouding en rugklachten bij vergelijking van beroepsgroepen (122-3). Voorburg: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid/Arbeidsinspectie, 1991. S 122-3.

HOUTMAN ILD, HILDEBRANDT VH, DHONDT S. Monitoring stress en lichamelijke belasting; constructie en eerste test van een instrumentarium. Leiden: NIPG-TNO, 1993. Publ.nr. 93.075.

JAKOBSSON M. Assessment of the workplace by workers and observer: a comparison. In: Nielsen R, Jorgensen K, eds. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety V*. London (etc.): Taylor & Francis, 1993:149-53.

KARLQVIST L, WITORIN C, WINKEL J. Validity of questions estimating manual materials handling, working postures and movements In: Quéinnec Y, Daniellou F, eds. *Designing for everyone*. Proceedings of the 11th Congress of the International Ergonomics Association, Paris, 15-20 July 1991. London (etc.): Taylor & Francis, 1991:251-3.

KELSEY JL. An epidemiological study of the relationship between occupations and acute herniated lumbar intervertebral disc. *American Journal of Epidemiology* 1975;4:197-205.

KUMAR S. The accuracy of trunk posture perception among young male subjects In: Nielsen R, Jorgensen K, eds. *Advances in Industrial Ergonomics and Safety V*. London (etc.): Taylor & Francis, 1993:225-9.

LAMMI S, VIIKARI-JUNTURA E, KUOSMA E, et al. Validation of a questionnaire for estimation of self reported physical load against observation analysis. Proceedings of the 24th Congress on Occupational Health, Nice, 1993:151.

LEE KS. Biomechanical modelling of cart pushing and pulling. Ann Arbor: University of Michigan, Center for Ergonomics, 1982.

LEE KS, CHAFFIN DB, HERRIN GD, et al. Effect of handle height on lower-back loading in cart pushing and pulling. *Applied Ergonomics* 1991:117-23.

MARKSLAG A, STASSEN A, LOOZE M de, et al. Biomechanische en energetische belasting van huisvuilbeladers. Amsterdam: Studiecentrum Arbeid & Gezondheid, 1993. Rapport A&G 9308.

METZLER F. Epidemiology and statistics in Luxembourg. *Ergonomics* 1985;28:21-4.

MITAL A, NICHOLSON AS, AYOUB MM. A guide to manual materials handling. London (etc.): Taylor & Francis, 1993.

ROSSIGNOL M, BAETZ J. Task-related risk factors for spinal injury: validation of a self-administered questionnaire on hospital employees. *Ergonomics* 1987;30:1531-40.

SNOOK SH, CAMPANELLI RA, HART JW. A study of three preventive approaches to low back injury. *Journal of Occupational Medicine* 1978;20:478-81.

SNOOK SH, CIRIELLO VM. The design of manual handling tasks: revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics* 1991;34:1197-213.

STUBBS DA, NICHOLSON AS. Manual handling and back injuries in the construction industry; an investigation. *Journal of Occupational Accidents* 1979;2:179-90.

WINKEL J, et al. Evaluation of a questionnaire for the estimation of physical load in epidemiologic studies: study design. In: Quéinnec Y, Daniellou F, eds. *Designing for everyone. Proceedings of the 11th Congress of the International Ergonomics Association, Paris, 15-20 July 1991*. London (etc.): Taylor & Francis, 1991:227-9.

WATERS TR, PUTZ-ANDERSON V, GARG A, et al. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 1993;36:749-76.