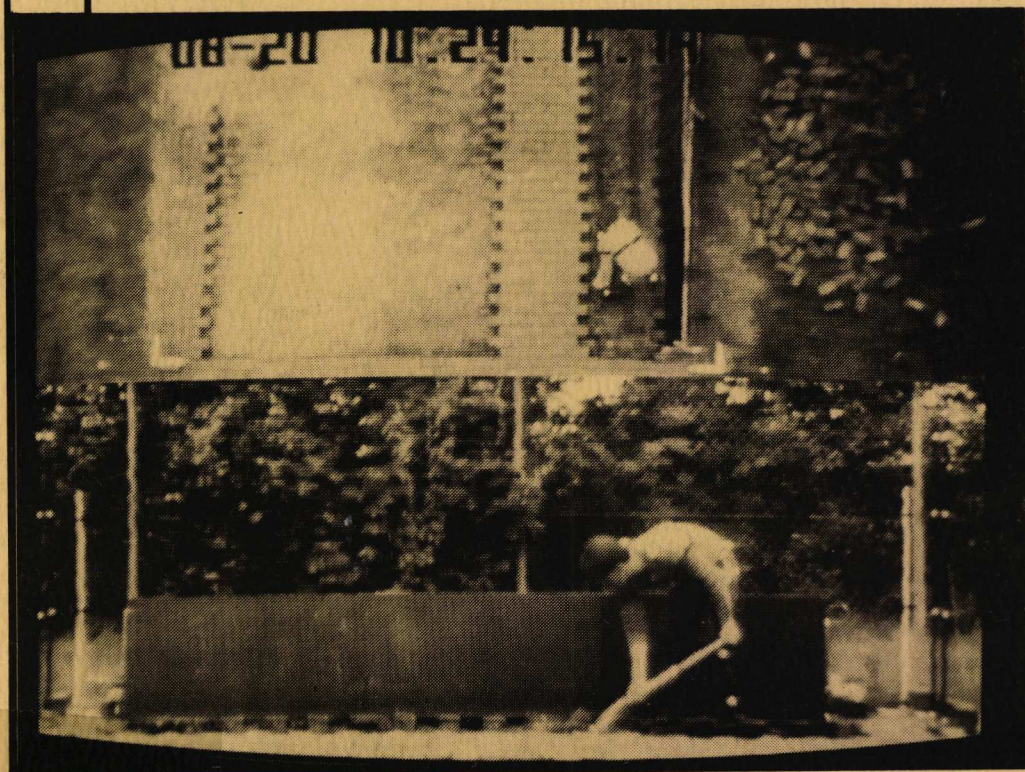


ONDERZOEK SCHEPKEUZE

Onderzoek gericht op aanbevelingen voor de keuze van
scheppgereedschap bestemd voor het graven van sleuven
en putten bij aanleg en onderhoud van drinkwaterleidingen

M.P.van der Grinten

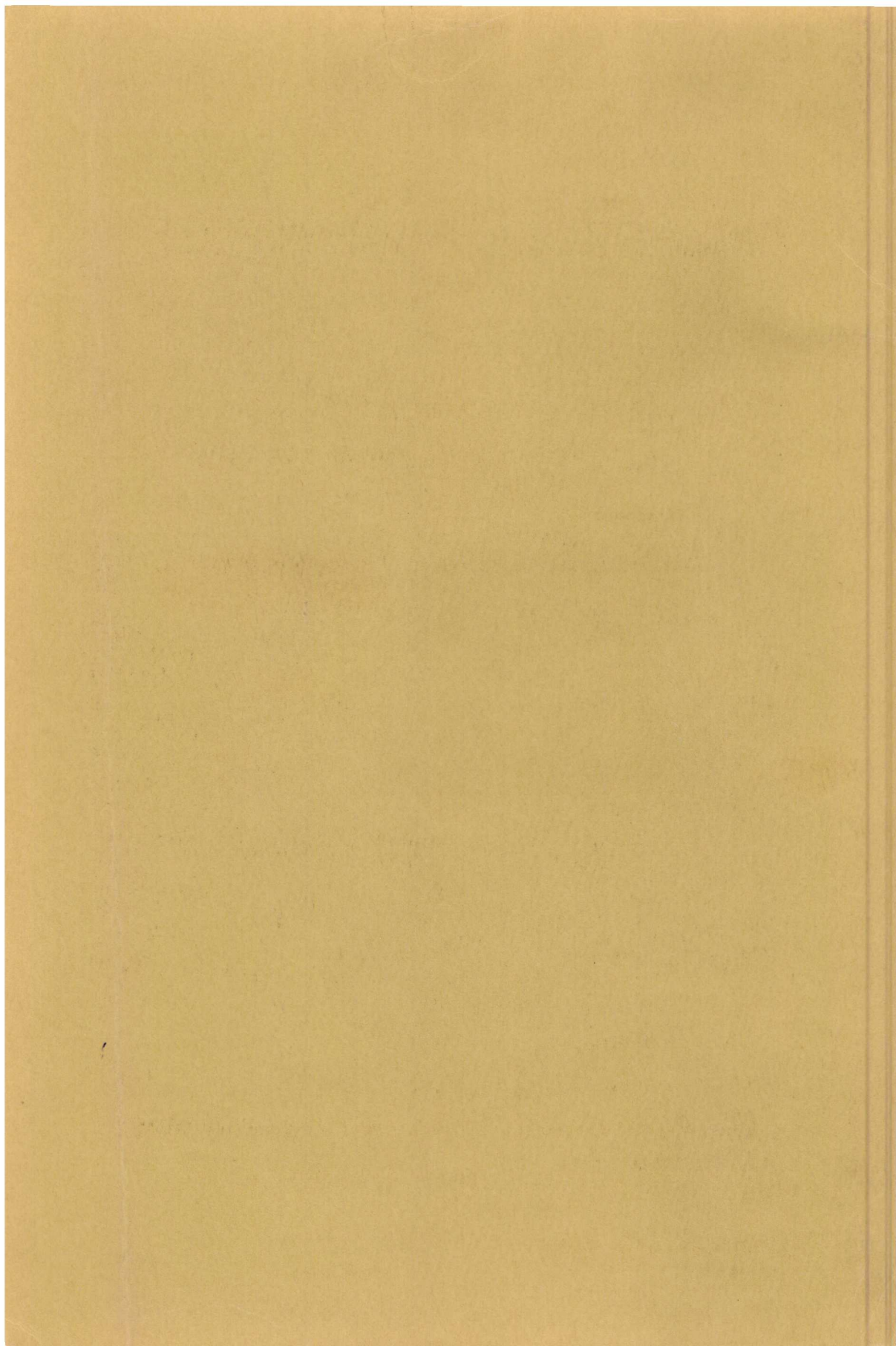


Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NIPG-TNO

Leiden

UDDE
G 82 (2)



UD 2N.

LIDDE
G 82 (2)

ONDERZOEK SCHEPKEUZE

Onderzoek gericht op aanbevelingen voor de keuze
van schepgereedschap bestemd voor het graven
van sleuven en putten bij aanleg en onderhoud
van drinkwaterleidingen

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht
van de Drinkwaterleiding Rotterdam

IBIS c STAMPBOEKNUMMER 388 600

M.P.van der Grinten

BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT
VOOR PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDSZORG TNO
POSTBUS 124, 3300 AC LEIDEN

Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg

NIPG-TNO

maart 1986

Nederlands Instituut voor
Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Wassenaarseweg 56
Leiden

Postadres:
Postbus 124
2300 AC LEIDEN

Telefoon: 071-170441
M.i.v. 2-6-1986 071-178888

© 1986 Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO
Publikatienummer 86010

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de Algemene Voorwaarden van TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt en/of verspreid door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NIPG/TNO.

INHOUD

	blz.
VOORWOORD	I
SAMENSTELLING VAN DE BEGELEIDINGSGROEP, DE WERKGROEP "WERKME- THODEN EN MIDDELEN" EN DE GROEP FITTERS BETROKKEN BIJ HET ON- DERZOEK	III
SAMENVATTING	V
1. INLEIDING EN BEKNOPTE VRAAGSTELLING	1
2. PROBLEEMSTELLING	4
2.1 Inleiding	4
2.2 Korte beschrijving van werkzaamheden van de fit- ter	4
2.3 Korte beschrijving van scheptaken en deelhande- lingen	5
2.4 Korte beschrijving van de scheppen	7
2.5 Uitgebreide probleemstelling	9
2.5.1 Probleemstelling met betrekking tot het onderwerp "schepkeuze"	10
2.5.2 Probleemstelling met betrekking tot het onderwerp arbeidsbelasting tijdens op- breekwerkzaamheden	12
3. OPZET EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEK	13
3.1 Inleiding	13
3.2 Opzet en uitvoering van de analyse van schepta- ken	13
3.2.1 Opzet van het praktijkonderzoek	13
3.2.2 Uitvoering van het praktijkonderzoek	14
3.3 Opzet en uitvoering van de veldexperimenten	16
3.3.1 Inleiding	16
3.3.2 Samenvatting van opzet en uitvoering van de veldexperimenten	16
3.3.3 Opzet van het veldexperimenteel onderzoek	18
3.3.4 Uitvoering van het veldexperimenteel on- derzoek	26

		blz.
4.	RESULTATEN VAN DE ANALYSE VAN SCHEPTAKEN	31
4.1	Inleiding	31
4.2	Scheptaken bij het aanleggen van een dienstlei- ding in een renovatieproject	33
4.3	Scheptaken bij het opsporen van een afsluiter van een dienstleiding	34
4.4	Scheptaken bij het aanleggen van dienstleidingen in een nieuwbouwproject	37
4.5	Verplaatste gewichten en frekwenties van schep- bewegingen	38
4.6	Konklusies en aanbevelingen met betrekking tot de opbreekwerkzaamheden	44
4.7	Belangrijkste konklusies ten aanzien van het veldexperimentele deel van het onderzoek	47
5.	RESULTATEN VAN DE VELDEXPERIMENTEN	51
5.1	Inleiding	51
5.2	Vooroverbuiging van de romp bij steekscheppen of afkruimen	52
5.2.1	Inleiding	52
5.2.2	Vooroverbuiging in verschillende graafta- ken	53
5.2.3	Vooroverbuiging van de romp bij het steekscheppen van zand in een sleuf	55
5.2.4	Vooroverbuiging van de romp bij het af- kruimen van zand in een sleuf	57
5.3	Vooroverbuiging van de romp bij het graven van een dienstput in zand	60
5.3.1	Inleiding	60
5.3.2	Vooroverbuiging van de romp bij het gra- ven van een dienstput in zand	61
5.4	Belastend moment onder in de rug bij graven en afkruimen	63
5.4.1	Inleiding	63
5.4.2	Gewicht van een schep met grond in de verschillende experimentele taken	63
5.4.3	Belastend moment onder in de rug bij ver- schillende graaftaken en scheppen	64

	blz.
5.5 Dichtgooien van een sleuf	69
5.5.1 Inleiding	69
5.5.2 Stand van de romp bij het dichtgooien van een sleuf	69
5.5.3 Belasting onder in de rug bij het dicht- gooien	70
5.6 Beoordeling van de scheppen door de proefperso- nen	73
5.6.1 Inleiding	73
5.6.2 Oordeel van de proefpersonen over schep C en G	74
5.6.3 Oordeel van de proefpersonen over de scheppen A, B, D en E bij gebruik in zand	75
5.6.4 Oordeel van de proefpersonen over spa F bij gebruik in klei	77
5.7 Nadere analyse van het insteken in de taak "steekscheppen" met verschillende soorten schep- pen	78
5.7.1 Inleiding	78
5.7.2 Nadere beschrijving van de insteekhande- ling bij de taak "steekscheppen"	79
5.7.3 Belastingsaspecten bij het insteken en steelhoek van de schep	80
5.7.4 Belastingsaspecten bij het insteken en steellengte van de schep	82
5.8 Samenvatting van de veldexperimenten	85
6. SCHEPKEUZE: DISKUSSIE, KONKLUSIES, AANBEVELINGEN	88
6.1 Graafwerk en schepkeuze in het algemeen	88
6.2 Steekscheppen in zand	90
6.3 De taken afkruimen en onder leidingen scheppen in zand	94
6.4 Graven van een dienstput in zand	97
6.5 Steekscheppen in klei	98
6.6 Dichtgooien van een sleuf of gat	100
6.7 Overige aandachtspunten met betrekking tot de bladkonstruktie	102
6.7.1 Snij- en kleefeigenschappen van bladen	102
6.7.2 Bladgrootte van scheppen	104

	blz.
Bijlage 1	107
Bijlage 2	113
Bijlage 3	120
Bijlage 4	121
LITERATUUR	123

VOORWOORD

Het afgelopen decennium is de aandacht voor werk en werkomstandigheden sterk toegenomen. De Arbeidsomstandighedenwet of ARBO-wet, die sinds 1983 in fasen wordt ingevoerd, richt zich op bepalingen betreffende arbeid en arbeidsomstandigheden in relatie met gezondheid, veiligheid en welzijn.

Parallel aan deze ontwikkelingen nam ook bij de Drinkwaterleiding Rotterdam (DWL) de aandacht toe voor de arbeidsomstandigheden. Het relatief hoge ziekteverzuim en het groot aantal rugklachten in de fitterij-afdelingen van de afdeling Distributie was begin 1981 aanleiding voor een onderzoek naar gezondheid in relatie met werk en werkomstandigheden van de bedrijfsfitters.

De uitkomsten van dit onderzoek hebben ertoe bijgedragen dat geleidelijk aan een breed programma van activiteiten is opgezet gericht op het onderzoeken en verbeteren van werk en werkomstandigheden van de fitters, waarbij het programmadeel 'preventie rugproblematiek' een centrale plaats inneemt.

Verschillende werkgroepen en gespreksgroepen waarin fitters vertegenwoordigd waren zijn opgericht. Deze hebben tot taak voorstellen voor verbetering nader uit te werken of te onderzoeken. Daarbij wordt onder meer gebruik gemaakt van diensten geleverd door externe instanties zoals: adviezen, onderzoek of training. Een bijdrage in de financiering van bepaalde activiteiten is geleverd door de afdeling Personeel en Organisatie van de gemeente Rotterdam. Het geheel wordt gecoördineerd door een begeleidingsgroep. De activiteiten ten aanzien van verbeteringen van werk en werkomstandigheden lopen deels synchroon met eveneens in de fitterij gestarte activiteiten op het gebied van organisatie en ontwikkeling onder de titel 'Distrikt nieuwe stijl'. Daardoor worden gunstige voorwaarden voor implementatie van verbeteringen van werk en werkomstandigheden geschapen.

De studie waarover hier gerapporteerd wordt heeft plaats gevonden in het kader van het programmadeel: 'preventie rugproblematiek'. Het onderzoek heeft zich toegespitst op de graafarbeid van de fitters en het daarbij gebruikte gereedschap. Hoofddoel is het opstellen van aanbevelingen voor de juiste keuze van schepgereedschap bij verschillende werkzaamheden door verschillende groepen werknemers. Daarnaast heeft advisering plaats gevonden in de begeleidingsgroep.

Het is hier de plaats om een dankwoord uit te spreken aan diegenen bij de DWL die tijdens de voorbereiding en de uitvoering van het onderzoek informatie in de vorm van toelichtingen, suggesties en ideeën hebben verstrekt en/of verantwoordelijkheid hebben gedragen voor een deel van de organisatie van de onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten.

Een dankwoord is op zijn plaats voor de onderzoekers R. v.d. Horst en P. Bakker van het IZF/TNO die geassisteerd en geadviseerd hebben bij de verwerking van de videogegevens van de graafexperimenten en aan M. Pokorny en P. v. Leeuwen van het NIPG/TNO voor de adviezen aangaande de methodologische aspecten van het veldexperimentele deel van het onderzoek.

Een apart dankwoord is gericht aan J. Dul, onderzoeker bij het NIPG/TNO, die een bijdrage heeft geleverd aan het opstellen van een biomechanisch model voor het berekenen van draaimomenten onder in de rug.

Tenslotte wordt de hoop uitgesproken dat het beleid op het gebied van werk en werkomstandigheden van de fitters dat momenteel gestalte heeft gekregen zal leiden tot verdere verbeteringen op de werkplek.

SAMENSTELLING VAN DE BEGELEIDINGSGROEP

Naam:	functie:
F. Roelse	Voorzitter, hoofdafdeling Distributie
H.J. Bezemer	Voorzitter werkgroep W.M., distriktsopzichter
M.J. v.d. Hoek	Projektkoördinator
F. Kappetijn	Afdeling APO, Gemeente Rotterdam
J.G. Kraak	Bedrijfsfitter VPR
A.H.M. Lassooy	Projektkoördinator
A. Leeuwangh	Chef Personeelszaken
L. Leusink	Lid MC
J. Meeusen	Voorzitter werkgroep AVV, distriktschef
C. Noordzij	Bedrijfsfitter LMO
W.H. Verel	Voorzitter werkgroep W.O.; Chef Buitendienst
C. IJsselstijn	Bedrijfsarts
L. v.d. Steeg	Bedrijfsfitter RMO

Samenstelling van de werkgroep "Werkmethoden en middelen"

H.J. Bezemer	Voorzitter, distriktsopzichter
A.H.M. Lassooy	Projektkoördinator
P. v.d. Meulen	Veiligheidsdeskundige
C. Noordzij	Bedrijfsfitter LMO
R. v.d. Sterre	Opzichter RMO

Samenstelling van de groep fitters betrokken bij het onderzoek

T. Andeweg	Bedrijfsfitter LMO
Ph. Boersma	Bedrijfsfitter LMO
J.H. Steenvoorden	Bedrijfsfitter RMO
R. Oldenburg	Bedrijfsfitter RMO
R. Voogt	Bedrijfsfitter LMO
K. Meijer	Bedrijfsfitter VPR
O.J. Moerman	Bedrijfsfitter VPR
J.D. Hoek	Bedrijfsfitter LMO
K.M.L. Adriaens	Bedrijfsfitter RMO
A.J. Ouwens	Bedrijfsfitter RMO
C.J. Corbet	Bedrijfsfitter RMO

SAMENVATTING

Inleiding

Het relatief hoge ziekteverzuim en het groot aantal rugklachten in de fitterij-afdelingen van de afdeling Distributie bij de Drinkwaterleiding Rotterdam was begin 1981 aanleiding voor een onderzoek naar gezondheid in relatie met werk en werkomstandigheden van de bedrijfsfitters. Dit onderzoek werd door het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg/TNO (NIPG/TNO) uitgevoerd.

Naar aanleiding van de uitkomsten van dit onderzoek werd een breed programma van activiteiten ter verbetering van werk en werkomstandigheden opgezet. Eén van de vervolgactiviteiten, waarover hier gerapporteerd wordt, betrof een nader onderzoek met als hoofddoel: het opstellen van aanbevelingen voor "schepkeuze", waarmee voor groepen individuen wordt aangegeven welke schep bij verschillende graaftaken het best kan worden gekozen. Primair criterium hierbij is een zo laag mogelijke rugbelasting.

Op verzoek van de werkgroep "Werkmethoden en Middelen", die het onderzoek begeleid heeft, is tevens enige aandacht geschonken aan de probleemstelling "arbeidsbelasting tijdens opbreekwerkzaamheden", hierbij worden ondermeer ook scheppen gebruikt.

Probleemstelling

Graafwerkzaamheden, zoals het graven van sleuven en putten en het weer dichtgooien daarvan, vormen het belangrijkste bestanddeel van de fitterswerkzaamheden; soms wordt echter ook een belangrijk deel van de tijd besteed aan opbreekwerkzaamheden. De graafwerkzaamheden worden met de hand uitgevoerd en daarbij wordt gebruik gemaakt van verschillende soorten scheppen. In verband met het leidingen-

netwerk in de grond lijkt mechanisatie maar op beperkte schaal mogelijk.

Onder het begrip "graven van sleuven en putten" kunnen diverse soorten scheptaken worden verstaan. Dit zijn:

- steekscheppen in vaste grond, in sleuf of dienstput;
- afkruimen of opscheppen van losse grond in sleuf, ook onder leidingen;
- dichtschiiven of dichttrekken van sleuf of put.

In elke schepcyclus zijn weer verschillende deelhandelingen te onderscheiden, zoals:

insteekhandeling: de schep wordt in de grond gedreven; bij "steekscheppen" in bijna verticale, bij "afkruimen, opscheppen" in horizontale richting;

tilhandeling : de schep met grond wordt opgetild, opzij gezwenkt, waarbij ook het lichaam meedraait, en tenslotte om de steelas geroteerd. Bij "dichtgooien" wordt de grond niet altijd opgetild maar met de schep "weggeschoven of -getrokken";

retourhandeling : de schep wordt gepositioneerd voor een volgende insteekhandeling.

Grofweg zijn 2 typen scheppen te onderscheiden die bij de fitters in gebruik zijn: een (steek)scheppan en een spa. De spa of de smallere kabelspa wordt specifiek gebruikt voor het steken in vaste klei, in de meeste andere gevallen zoals in zand, zand vermengd met los puin of klei vermengd met zand wordt gebruik gemaakt van een (steek)scheppan.

Binnen elk van deze typen komen ontwerpvarianten voor waarbij steellengte, steelvorm, bladhoek, bladoppervlakte anders gekozen kunnen worden.

probleemstelling met betrekking tot "schemkeuze"

In dit onderzoek staat de vraag centraal, hoe schepgereedschap zo kan worden gekozen dat een zo laag mogelijke belasting in de rug

optreedt. Ook de werkmethode is van invloed op de belasting van de rug maar dat is niet de hoofdvraag.

Over het onderwerp "rugbelasting bij scheptaken" is vrijwel geen literatuur beschikbaar, evenmin over de belasting van andere delen van het bewegingsapparaat.

Bij nadere beschouwing van de graafcyclus kan de tilhandeling, en wel het allereerste gedeelte daarvan, als het meest belastende deel van deze cyclus worden gezien. De romp en de schep met grond moeten vanuit een sterk voorovergebogen lichaamshouding worden opgetild. De rugbelasting aan het begin van de tilhandeling is gekozen als voornaamste evaluatiecriterium in dit onderzoek.

Omdat de keuze van scheppen niet alleen gebaseerd kan worden op dit ene criterium is ook aandacht geschonken aan andere ergonomische randvoorwaarden, de meest relevante zijn: de belasting van de bovenste ledematen en het gebruiksgemak.

probleemstelling met betrekking tot het onderwerp "arbeidsbelasting tijdens opbreekwerkzaamheden"

Op uitdrukkelijk verzoek van de fitters is dit onderdeel toegevoegd. Op deze toegevoegde vraagstelling is slechts summier ingegaan. De vraag is welke aanbevelingen gedaan kunnen worden om de arbeidsbelasting in het algemeen en die op het bewegingsapparaat in het bijzonder te verminderen. Het probleem is dat dit werk soms zo zwaar is dat men vermoeid aan de graaftaak begint.

Opzet en uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek heeft een exploratief karakter en is gefaseerd in opzet. Fase 1 betreft een "analyse van scheptaken" in de praktijk en fase 2 een "veldexperimenteel onderzoek" waarin met een aantal proefscheppen werd gegraven in zand en in klei.

opzet en uitvoering van de analyse van scheptaken

De eerste fase van het onderzoek had als belangrijkste doel het gebruik van scheppen in verschillende taken in de praktijk nader te analyseren. De verkregen gegevens over tilgewichten, tilfrequenties en indicaties over werkmethoden, belasting van het bewegingsapparaat, in het bijzonder de rug, bewegingsruimte etc. dienen ertoe enerzijds de schepkeuze te onderbouwen, anderzijds om de experimenten verder vorm te geven. In deze fase is bovendien aandacht besteed aan de "arbeidsbelasting tijdens opbreekwerkzaamheden" waarbij niet alleen naar de gebruikte scheppen maar ook naar ander gereedschap is gekeken.

In elk der drie distrikten is een fitterskarwei geanalyseerd in respektievelijk een renovatie-, onderhouds- en een nieuwbouwproject. Er werden graaftaken in zand en in klei uitgevoerd waaraan het opbreken van bestrating, asfalt- en funderingslagen voorafging.

De gegevens zijn verkregen uit directe observaties, inspectie van video-opnamen, uit metingen en interviews.

opzet en uitvoering van de veldexperimenten

Dit onderdeel heeft primair tot doel gehad om, onder gecontroleerde omstandigheden, proefscheppen in een aantal scheptaken te vergelijken aan de hand van een aantal criteria. De taken en proefscheppen waar het in de verschillende deelexperimenten om ging zijn in onderstaand overzicht weergegeven.

Overzicht. Proefscheppen gebruikt in verschillende deelexperimenten

GRONDSOORT: ZAND

Taak: steekscheppen, afkruimen, onder leidingen scheppen in sleuf, dichtgooien sleuf

scheppen: schep A; steekscheppan met halfgebogen steel met hilt
schep B; scheppan met gebogen steel met hilt
schep C; steekscheppan met gebogen verlengde steel met hilt
schep D; experimentele scheppan met dubbelgebogen verlengde steel met hilt

Taak: dienstput graven

scheppen: schep A; steekscheppan met halfgebogen steel met hilt
schep E; betonschep zonder hilt met blad van steekscheppan

GRONDSOORT: KLEI

Taak: steekscheppen, onder leidingen scheppen in sleuf

scheppen: schep F: gewone spa met gesmeed blad met rechte steel en hilt
schep G: experimentele spa met dubbelgebogen steel met hilt van schep D en geklonken blad

Bij de proefscheppen is het ontwerp van de handzijde telkens anders gekozen; gevarieerd zijn: de steelhoek, dit is de hoek die de steel met een horizontaal vlak maakt met het blad plat op de grond; de kromming van de steel in combinatie met de bladhoek, alsook de steellengte. De bladoppervlaktes zijn niet gevarieerd. De proefpersonen zijn geselecteerd naar lichaamslengte en naar ervaring; dit laatste om een controle te hebben op verschil in werkmethode. Zes proefpersonen namen vrijwillig deel aan de veldexperimenten, zij vertegenwoordigden twee aan twee drie verschillende categorieën van lichaamslengte, te weten: 171, 181 en 191 cm. Drie proefpersonen waren afkomstig uit het distrikt RMO (veel zandgrond) en drie uit de andere twee distrikten (OVERIG, zowel zand- als kleigrond). De gehanteerde criteria waren:

- de stand van de romp aan het begin van de tilhandeling;
- belastende momenten onder in de rug;
- oordelen van de fitters over het gebruik van de proefscheppen;

- plaatsing van de handen en de stand van de armen bij het insteken tijdens de taak "steekscheppen in zand".

Een week voor de veldexperimenten zijn de proefscheppen aan de deelnemers verstrekt om er ervaring mee op te doen in de praktijk. De experimenten vonden plaats in zand en in klei. De proefpersonen waren voorzien van markeerpunten en voerden de taken met de verschillende scheppen in een bepaalde volgorde uit in tevoren opgemeten ijkvlakken. Zowel van opzij als van bovenaf zijn video-opnamen gemaakt van de graafhandelingen. Een aantal malen is het gewicht van een schep met grond bepaald. Tevens is een oordeel over de bruikbaarheid van de scheppen voor de verschillende taken gevraagd aan de proefpersonen. Uit steekproeven van video-beelden zijn afstanden en hoeken bepaald die te zamen met het gemiddeld schepgewicht gebruikt zijn als invoergegevens voor het speciaal voor dit doel ontwikkelde biomechanisch model voor de rug. Berekend zijn rompstand en statische buig- en torsiemomenten onder in de rug. De uitkomsten van de berekeningen zijn statistisch bewerkt. De extra verzamelde gegevens over hand- en armposities tijdens de deelhandeling "insteken" zijn vooral kwalitatief van aard. Achtereenvolgens zullen nu kort de resultaten over het onderwerp "schipkeuze" en "arbeidsbelasting tijdens opbrekwerkzaamheden" besproken worden.

Schipkeuze, resultaten en aanbevelingen

graafwerk en schipkeuze in het algemeen

Vergeleken met de huidige toegepaste steekscheppen (schip A) kan met de proefscheppen D en E de vooroverbuiging van de romp bij bepaalde taken 8° tot 20° verminderd worden waardoor minder dicht bij extreme standen wordt gewerkt. De belastende momenten onder in de rug aan het begin van de tilhandeling tonen tussen de verschillende scheppen binnen dezelfde taken geen verschillen die van

praktische betekenis zijn. Een uitzondering vormde schep G die een veel groter torsiemoment opleverde bij een aantal proefpersonen. Een verklaring voor de kleine verschillen is de bescheiden omvang van de steelmodifikaties en de grote bijdrage die het rompgewicht heeft in het belastend buigend moment in de rug, dit gekombineerd met de tamelijk horizontale stand aan het begin van de tilhandeling. Aannemelijk is echter dat het gemiddeld biomechanisch moment over het gehele tiltraject kleiner wordt. Verdere optimalisering van de steelvorm kan de rompstand mogelijk nog iets verbeteren. Het onderzoek heeft indicaties opgeleverd dat verandering van de werkmethode eveneens kan bijdragen aan verdere vermindering van de vooroverbuiging van de romp. De combinatie van verbetering van gereedschap en werkmethode zoals bij de experimenten met "dichtgooien" naar voren is gekomen heeft het meeste effect. Toch zijn de mogelijkheden om de belasting bij handmatig graven te reduceren beperkt. Uit het oogpunt van rugpreventie is aanbevolen om na te gaan welke delen van het graafwerk gemechaniseerd kunnen worden; mogelijkheden lijken aanwezig.

steekscheppen in zand

Als alle criteria te zamen worden genomen is geen van de vier proefscheppen die tijdens deze taak zijn vergeleken als bijzonder positief naar voren gekomen. De vooroverbuiging van de romp is het kleinst bij de schep met de experimentele steel (schep D). Verschil in werkmethode speelt ook een rol. Het oordeel dat de proefpersonen over schep C geven is "matig tot slecht"; de bladhoek is te klein en de steel is te lang bij het insteken in harde grond. Dit laatste is ook het geval bij schep D en in mindere mate ook bij schep A, waardoor de oordelen over deze scheppen niet duidelijk positief zijn. Bij een te lange steel kan de hand die bovenaan op de steel drukt niet op een geschikte plek, opzij in de bekkenstreek, worden afgesteund en worden de armen op een minder gunstige wijze belast. Voor het steekscheppen is aanbevolen om

voorlopig schep A te kiezen en de lengte aan te passen aan de bekkenhoogte van de gebruiker. Schep D kan verder ontwikkeld worden tot een geschikte schep voor deze taak.

Omdat in de praktijk relatief korte sleuven kunnen voorkomen is per fittersteam ook een schep met relatief korte steel aanbevolen.

afkruimen en onder leidingen scheppen in zand

Bij deze taken wordt over het algemeen los zand met een horizontale insteekebeweging op de schep genomen en weggegooid, de taak duurt gemiddeld korter dan bij het steekscheppen en de gewichten op de schep zijn gemiddeld lager. De experimentele schep (schep D) is voor deze taak de beste keus; men werkt rechterop, de "kortere" fitters meer dan de "langere", en de oordelen van de proefpersonen zijn unaniem in het voordeel van schep D. Aannemelijk is dat de schep ook geschikt is voor het steekscheppen in geroerd zand. Een nog sterkere buiging van de steel lijkt mogelijk. Onzeker is of de gebogen steel sterk genoeg blijkt in de praktijk en of levering tegen een redelijke prijs mogelijk is. Aanbevolen is om na overleg met de fabrikant een aantal scheppen te onderwerpen aan een praktijkproef op grotere schaal.

graven van een dienstput in zand

Het gaat hier om het graven van putten van ongeveer 80 cm diep, 25 cm breed en 30 cm lang. Anders dan bij sleuven graven blijft de fitter op het maaiveld staan en schept kleine hoeveelheden grond omhoog. Schep E, met een totale lengte van 155 cm, is vergeleken met schep A (lengte 115 cm) en biedt duidelijk voordelen. De vooroverbuiging van de romp is geringer, vooral bij kleinere proefpersonen, en kan vermoedelijk nog verder verminderd worden door verbetering van de werkmethode. Ook het oordeel van de proefpersonen over schep E is positief.

Aanbevolen is om per fittersteam een schep van het type E te verstrekken, maar specifiek voor deze taak, en nader te onderzoeken

of schep E ook bruikbaar is voor andere taken; grotere gewichten op het blad kunnen de rug overbelasten.

steekscheppen in klei

Bij het graven in klei zijn de tilgewichten gemiddeld het grootst, de tilfrekwenties zijn naar verhouding laag en gemiddeld wordt de romp 10° dieper voorovergebogen dan in zand. De gangbare gesmede spa (schep F) is vergeleken met een experimentele spa (schep G) die bij levering helaas niet voldeed aan tevoren opgestelde ontwerpeisen. De vooroverbuiging van de romp verminderde wel enigermate door de dubbelgebogen steel van schep G; de grote steellengte was echter belastend voor de armen bij het insteken en bij het tillen bleek het torsiemoment onder in de rug flink toe te nemen. Het oordeel van de proefpersonen over schep G was ongunstig; schep G is ongeschikt voor deze taak.

Geadviseerd wordt de lengte van spa F aan te passen aan de lengte van de gebruiker net als bij de steekscheppen voor zand en nader te onderzoeken of betere varianten van schep F ontwikkeld kunnen worden.

dichtgooien van sleuf of put

In de praktijk komen twee methoden van dichtgooien voor die afwijken van het gewone opscheppen van los zand, het zijn: "dichttrekken", men staat in de sleuf en trekt het gevulde blad over de grond naar zich toe, en "dichtschiiven", men staat naast de sleuf en schuift het blad door het zand onder de voorovergebogen romp door richting sleuf. De vier proefscheppen A t/m D zijn vergeleken. Zowel de gekozen werkmethode als de schep hebben invloed op de belasting onder in de rug, deze is het kleinst bij de toepassing van de combinatie "dichttrekken met schep D". De methode "dichtschiiven" waarbij buiging en torsie van de rug optreden wordt niet aanbevolen. Het is mogelijk een groot deel van de sleuf te vullen door middel van "dichttrekken", aanbevolen wordt daarbij

schep D te gebruiken.

overige aandachtspunten met betrekking tot de bladkonstruktie van schepen

In het onderzoek ging het vooral om modifikaties van de "handzijde" van het gereedschap. In het kort komen enkele aspecten van de "werkzijde" aan de orde. In de praktijk is gebleken dat "insteken en lossteken" in harde klei of in zand vermengd met stenige materialen vermoeiend werk is, klachten in armen en handen veroorzaakt en een belangrijk deel van de graafcyclus kan beslaan. Aan spaden blijft bovendien geregeld klei kleven hetgeen onnodig belastend voor de rug is tijdens de retourhandeling. Aanbevolen is om bij aankoop en onderhoud aandacht te besteden aan de snij- en kleeft-eigenschappen alswel aan de slijtvastheid van de bladen.

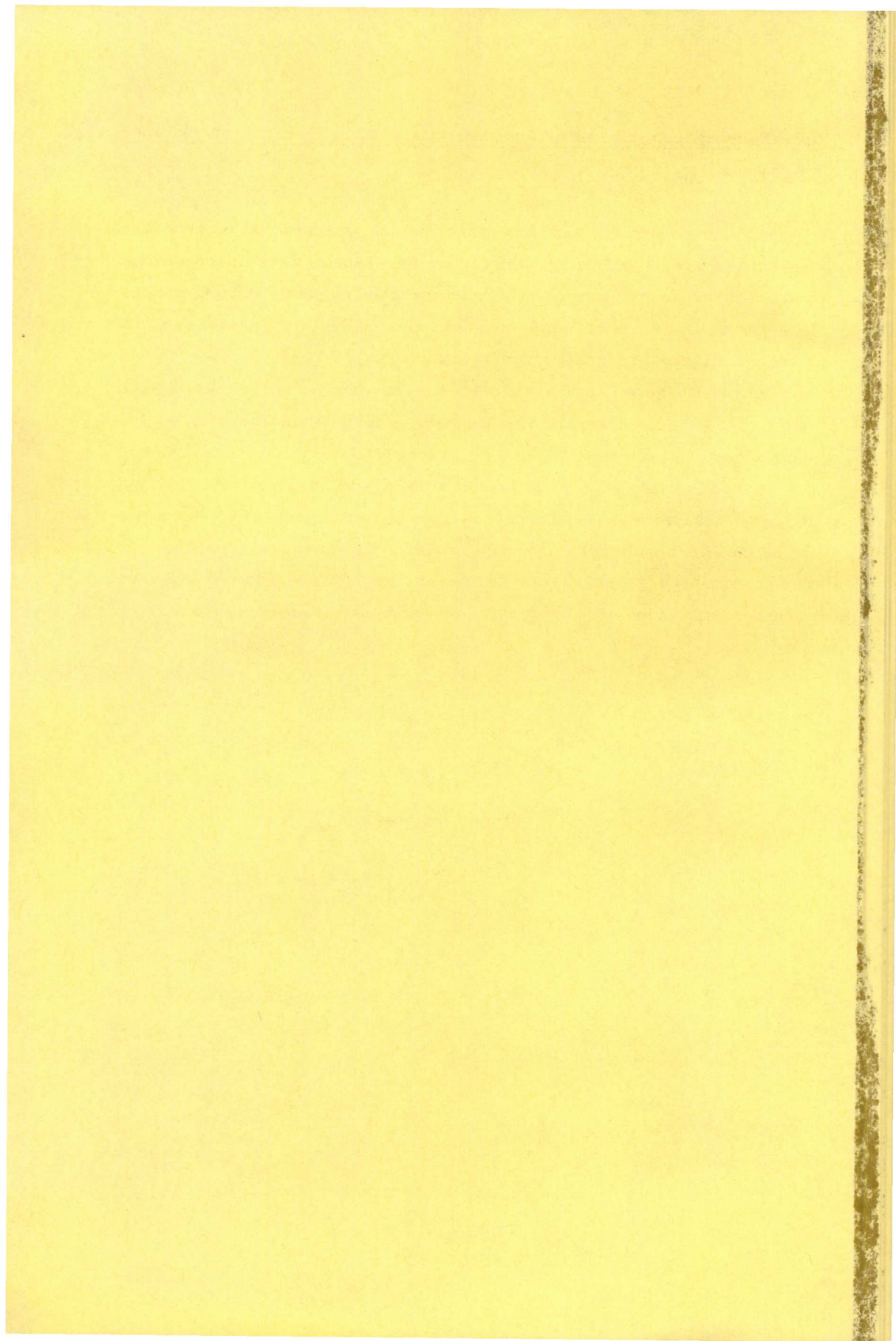
De grootte van het blad bepaalt mede het gewicht op de schep. Gegevens over de tilkapaciteit van ervaren fitters in omstandigheden die lijken op de praktijk van het graven zijn niet bekend. Vergelijken met een in de literatuur vermelde vuistregel voor het optimaal schepgewicht (6-8 kg), die overigens gebaseerd is op metingen van zuurstofverbruik en hartslagfrequenties, zijn alleen bij het graven in klei met de spa, soms ook wel de steekscheppan, gemiddeld hogere schepgewichten gevonden.

De spreidingen in de gemeten gewichten zijn echter groot, ondermeer omdat de fitters het gewicht op de schep zelf reguleren. Er is weinig reden om de bladgroottes over de hele linie te wijzigen, er kunnen echter individuele uitzonderingen zijn waarbij het bladoppervlak kleiner gekozen moet worden.

Arbeidsbelasting tijdens opbrekwerkzaamheden, resultaten en aanbevelingen

Tijdens het onderzoek van scheptaken in de praktijk zijn summiere indikaties over knelpunten verkregen. De stenige materialen worden geregeld verplaatst met behulp van een schep, soms in hoog tempo; door de soms grote afstand tot het lichaam en het grote gewicht ontstaan flinke piekbelastingen voor de rug.

Het opbreken is om meerdere redenen vermoeiend werk en kost soms veel tijd. Het hanteren van de aangedreven breekhamers en de stootijzers belast niet alleen de rug maar ook de bovenste ledematen en ook lawaai en uitlaatgassen vormen een knelpunt. Aanbevolen is de mogelijkheden van mechanisatie te onderzoeken, in sommige gevallen lijkt dit zeker rendabel. Verder is aandacht nodig voor de ergonomische aspecten van stoot- en breekgereedschap en voor de tiltechniek tijdens het verplaatsen van bestratingsmateriaal.



1. INLEIDING EN BEKNOPT VRAAGSTELLING

In 1983 werd een onderzoek getiteld "arbeid en gezondheid" afgerond dat was ingesteld in de fitterij-afdelingen van de afdeling Distributie van de Drinkwaterleiding Rotterdam (van der Grinten, Poll 1983). Aanleiding voor dat onderzoek waren het hoge ziekteverzuim en het groot aantal rugklachten in de fitterij. Naar aanleiding van de uitkomsten en aanbevelingen van dit onderzoek, dat een breed karakter had, zijn door de DWL vervolgactiviteiten ontwikkeld. Onder koördinatie van een begeleidingsgroep zijn drie werkgroepen opgericht, te weten de werkgroepen:

- Werkmethoden en Middelen
- Arbeidsvoorwaarden en -verhoudingen
- Werk en organisatie.

De werkgroepen hebben, in het kader van de beleidsvoorbereiding tot taak de aanbevelingen uit dat onderzoek - gerubriceerd tot onderwerpen - verder uit te werken en zonodig nader onderzoek te initiëren of uit te voeren. Naar aanleiding van de uitkomsten van het onderzoek "Arbeid en Gezondheid" is als een van de vervolgactiviteiten een onderzoek voorbereid, gericht op de juiste keuze van graafgereedschap.

Het graafwerk dat fitters verrichten, en dat algemeen als zwaar en meer specifiek als belastend voor de rug omschreven kan worden, vormt het belangrijkste bestanddeel van de werkzaamheden van de fitters. Ook al zou een deel van de werkzaamheden gemechaniseerd kunnen verlopen dan nog zal handmatig graven altijd blijven voorkomen. Behalve training in het algemeen, van de werkmethode in het bijzonder en selectie van personeel zal ook een verantwoorde keuze van het juiste gereedschap een bijdrage leveren aan het verminderen van risico's van overbelasting van de rug.

In de voorbereidingsperiode van het uiteindelijke onderzoek, de eerste helft van 1985, is intensief overleg gevoerd met de werk-

groep "werkmethoden en middelen" die voor dat doel was uitgebreid met een aantal vertegenwoordigers van de fitters uit de drie distrikten. In dit overleg is enerzijds uitvoerig van gedachten gewisseld over de mogelijkheden voor verbetering van scheppen; dit overleg heeft geresulteerd in het samenstellen van een aantal scheppen die aan een nader onderzoek zouden moeten worden onderworpen. Van leverancierszijde is eveneens een bijdrage geleverd om bepaalde vormvarianten te kunnen realiseren.

Anderzijds had het overleg tot doel het concept onderzoeksvoorstel te bespreken en zonodig aan te vullen met suggesties van de zijde van de fitters. Op 4-6-1985 ging de direktie van de DWL akkoord met het definitieve onderzoeksvoorstel getiteld "onderzoek schepkeuze".

Doelstelling van het onderzoek is te komen tot aanbevelingen voor schepkeuze waarmee voor groepen individuen bij bepaalde graafwerkzaamheden wordt aangegeven welk type schep het meest geschikt is met als primair criterium een zo laag mogelijke rugbelasting. Op verzoek van de fitters is zijdelings aandacht geschonken aan de belastingsaspecten tijdens de opbreekwerkzaamheden van bestrating en wegdek. Behalve van een schep wordt in dit taakonderdeel ook gebruik gemaakt van ander gereedschap, dat is in de praktijk gebruikelijk.

Het onderzoek is in twee fasen uitgevoerd te weten: een analyse van scheptaken zoals die in de praktijk voorkomen (periode 24 t/m 28 juni 1985) en een veldexperiment waarin verschillende scheppen in verschillende graaftaken zijn vergeleken (periode 14 t/m 21 augustus 1985).

De eerste fase had tot doel een nadere analyse te maken van taken die met een schep worden uitgevoerd onder praktijkomstandigheden. De verkregen gegevens over inzet van verschillende scheppen in verschillende taakonderdelen, verschillende werkmethoden, over

tilgewichten en tilfrekwenties en de omstandigheden waaronder schephandelingen worden uitgevoerd dienen ertoe enerzijds de schepkeuze te onderbouwen, anderzijds om het veldexperiment verder vorm te geven waarvan de hoofdlijnen overigens in het onderzoeksvoorstel waren vastgelegd en een antwoord te geven op de vraag over belastingaspecten tijdens opbreekwerkzaamheden.

Het veldexperiment had tot doel onder gecontroleerde omstandigheden graaftaken met verschillende soorten schepen te analyseren met als primaire criteria: de belasting onder in de rug bij de deeltaak tillen. Voor de rug wordt de tilhandeling als het meest kritische deel van de totale graafhandeling gezien. De proefschepen zijn in overleg met de werkgroep geselecteerd.

Het rapport is nu verder als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 zal in het kort een beschrijving van de werkzaamheden met de schep worden gegeven in de verschillende soorten taken. Hoofdstuk 3 is gewijd aan de opzet en methoden van onderzoek.

De resultaten van de analyse van scheptaken met daaraan toegevoegd een aantal konklusies en aanbevelingen die betrekking hebben op de belastingaspecten tijdens de opbreekwerkzaamheden zijn in hoofdstuk 4 beschreven. In hoofdstuk 5 komen de resultaten van het veldexperimentele deel van het onderzoek aan de orde, dit hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvatting; in hoofdstuk 6 worden, aan de hand van een discussie over de resultaten, konklusies getrokken ten aanzien van schepkeuze en verdere schepontwikkeling. Zijdelings komen ook aspecten van de werkmethode aan de orde.

2. PROBLEEMSTELLING

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal eerst ingegaan worden op de verschillende werkzaamheden van de fitter (§ 2.2), de deelhandelingen die bij de verschillende scheptaken te onderscheiden zijn (§ 2.3) en de meest gebruikte typen schepen bij het graafwerk (§ 2.4). Vervolgens wordt in § 2.5 de probleemstelling nader uitgewerkt.

2.2 Korte beschrijving van werkzaamheden van de fitter

Over de werkzaamheden van fitters is uitvoerig gerapporteerd in het rapport "Arbeid en gezondheid" (v.d. Grinten, Poll 1983). Hier wordt voor de begripsbepaling volstaan met een korte beschrijving die toegespitst is op het schepgebruik. Bij het uitvoeren van de meest gangbare karweien zijn grofweg 3 soorten werkzaamheden te onderscheiden:

- voorbereidende werkzaamheden;
- graafwerkzaamheden;
- fitwerkzaamheden.

Taken waarbij de schep gebruikt wordt kunnen reeds tijdens de voorbereiding van het uiteindelijke graaf- en fitwerk voorkomen, te weten bij het lichten en wegscheppen van bestratingsmateriaal en het wegscheppen van stukken wegdek of wegfundering die met speciaal trilgereedschap eerst zijn losgewerkt. De graafwerkzaamheden bestaan uit het maken van sleuven of putten van verschillende afmetingen in verschillende grondsoorten. Nadat het fitwerk is uitgevoerd worden sleuven of gaten dichtgegooid. Slechts een klein deel van de tijd van het fitkarwei wordt besteed aan het uiteindelijke fitwerk, het grootste deel wordt meestal besteed aan graaf-

werk, soms aan opbreekwerkzaamheden.

2.3 Korte beschrijving van scheptaken en deelhandelingen

Onder het begrip "graven" kunnen verschillende soorten scheptaken worden verstaan. Te onderscheiden zijn:

- steekscheppen in vaste grond;
- afkruimen of opscheppen van losse grond;
- dichtschiiven; dichttrekken van een sleuf van losse grond.

De deelhandelingen waaruit een schepcyclus kan bestaan zijn:

- insteekhandeling (inklusief loswrikken, -stoten);
- til-, schuif- of trekhandeling (inklusief zwenken van lichaam en schep);
- retourhandeling (terugzwenken van lichaam en schep).

steekscheppen

Bij het steekscheppen vindt de insteekhandeling in nagenoeg verticale richting plaats. Om een moot vaste grond los te krijgen wordt veelal eerst aan de zijkant(en) van de moot ingestoken, daarbij wordt de schep een kwartslag om zijn as geroteerd, vervolgens wordt het blad teruggedraaid en wordt de moot afgestoken, al of niet door daarbij tevens wrikbewegingen te maken. Indien stenige materialen in de grond zitten moeten ook wel stootbewegingen met de schep worden gemaakt. De hilt wordt vervolgens zover naar beneden bewogen dat de moot of hap grond op het blad blijft liggen. Vanuit de laagste positie van de steel begint de tilhandeling. De schep met last wordt het eerste traject in nagenoeg verticale richting (75-85°) omhoog getild waarbij armen en romp eveneens omhoog bewegen. Aan deze beweging van de schep wordt geleidelijk aan een zwenkbeweging toegevoegd door zowel armbewegingen als zwenkbeweging met het lichaam te maken. De schep wordt tevens langzaam een kwartslag geroteerd zodat de grond aan het einde van

de zwenkbeweging van het blad valt. Vervolgens vindt de retourhandeling plaats, schep en lichaam worden terugbewogen en gepositieerd voor de volgende insteekhandeling.

afkruimen of opscheppen van losse grond

Bij het steekscheppen ontstaan kruimverliezen. Alvorens een nieuwe laag af te steken wordt eerst het losse zand uit de sleuf opgeschept; in klei gebeurt dat niet ten gevolge van de grotere horizontale krachten. De insteekhandeling vindt in horizontale richting plaats; over het algemeen zijn de horizontale krachten daarbij laag. Is er in de sleuf voldoende ruimte dan gaat de voorwaartse insteekbeweging vloeiend in een tilbeweging over. Is er geen ruimte dan wordt de schep met zand eerst teruggetrokken en wordt vervolgens aan de tilhandeling begonnen. De tilbeweging is ongeveer gelijk aan die bij het steekscheppen maar zal bij een lager schepgewicht sneller verlopen. De retourbeweging zal eveneens weinig afwijken ten opzichte van die bij het steekscheppen.

dichtschuiven, dichttrekken van een sleuf met losse grond

Wordt de sleuf in snel tempo dichtgeschoven dan wordt de schep minder gebruikt om er grond op te laden en meer om grond door middel van een schuifhandeling te versnellen richting sleuf. Steel en blad staan aan het begin van de schuifbeweging nagenoeg vertikaal. Met voorovergebogen stand van de romp wordt een horizontale kracht onder de romp door op de schep uitgeoefend door de hand aan de zijde van de dul. De schep wentelt van een vertikale naar een meer horizontale stand tijdens de horizontale werpbeweging en komt los van de grond. Vrij snel laat de grond van het blad los en kan een retourbeweging worden ingezet.

Bij het dichttrekken van een sleuf staat de fitter in de sleuf steekt de schep in de hoop met zand en door een trekhandeling wordt het blad gevuld met grond slepend over de grond terug rich-

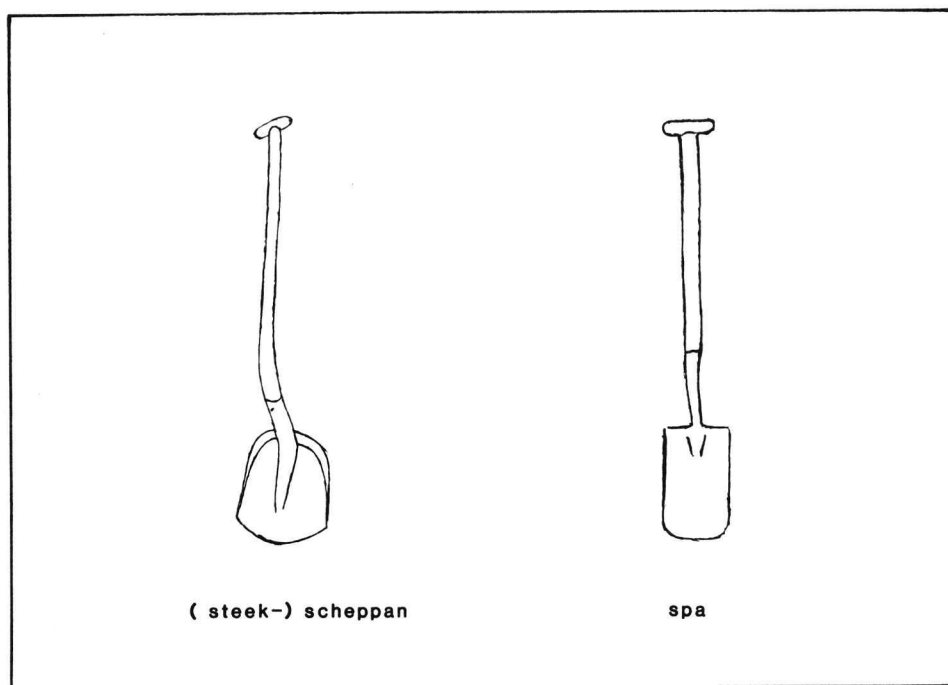
ting sleuf bewogen. Door rotatie van de steel valt de grond in de sleuf. In de verschillende paragrafen in hoofdstuk 4 en 5 wordt nader op bepaalde deelhandelingen ingegaan om de daarbij optredende belastingen te kunnen analyseren.

2.4 Korte beschrijving van de scheppen

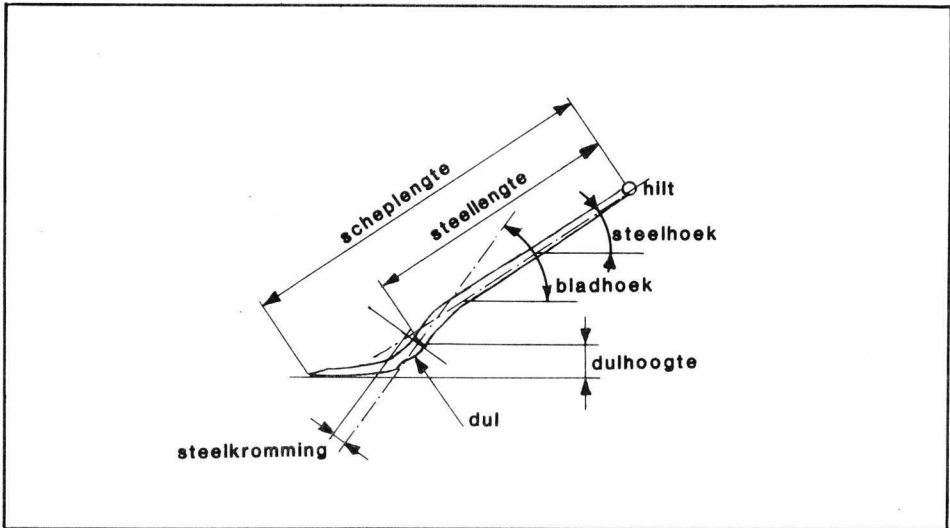
Voor de begripsbepaling is het nodig eerst grofweg twee typen scheppen te onderscheiden en de kenmerken waarmee onderdelen en de vorm van de schep wordt beschreven te verduidelijken. In figuur 1 staan de twee meest gebruikte typen afgebeeld, een schep van het type (steek)scheppan en een schep van het type spa.

In figuur 2 zijn de belangrijkste kenmerken van de schep weergegeven.

Figuur 1. Meest gebruikte typen scheppen bij graafwerkzaamheden van fitters



Figuur 2. Belangrijkste kenmerken van de schep, met uitzondering van bladgrootte en ligging van het zwaartepunt



De scheppen van het type (steek)scheppan worden meestal gebruikt in zandgrond al of niet vermengd met los puin; in klei vermengd met zand en bij het opscheppen van los puin of bestratingsmateriaal. Deze schep is verreweg het meest in gebruik bij de fitters. De scheppen van het type spa worden specifiek gebruikt voor het steken van vaste klei. Het gebruik is afhankelijk van de zwaarte van de grondsoort en dat verschilt per distrikt. Graven in klei komt vaker voor op de linker- dan op de rechtermaasoever. Binnen elk van deze scheptypen komen ontwerpvarianten voor waarbij steellengte, steelvorm, bladhoek, bladoppervlakte anders gekozen zijn. Enkele bijzonderheden van bestaand gereedschap benoemen wij hier.

- steekscheppan: deze schep heeft een halfgebogen blad en een halfgebogen steel met hilt;
- scheppan: het blad is verder doorgebogen en de gebogen steel heeft eveneens een hilt;
- betonschep met aangepast blad: een zeer lange lichtgekromde steel zonder hilt is gekombineerd met het blad van de steekscheppan;

- spa: een vrijwel rechthoekig blad met kleine bladhoek en een rechte steel met hilt;
- kabelspa: het blad van de spa is smaller en langer gekonstrueerd, het oppervlak van het blad is kleiner dan van de spa maar de steel is hetzelfde.

Het gaat te ver om alle mogelijke varianten te beschrijven maar de meest gebruikelijke aanpassingen die aangebracht worden zijn: steellengte, bladhoek en bladgrootte. In de praktijk wordt voor de steellengte overigens de lengte van de losse houten steel genomen. Bevestigd in de dul is de steellengte echter moeilijk te meten. Hier is gekozen voor een lengte van dul tot bovenzijde hilt. Het bladoppervlak van de scheppan wordt in de praktijk ook met een aantal "nullen" omschreven. Hoe meer nullen des te kleiner het bladoppervlak is. In dit onderzoek worden de afmetingen van het blad weergegeven. De verschillende scheppen die voor het experimentele onderzoek gekozen zijn worden in hoofdstuk 3 beschreven.

2.5 Uitgebreide probleemstelling

De uiteindelijke onderzoeksvraag is te verdelen in twee onderwerpen, te weten: "schipkeuze" en "arbeidsbelasting tijdens voorbereidende werkzaamheden".

Het aksent ligt op het onderwerp "schipkeuze". Doel is het opstellen van aanbevelingen ten aanzien van "schipkeuze voor graafwerkzaamheden" met als primair criterium een zo laag mogelijke rugbelasting. Op uitdrukkelijk verzoek van de fitters in de werkgroep "werkmethoden en middelen" wordt zijdelings aandacht geschonken aan het onderwerp "arbeidsbelasting tijdens opbrekwerkzaamheden". Deze voorbereidende werkzaamheden die voorafgaan aan het uiteindelijke graafwerk komen geregeld voor en worden algemeen als vermoeiend ervaren, bovendien worden scheppen bij deze taak gebruikt.

2.5.1 Probleemstelling met betrekking tot het onderwerp "schepping- keuze"

De belasting onder in de rug veroorzaakt door het gewicht van de romp en de uitwendig inwerkende krachten is primair het uitgangspunt voor dit onderzoek. Reden hiervoor was het belangrijke aandeel van rugklachten in de gezondheidsproblematiek van de fitters. Over het onderwerp rugbelasting bij scheptaken is vrijwel niets te vinden in de literatuur, evenmin over de lokale belasting van andere delen van het bewegingsapparaat zoals handen, armen of schouders. In het verleden heeft wel onderzoek plaatsgevonden naar energetische belastingsaspecten bij scheptaken (Freivalds, 1984; Morrissey, 1980); zuurstofverbruik of hartslagfrequentie zijn daarbij de gemeten grootheden. Er is echter weinig recente literatuur over dit onderwerp beschikbaar; voorzover wel is deze niet gericht op graafarbeid in zand en in klei onder praktijkomstandigheden. De schaarse op het energetisch belastingsmodel gebaseerde adviezen voor het schepontwerp vertonen bovendien grote verschillen. Met als basis de meer algemene ergonomische literatuur, die over biomechanische modellen voor de rugbelasting in het bijzonder, zal de probleemstelling nader worden uitgewerkt.

belasting onder in de rug bij de tilhandeling

De tilhandeling en wel het allereerste gedeelte daarvan wordt als het meest belastend deel van de graafcyclus beschouwd. De romp komt in de meest voorovergebogen positie waarbij extreme standen van de gewrichten in de rug dicht kunnen worden benaderd. Dit kan tot ongunstige lokale belasting van de structuren onder in de rug leiden (zie ook bijlage 1). De romp en schep met grond moeten vanuit een voorovergebogen lichaamshouding worden opgetild. In het eerste gedeelte van een tilhandeling (0-0,03 sec) treden ook nog versnellingskrachten op (Leskinen, 1982; Chaffin et al., 1984). De piekbelasting aan het begin van de tilhandeling kan groot worden.

In het tweede gedeelte van de tilhandeling is de belasting lager, doordat de romp rechterop staat en de bewegingen van schep en romp vertraagd worden.

Verondersteld wordt, dat de rugbelasting in de deelhandelingen "schep insteken, schep retour bewegen" geringer is doordat: krachten in de richting van de zwaartekracht uitgeoefend worden, ondersteuning van de romp door middel van de armen en handen op de steel plaatsvindt, het gewicht op de schep ontbreekt en de rompstand over het algemeen rechterop is.

Op grond van het bovenstaande is de belasting onder in de rug aan het begin van de tilhandeling als voornaamste evaluatie-criterium gekozen. Zowel door aanpassingen in de taak, de werkmethode als door aanpassingen aan het gereedschap lijkt de belasting beïnvloedbaar.

In dit onderzoek, waar het gaat om aanbevelingen voor schepkeuze, gaat het primair om aanpassing van het gereedschap. De volgende vraag staat nu centraal:

Hoe kunnen graafgereedschappen, meer in het bijzonder de steel en het blad van de schep, zo worden gekozen bij bepaalde taken en groepen werknemers, dat daarmee een zo laag mogelijke belasting onder in de rug kan worden bereikt aan het begin van de tilhandeling?

overige beoordelingsaspecten

Een schep kan niet alleen op grond van het criterium "rugbelasting aan het begin van de tilhandeling" worden gekozen; een schep die goed is met betrekking tot dit criterium kan slecht zijn met betrekking tot andere relevante criteria.

Anderzijds is het niet mogelijk alle mogelijke criteria even nauwkeurig aan een onderzoek te onderwerpen. Ter controle zal aan de meest relevante randvoorwaarden voor schepkeuze aandacht worden geschonken.

Twee randvoorwaarden, die in dit verband aandacht zullen krijgen, zijn:

- belasting op de bovenste ledematen en de schouders;
- het oordeel over het gebruik van de schep in de praktijk.

2.5.2 Probleemstelling met betrekking tot het onderwerp arbeidsbelasting tijdens opbreekwerkzaamheden

Zoals reeds eerder is gesteld, zal op dit onderwerp summier ingegaan worden. Uit het overleg met de fitters tijdens de voorbereidingen van het onderzoek kwam naar voren, dat de voorbereidende werkzaamheden, namelijk het verwijderen van bestrating en wegdek, zwaar en vermoeiend werk is, waarbij ook de rug flink kan worden belast. Het komt geregeld voor, dat men vermoeid aan het graafwerk begint. Bij deze werkzaamheden wordt eveneens gebruik gemaakt van scheppen, maar ook van breek- en stootgereedschap.

De vraagstelling kan als volgt geformuleerd worden:

Welke knelpunten met betrekking tot de arbeidsbelasting in het algemeen en met betrekking tot het bewegingsapparaat in het bijzonder doen zich voor tijdens de opbreekwerkzaamheden?

Welke aanbevelingen kunnen worden gedaan om de fysieke belasting te verminderen?

3. OPZET EN UITVOERING VAN HET ONDERZOEK

3.1 Inleiding

In de vorige paragraaf kwam de vraagstelling uitgebreid aan de orde. Enerzijds spitst de vraag over "schepkeuze" zich toe op één bepaald aspekt, namelijk het criterium "rugbelasting", anderzijds zijn voor de schepkeuze ook andere randvoorwaarden relevant en dient rekening gehouden te worden met het gebruik van scheppen onder de praktijkomstandigheden waarin de fitters gewoonlijk werken. Gezien de beperkte ergonomische kennis over het onderwerp "schepkeuze" heeft het onderzoek een exploratief karakter. Gekozen is voor een gefaseerde opzet waarin een deel praktijkonderzoek is voorzien gevolgd door een deel veldexperimenteel onderzoek.

Dit heeft als belangrijk voordeel, dat enerzijds het aspekt "rugbelasting" kan worden uitgediept en kwantitatieve gegevens kunnen worden verzameld, terwijl een brede, meer globale benadering ertoe dient om de randvoorwaarden voor de schepkeuze te bewaken, zodat geen deeloplossingen ontstaan die voor de praktijk onbruikbaar zijn.

In dit hoofdstuk zal nader worden ingegaan op de opzet en de uitvoering van beide fasen van het onderzoek.

3.2 Opzet en uitvoering van de analyse van scheptaken

3.2.1 Opzet van het praktijkonderzoek

Fase 1, het praktijkonderzoek, heeft primair tot doel een nadere analyse te maken van taken die met een schep uitgevoerd worden onder praktijkomstandigheden. De verkregen gegevens over:

- inzet van bestaande schepen in verschillende taakonderdelen;
- verschillende gehanteerde werkmethoden;
- tilgewichten en tilfrekwenties;
- de globale belasting van het bewegingsapparaat;
- de ruimtelijke omstandigheden waaronder schephandelingen worden uitgevoerd

dienen er enerzijds toe de schepkeuze te onderbouwen met praktijk-specifieke criteria. Anderzijds dient de informatie om verder vorm te geven aan het veldexperimentele deel van het onderzoek waarin schepen onderling zullen worden vergeleken.

Het praktijkonderzoek biedt tevens de mogelijkheid zijdelings aandacht te besteden aan het gebruik van schepen bij opbrekwerkzaamheden en aan de overige knelpunten ten aanzien van de fysieke belasting. Aandachtspunten die daarbij aan de orde komen zijn:

- vermoeiende werkzaamheden in het algemeen;
- werkzaamheden die piekbelastingen op het bewegingsapparaat veroorzaken;
- belastende fysische of chemische factoren tijdens het bedienen van aangedreven gereedschap.

3.2.2 Uitvoering van het praktijkonderzoek

De uitvoering van dit deel van het onderzoek is als volgt:

In elk der drie distrikten is een dagdeel doorgebracht bij een fitterskarwei. De projecten zijn in overleg met de werkgroep "Werkmethoden en middelen" gekozen. De opzet was waarnemingen te doen in de meest gebruikelijke situaties van graven en opbreken met als los te werken c.q. te verplaatsen materialen:

- zand verdicht en los;
- zand vermengd met stenige materialen;
- klei;

- bestratingsmateriaal;
- asfalt en funderingsmateriaal.

Een nadere omschrijving van de bezochte projecten is in paragraaf 4.1 weergegeven.

Tijdens de bezoeken zijn waarnemingen gedaan en video-opnamen gemaakt van de belangrijkste taakonderdelen.

metingen

Op willekeurige momenten zijn gewichten bepaald van een schep met last (grond of stenige materialen) met behulp van een elektronische weegschaal. Diverse malen is ook de plaats van het zwaartepunt bepaald ten opzichte van de overgang dul steel door de schep met last te balanceren.

Vanaf de videobeelden zijn tilfrequenties afgeleid door het aantal tilbewegingen in een minuut of een gedeelte daarvan te tellen. Tevens is enkele malen de afstand van last tot rug geschat; dit is tijdens de veldexperimenten overigens veel uitvoeriger en met grotere nauwkeurigheid gedaan.

observaties en interviews

Deels in de praktijk, deels vanaf de videobeelden zijn aan de hand van een lijst met aandachtspunten observaties gedaan met betrekking tot de aard van de taak, van de deelhandelingen en de taakverdeling tussen de fitters, dit met het oog op de afwisseling in fysieke belasting. Verder is aandacht geschonken aan de soort schep die wordt gebruikt, de aard van de last, de werkmethode, de ruimte om te graven en knelpunten in de verschillende deelhandelingen vooral met betrekking tot de belasting van de rug en ook van armen en schouders zowel bij graaf- als bij opbreekwerkzaamheden.

Gedurende het karwei zijn toelichtingen van de fitters verzameld met betrekking tot de hiervoor genoemde punten. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 4.

3.3 Opzet en uitvoering van de veldexperimenten

3.3.1 Inleiding

Fase 2 van het onderzoek heeft tot doel onder gecontroleerde omstandigheden graaftaken met verschillende soorten scheppen en gebruikers te onderzoeken. De taken worden onder nagebootste omstandigheden in het veld uitgevoerd. Ter oriëntatie volgt eerst een samenvatting van opzet en uitvoering van het veldexperimentele deel van het onderzoek (§ 3.3.2) waarna opzet en uitvoering verder worden uitgewerkt in § 3.3.3 en § 3.3.4.

3.3.2 Samenvatting van opzet en uitvoering van de veldexperimenten

Zes naar lichaamslengte en ervaring geselecteerde proefpersonen hebben graaftaken in zand en in klei uitgevoerd met verschillende soorten proefscheppen. Op de kleding van de proefpersonen waren op diverse plaatsen markeerpunten aangebracht. Van de graafhandelingen die binnen een ijkvlak zijn uitgevoerd zijn video-opnamen gemaakt met twee kamera's, een van opzij haaks ten opzichte van de sleuf en een van bovenaf. Vanaf de videobeelden zijn relevante afstanden en hoeken opgemeten van werkhoudingen aan het begin van de tilbewegingen. Dat is niet voor alle graafcycli gebeurd maar steekproefsgewijs. Per experimentele konditie zijn 8 steekproeven genomen. De afstanden zijn met behulp van de ijkwaarden teruggerekend naar werkelijke afstanden.

Steekproefsgewijs zijn schepgewichten bepaald; van de proefpersonen zijn relevante lichaamsafmetingen opgemeten en is het lichaamsgewicht bepaald.

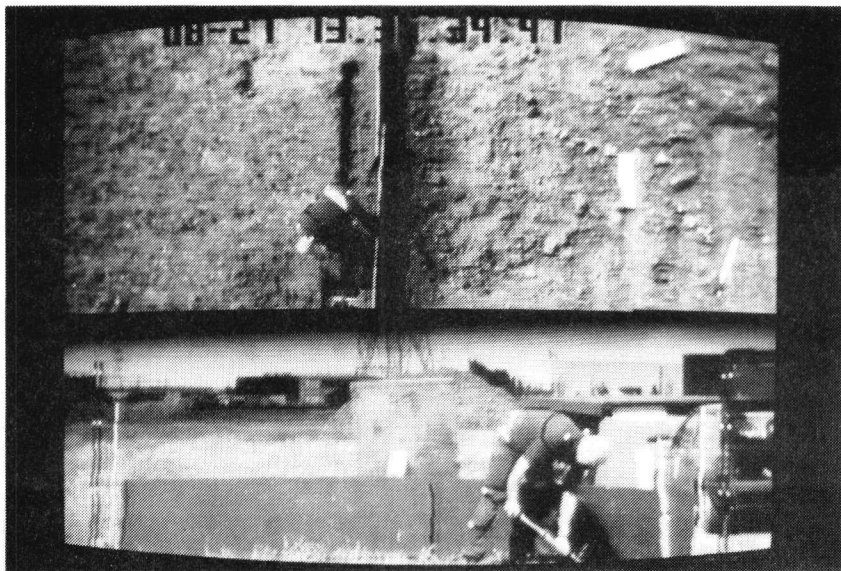
Met behulp van biomechanische rekenmodellen is de vooroverbuiging

van de romp (in graden) en het belastend draaimoment onder in de rug berekend (Newton-meter). Een afbeelding van de experimentele situatie in zand en in klei, genomen vanaf de videobeelden is hieronder weergegeven.

Afbeelding 1. Video-opname tijdens de veldexperimenten in klei; "steekscheppen"

bovenaanzicht

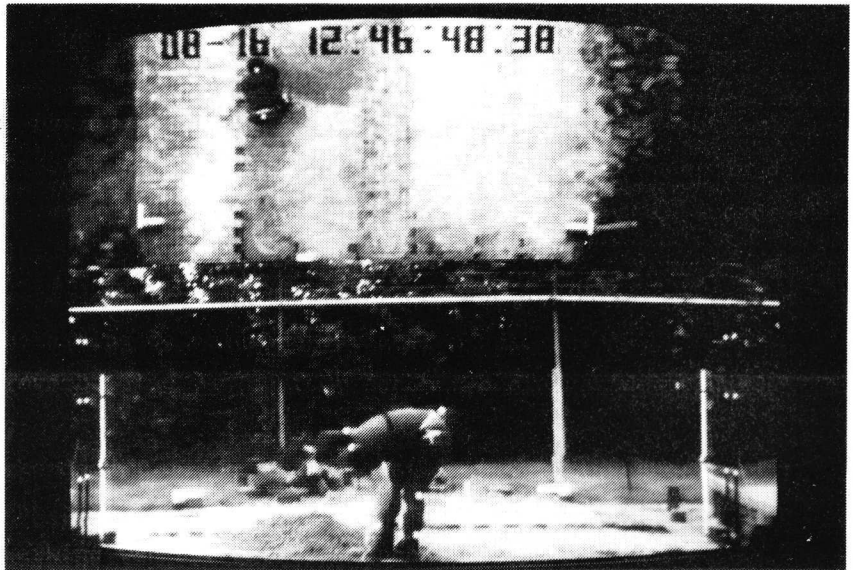
zij-aanzicht



Afbeelding 2. Video-opname tijdens de veldexperimenten in zand; "dienstput graven"

bovenaanzicht

zij-aanzicht



3.3.3 Opzet van het veldexperimenteel onderzoek

keuze van de variabelen voor de rugbelasting

Zoals in § 2.5.1 reeds werd beschreven is de belasting onder in de rug aan het begin van de tilhandeling het voornaamste beoordelingscriterium.

In de veldexperimenten met verschillende soorten scheppen zijn voor de rugbelasting de volgende variabelen gekozen:

- vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilhandeling;
- berekende belastend draaimoment onder in de rug op dat moment bij gemiddeld schepgewicht (zie bijlage 1 voor een uitwerking van het biomechanisch model).

De vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilhandeling is niet alleen van belang in verband met het belastend draaimoment onder in de rug en het benaderen van extreme standen van gewrichten in de rug. Vermindering van de vooroverbuiging van de romp werkt energiebesparend als een totale graafcyclus wordt beschouwd (Freivalds 1984) en ook het belastend moment onder in de rug over het gehele tiltraject zal afnemen. Er is nog een ander aspekt. Bij het werken in diepere sleuven moet de natuurlijke werkhouding bij het tillen worden aangepast doordat de voorovergebogen romp in contact komt met de sleufwand. Dit kan leiden tot vergroting van de belasting onder in de rug door toename van de afstand van de schep ten opzichte van het lichaam van de gebruiker.

keuze van de randvoorwaarden

Behalve het criterium rugbelasting bij de deelhandeling "tillen" spelen meer ergonomische aspecten een rol bij de keuze van een schep, zoals:

- vermoeidheid in het algemeen;
- belasting van andere specifieke delen van het bewegingsapparaat, met name de bovenste ledematen en schouders tijdens de insteek- of tilhandeling;
- gebruiksgemak waaronder verstaan wordt hoe de schep in de hand ligt, hoe manoeuvreerbaar deze is gegeven de omstandigheden in het werk en hoe goed deze de gestelde functies vervult zonder hinderlijke bijverschijnselen voor de gebruiker.

Deze aspecten kunnen niet allemaal diepgaand geëvalueerd worden. Gekozen is voor een totale beoordeling van de schepen door de bij het experiment betrokken proefpersonen.

De informatie verstrekt door de gebruiker is van essentieel belang. Zij beoordelen de schepen op meer dan alleen het criterium rugbelasting en wegen verschillende aspecten van zowel lichamelijke als van taaktechnische aard om tot een totaaloordeel te komen.

De proefscheppen zijn ook onder praktijkomstandigheden uitgeprobeerd, ruim een week voordat de experimenten begonnen, zodat de proefpersonen ook ervaring hadden met de verschillende proefscheppen voordat aan de experimenten werd deelgenomen.

Omdat er aanwijzingen waren dat ook armen en schouders flink belast kunnen worden, zijn er globale waarnemingen gedaan met betrekking tot armstanden in de meest kritische taakonderdelen.

Randvoorwaarden ten aanzien van produktiviteit en konstruktie-sterkte van materialen zijn buiten het kader van dit onderzoek gebleven.

taken

In overleg met de werkgroep "Werkmethoden en middelen" is gekozen voor de volgende taken in het experimentele onderzoek:

- steekscheppen in sleuf in zand en in klei;
- afkruimen in zand;
- onder leidingen scheppen in zand en in klei;
- dienstput graven in zand.

De eerste 3 taken zijn in § 2.3 uitvoerig beschreven. Bij de laatste taak, die sterk lijkt op steekscheppen, gaat het om het graven van een gat van ongeveer 80 cm diep, 25 cm breed en 30 cm lang, waarbij de taakuitvoerders echter op maaiveld-niveau blijven staan (zie afbeelding 2, § 3.3.2). Een dienstput wordt gegraven als een dienstkraan moet worden opgespoord.

Naar aanleiding van de bevindingen in het praktijkonderzoek "analyse van scheptaken" is besloten ook het "dichtgooien" te betrekken in het experiment. De gegraven sleuven en gaten dienden toch te worden dichtgegooid en uit het oogpunt van rugbelasting was deze keuze van belang. Anderzijds zijn tijdens de veldexperimenten bij bepaalde proefpersonen helaas onvoldoende goede gegevens verkregen over de taak "onder leidingen opscheppen" van grond. Over deze taak zal alleen zijdelings worden gerapporteerd in de para-

grafen over de taak "afkruimen". Gebleken is namelijk dat deze taak grotendeels lijkt op de taak "afkruimen", daarover wordt uitvoerig gerapporteerd. De scheppen die in overleg met de werkgroep zijn geselecteerd zijn weergegeven in figuur 3.

Een overzicht van deelexperimenten: taken gekombineerd met schepen is verderop opgenomen in deze paragraaf (overzicht 1).

scheppen

Tijdens de voorbereidingen van het onderzoek, waarin uitvoerig overleg met fitters heeft plaatsgevonden, zijn ideeën en suggesties van de zijde van de fitters en het NIPG uitgewisseld ten aanzien van ontwerpvarianten van scheppen waarmee mogelijk een lagere rugbelasting tijdens de tilhandeling kan worden gerealiseerd. Invloed op de rugbelasting is in principe mogelijk door een andere keuze van de bladgrootte, de steellengte, de steelkoek en de steelkromming. De veelheid aan parameters maakt een nadere keuze nodig.

Om, gegeven bepaalde steelvormen, taken en grondsoorten, een keuze te kunnen maken uit verschillende bladgroottes voor verschillende groepen (sterke, minder sterke) individuen zouden gegevens over de belastbaarheid van de rug en bovenste ledematen bekend moeten zijn onder bewegings- en houdingskondities die tijdens het graven kunnen voorkomen. Deze gegevens zijn niet beschikbaar. Al zouden deze gegevens wel voorhanden zijn, dan komt daar nog het probleem bij, dat bij gebruik van dezelfde schep in soortgelijke taken in de praktijk grote spreidingen in schepgewicht voorkomen als gevolg van wisselende taakomstandigheden en gewichtregulerende strategieën van de fitters zelf (zie hoofdstuk 4). Gezien het voorgaande is in dit deel van het onderzoek de bladgrootte niet gevarieerd. Uitgegaan is van in de fitterspraktijk gebruikelijke bladoppervlakten voor zandscheppen respectievelijk voor kleispaden. De spaden hebben een kleiner oppervlak dan de scheppen voor zand in verband met de grotere dichtheid van de grond.

Gekozen is voor het aanbrengen van variaties in de vormgeving van de handzijde van het schepgereedschap. Verwacht wordt, dat door verandering in de positie van de handen ten opzichte van het blad de stand van de romp kan worden beïnvloed. Ongeacht het gewicht van de schep met grond zal immers bij elke tilhandeling het gewicht van de romp moeten worden opgetild.

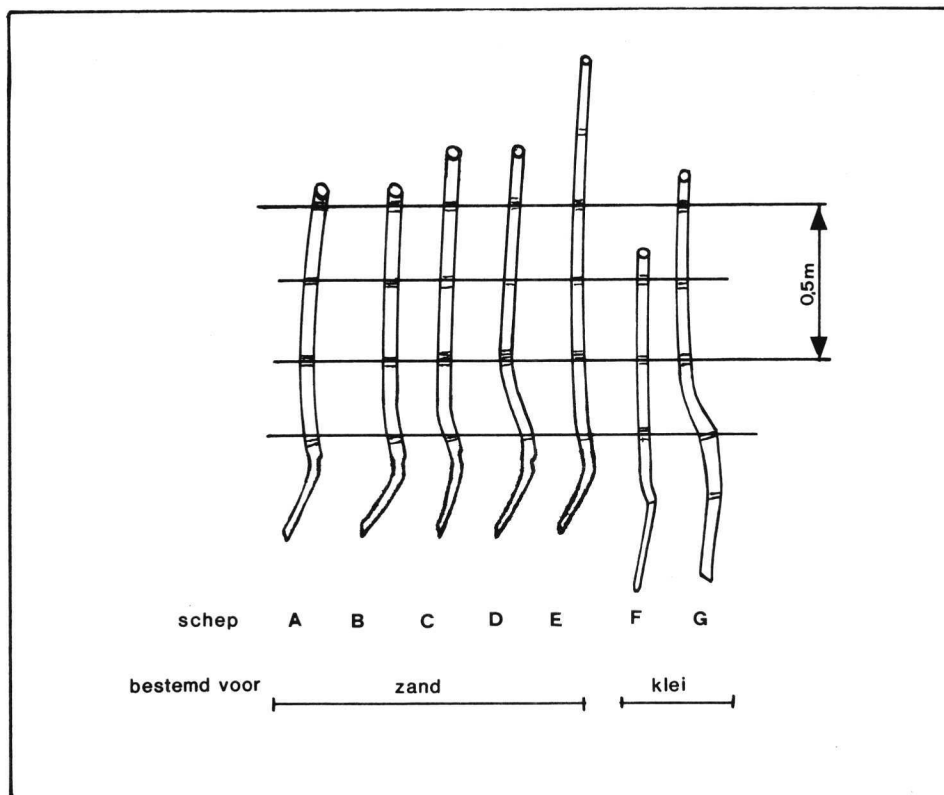
Met als referentie: de standaard verstrekte "steekscheppen" voor zand zal worden nagegaan wat het effect op de proefpersonen in de verschillende taken in zand is van:

- een grotere steelhoek;
- een verlengde steel;
- een experimentele steel die verlengd en dubbelgebogen is.

In klei waar het alleen om de taak "steekscheppen" gaat, is de standaard-spa alleen vergeleken met een experimentele spa.

In figuur 3 zijn de proefscheppen afgebeeld.

Figuur 3. Afbeelding van proefscheppen die in het veldexperiment zijn gebruikt, onderverdeeld naar verschillende grondsoorten



In totaal zijn vijf proefscheppen voor zand en twee proefscheppen voor klei in de verschillende deelexperimenten betrokken geweest. De kenmerken van de scheppen zijn verder omschreven in bijlage 3. Hieronder is in overzicht 1 weergegeven welke proefscheppen in welke deelexperimenten zijn gebruikt.

Overzicht 1. Proefscheppen gebruikt in verschillende deelexperimenten

GRONDSOORT: ZAND

- Taak: steekscheppen, afkruimen, onder leidingen scheppen in sleuf, dichtgooien sleuf
- scheppen: schep A; steekscheppan met halfgebogen steel met hilt
schep B; scheppan met gebogen steel met hilt
schep C; steekscheppan met gebogen verlengde steel met hilt
schep D; experimentele scheppan met dubbelgebogen verlengde steel met hilt
- Taak: dienstput graven
- scheppen: schep A; steekscheppan met halfgebogen steel met hilt
schep E; betonschep zonder hilt met blad van steekscheppan

GRONDSOORT: KLEI

- Taak: steekscheppen, onder leidingen scheppen in sleuf
- scheppen: schep F: gewone spa met gesmeed blad met rechte steel en hilt
schep G: experimentele spa met dubbelgebogen steel met hilt van schep D en geklonken blad
-

Met uitzondering van de experimentele scheppen zijn de overige proefscheppen uit standaard verkrijgbare bladen en stelen samengesteld. Twee proefscheppen, met een experimentele steelvorm, één voor zand en één voor klei, zouden worden geleverd door leveranciers. Het achterliggende idee was om door middel van een grotere kromming van de steel een hogere positie van de hand aan de buitenzijde te kunnen realiseren zodat minder diep voorovergebogen hoeft te worden bij het begin van de tilhandeling zonder dat daarbij de belasting op de rug toeneemt. Voor de scheppan is een niet geheel met het schetsontwerp overeenkomend prototype-steel geleverd. Voor de spa is men er tijdens de voorbereidingsfase niet in geslaagd aan het geschetste ontwerp te voldoen. De experimentele steel van schep D is daarom voor dit doel voorzien van een gesmeed blad bestemd voor klei. Het ontwerp wijkt nogal af van het ingediende schetsontwerp.

lichaamslengte en ervaring

Bij de keuze van een schep is het niet alleen van belang rekening te houden met de gestelde taak maar ook met verschillen in kenmerken van gebruikers.

De lichaamsafmetingen van de mens vormen een belangrijk kenmerk in de ergonomie wanneer het gaat om het aanpassen van werkplekken en hulpmiddelen aan de mens.

De beschikbare literatuur over scheponderzoek levert geen informatie op dit punt, reden om in dit veldexperimenteel onderzoek een antropometrisch kenmerk te variëren. Gekozen is voor het variëren van een overall lengtemaat, te weten: "lichaamslengte".

Behalve lichaamslengte kan verschil in ervaring leiden tot ander schepgebruik. De variabele ervaring is ter controle in het onderzoek meegenomen. Uit voorinformatie is gebleken, dat ervaring tussen fitters van de ene en de andere Maasoever kan verschillen door het verschil in grondsoort; kleisituaties komen vaker voor op de linker en zandsituaties vaker op de rechter Maasoever. Maar ook het gemiddeld aantal ervaringsjaren is groter op de linker dan op de rechter oever.

Het bleek mogelijk uit verschillende distrikten RMO op de rechter Maasoever en de twee distrikten op de linker Maasoever (LMO en VPR, verder omschreven als de groep OVERIG) groepen van fitters samen te stellen elk van 3 personen met uiteenlopende lichaamslengte (gemeten inclusief schoeisel). De lengtes zijn als volgt:

groep RMO: 170, 182, 190 cm;

groep OVERIG: 171, 181, 193 cm.

De lengteverdeling die zo ontstaat sluit redelijk goed aan bij de lengtes van de zogenaamde "kleinste" (167 cm), "gemiddelde" (180 cm) en "grootste" (193 cm) mannelijke persoon; categorieën die in Nederland vaker voor ontwerpdoeleinden worden gebruikt (v. Buchem 1980).

3.3.4 Uitvoering van het veldexperimenteel onderzoek

proefpersonen

Voor het onderzoek zijn zes proefpersonen uit de totale populatie van ongeveer 70 fitters bij de DWL geselecteerd. Selectie vond plaats naar de kenmerken lichaamslengte en ervaring, deelname was vrijwillig.

Van alle proefpersonen zijn tijdens de veldexperimenten behalve de lichaamslengte ook andere lichaamsmaten gemeten en is het gewicht bepaald, dit in verband met de uitgevoerde biomechanische berekeningen. Een overzicht van voor dit onderzoek relevante kenmerken van proefpersonen is in bijlage 4 opgenomen.

proeflokaties

Voor het experimentele deel van het onderzoek zijn in overleg met de werkgroep twee grondsoorten gekozen, te weten: verdicht zand en klei.

De lokatie "Produktiebedrijf DWL Kralingen" is gekozen voor zandgrond. Achter de watertanks bevindt zich een dienstweg waaronder zich verdicht zand bevindt. De dienstweg werd gedeeltelijk opengemaakt om sleuven en putten te kunnen graven. De experimenten alhier namen 3 dagen in beslag.

Het industrieterrein "Molenvliet" in Barendrecht, nabij de spoorlijn is gekozen voor de experimenten in klei die, gezien het beperkt aantal taken en scheppen, in een dag zijn afgewerkt. Het terrein bevat een veel voorkomende kleisoort, het is echter niet de dichtste soort klei waar de fitters in de praktijk mee te maken kunnen krijgen.

proefopzet en werkwijze

In overzicht 1 in § 3.3.3 zijn de verschillende deelexperimenten weergegeven. De proefopzet en werkwijze was als volgt:

In zand zijn per proefpersoon 2 sleuven van 3,5 m lang gegraven, 2

scheppen breed en 2 lagen diep. Daarbij zijn de vier proefscheppen A t/m D toegepast in de taken "steekscheppen, afkruimen" en "dichtgooien".

Per laag is eerst een sleuf ter breedte van een schep gegraven die vervolgens werd afgekruimd met dezelfde schep. Vervolgens werd door de proefleider de volgende schep verstrekt en is direkt naast de vorige een tweede sleuf gegraven en afgekruimd, zodat de sleuf tenslotte twee scheppen breed werd. Na 2 lagen graven werd de sleuf met de betreffende scheppen dichtgegooid.

De taak "onder leidingen scheppen", waarbij eveneens de 4 proefscheppen A tot en met D zijn toegepast, is in een derde sleufvlak uitgevoerd. Op vier plaatsen waren tevoren stukken hoofdwaterleidingbuis op ongeveer 10 cm onder het oppervlak ingegraven. De taak "dienstput graven" met de scheppen A en E werd in hetzelfde sleufvak uitgevoerd.

In klei is een sleuf van ongeveer 4 m lengte gegraven, 2 scheppen breed en 2 lagen diep. Daarbij zijn de twee proefscheppen F en G gebruikt in de taak "steekscheppen" en "onder leidingen scheppen" waarmee aan het begin van de sleuf werd begonnen. Evenals in zand waren stukken hoofdleidingbuis tevoren ingegraven.

In verband met de video-opnamen van opzij van zowel schep als taakuitvoerder kon niet al te diep gegraven worden. Om een gemiddelde opwerphoogte van 60 tot 90 cm te realiseren is aan de zijde waar weggegooid werd een schot van ongeveer 60 cm hoogte geplaatst; daarmee wordt aan een zijde een sleufwand nagebootst.

De volgorde waarin scheppen aan de proefpersonen werden aangeboden is zo gevarieerd dat de kans op volgorde-effekten zo klein mogelijk blijft. Volgorde-effekten zijn bij analyse van de gegevens ook niet gevonden.

opstelling video-kamera's en aangebrachte markeerpunten

Voor de registratie van houdingen en bewegingen zijn twee video-kamera's opgesteld. Eén kamera voor het zij-aanzicht was op een afstand van 6 à 7 meter opzij van de sleuf geplaatst, één voor het bovenaanzicht was op een hoogte van 7 meter op een hoogwerker geplaatst die door de DWL ter beschikking was gesteld. De opstelling is verder uitgewerkt in bijlage 2.1.

Op diverse plaatsen zijn witte markeerpunten op de kleding van de proefpersonen aangebracht met behulp van sporttape, pingpongballetjes en een klemband aan de broekriem. Waar nodig is de kleding zo veel mogelijk gefixeerd met elastieke banden. De belangrijkste markeerpunten voor de analyse van de rugbelasting zijn (zie ook bijlage 4):

- nekpunt (aangebracht ter plaatse van het doornige uitsteeksel van de 7e nekwerfel);
- rugpunt (aangebracht ter hoogte van de overgang van de wervelkolom naar het heiligbeen);
- heuppunt (aangebracht vlak bij het draaipunt van de heup).

De markeerpunten die op schouders, borst, knie en onderbeen waren aangebracht dienen ertoe om eventueel latere visuele inspectie van videobeelden te vergemakkelijken. De afstanden van markeerpunten onderling zijn gemeten en bij de experimenten in klei zijn de punten zo goed mogelijk op dezelfde plaats aangebracht. De belangrijkste maten zijn in bijlage 4 opgenomen.

Op de proefscheppen waren, gerekend vanaf de overgang dul-steel, om de 25 cm zwart-witte markeerstrips aangebracht. Het tweede en het vierde markeerpunt gerekend vanaf de dul zijn uitgekozen ten behoeve van de biomechanische analyse.

Aan het begin en einde van de sleuf waren vertikaal ijkpalen opgesteld met markeerstrepen op vaste afstanden. Deze vormden een rechthoekig vertikaal ijkvlak.

beoordeling van de scheppen door de proefpersonen

Aan het eind van een serie experimenten van een proefpersoon in zand respectievelijk in klei werd aan de hand van een vierpuntschaal gevraagd naar een totale beoordeling van elke proefschep voor de gestelde taak. De oordelen die gegeven konden worden waren "goed"=1, "redelijk"=2, "matig"=3 en "slecht"=4. Daarnaast is gevraagd om het oordeel toe te lichten, zodat ook duidelijker wordt wat er eventueel aan de schep verder verbeterd zou moeten worden om deze zo geschikt mogelijk te maken voor de combinatie taak-individu.

voorbereiding en instructies

Ruim een week voor de experimenten hebben de proefpersonen ervaring op kunnen doen met de verschillende scheppen in het dagelijkse werk. Enkele dagen voor de veldexperimenten begonnen is een brief verzonden met toelichting over de gang van zaken tijdens de veldexperimenten. Daarin werd verzocht zo donker mogelijk goed sluitende maar wel gemakkelijk zittende kleding aan te trekken. Overalls zitten te ruim. Linkshandige proefpersonen werd verzocht aan de andere zijde van de sleuf te beginnen met graven.

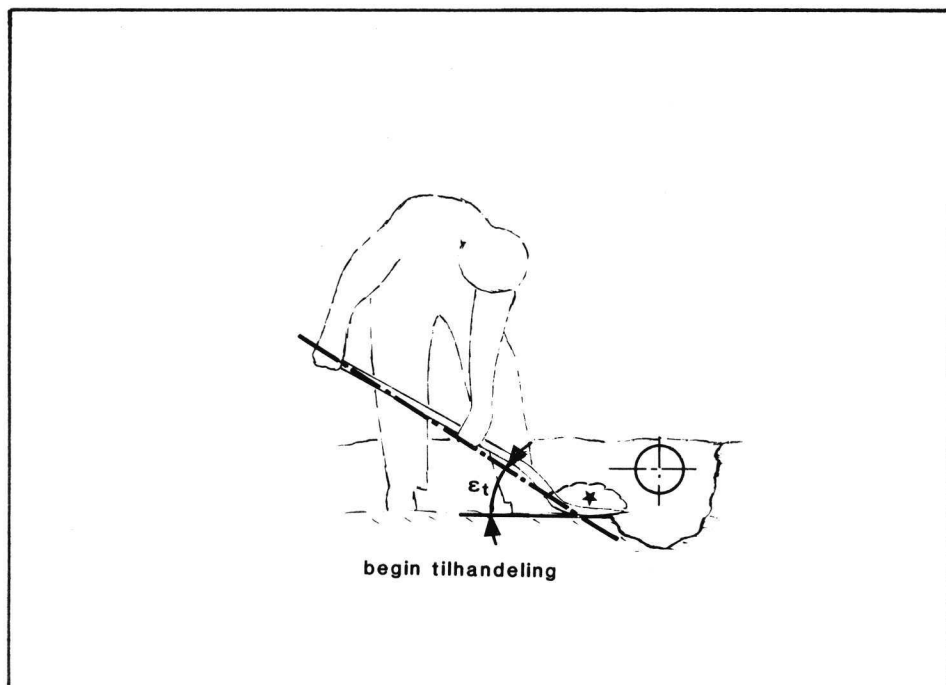
De fitters was verzocht zoveel mogelijk de eigen werkmethode te hanteren. Bij het "dichtgooien" is echter expliciet verzocht de twee werkwijzen dichttrekken en dichtschuiven (-gooien) toe te passen.

verwerking en analyse van de video-gegevens

De waarnemingen van de eerste schepcycli zijn niet in de analyse betrokken evenals die van de laatste cycli aan het einde van de sleuf.

Door de videobeelden bij het afspelen stil te zetten op het moment dat de tilhandeling begint, dat is het moment dat de hilt de onderste stand heeft bereikt (zie figuur 4), kunnen hoeken afstanden en verhoudingen worden bepaald aan de hand van de markeerpunten op het videoscherm.

Figuur 4. Begin van de tilhandeling



Hoe dit is gebeurd, is uitvoeriger beschreven in bijlage 2.1. Evenals de biomechanische berekeningen die daarna op de gegevens zijn uitgevoerd (zie voor het model bijlage 1 en 2.2).

Van elk deelexperiment (taak x schep x proefpersoon) zijn van 8 steekproeven de relevante gegevens van het videobeeld genomen te samen met de ijkgegevens en zijn statistische berekeningen uitgevoerd (meervoudige variantie-analyses). Daarbij is gebruik gemaakt van het SPSS-programma en het programma VARIAN (auteurs: T. Kwaai-taal & E. Roskam; Universiteit van Nijmegen).

4. RESULTATEN VAN DE ANALYSE VAN SCHEPTAKEN

4.1 Inleiding

Zoals reeds in hoofdstuk 2 werd vermeld had dit onderdeel van onderzoek primair tot doel een nadere analyse te maken van taken waarin scheppen onder praktijkomstandigheden worden gebruikt. Daarnaast is op verzoek globaal aandacht besteed aan andere aspecten van de arbeidsbelasting tijdens opbreekwerkzaamheden.

Tenslotte is de informatie gebruikt voor een nadere invulling van het experimentele onderzoek waarvan de hoofdlijnen vastgelegd waren. In drie projecten verdeeld over de drie distrikten zijn gedurende dagdelen waarnemingen gedaan en hebben korte gesprekken plaatsgehad met de fitters. De soort projecten zijn in overleg met de werkgroep "werkmethode en middelen" gekozen.

In overzicht 2 zijn de kenmerken van de bezochte projecten samengevat.

Overzicht 2. Kenmerken van de drie bezochte projecten in het kader van de analyse van scheptaken.

Distrikt	RMO	LMO	VPR
aard van het projekt	stadsrenovatie	onderhoud	stadsnieuwbouw
aard van het werk	dienstleiding aanleggen	afsluiter opsporen	dienstleiding aanleggen
bestrating	trottoirtegels	asfalt + repac fundering	n.v.t.
grondsoort	zand vermengd met puin, sintels; leidingen in de grond	vaste klei	deels geroerd, deels onge-roerd zand
sleuflengte	± 1,10 m	± 3,5 m	± 2,5 m
sleufdiepte	± 0,8 m	± 1,1 m	± 0,8 m
werkzaamheden	- bestrating opnemen - graven - fitten - dichtgooien	- asfalt, repac verwijderen ¹⁾ - graven	- graven - fitten - dichtgooien

1) taak werd volgend dagdeel vervolgd.

In het kort worden de belangrijkste bevindingen per projekt weergegeven in de paragrafen 4.2 tot en met 4.4. In § 4.5 zal nader ingegaan worden op meer algemene uitkomsten met betrekking tot de verplaatste gewichten en tilfrequenties die in de praktijk voorkomen; in § 4.6 en § 4.7 worden konklusies getrokken en aanbevelingen gedaan ten aanzien van de arbeidsbelasting bij opbreekwerkzaamheden en de nadere invulling van de opzet van het veldexperimentele deel van het onderzoek. De konklusies en aanbevelingen ten aanzien van het onderwerp "schepkeuze" zijn in hoofdstuk 6 opgenomen.

4.2 Scheptaken bij het aanleggen van een dienstleiding in een renovatieproject

In een binnenstadswijk van Rotterdam (stadsrenovatieproject) werd door 2 fitters een dienstleiding aangelegd vanaf de hoofdbuis tot in een nieuwbouwwoning. De werkzaamheden bestonden uit het verwijderen van de trottoirtegels, het graven van een relatief korte sleuf, het aanbrengen van de dienstleiding en het dichtgooien van de put. Voor het verwijderen van de bestrating en het graafwerk werd gebruik gemaakt van een steekscheppan. Een klein gedeelte van de tijd werd door de fitters samen aan scheptaken gewerkt, het grootste deel van de tijd werkte nu eens de ene dan de andere fitter aan de sleuf, terwijl de ander fitwerkzaamheden voorbereidde.

verwijderen van trottoirtegels

Deze taak duurde naar verhouding kort. Nadat de trottoirtegels met de schep zijn losgewerkt worden deze met de schep opgetild en opgestapeld langs de gevel. De rug is daarbij flink voorovergebogen. Schep en trottoirtegel wegen te zamen bijna anderhalf tot tweemaal zoveel als een schep met zand. Opgevallen is dat aan het begin van de tilbeweging grote extra krachten in de rug kunnen ontstaan doordat de schep soms relatief ver van het lichaam omhoog getild en weggezwenkt wordt. De horizontale afstand tussen het zwaartepunt van de last en de heup, in voorwaartse richting gemeten, varieerde meestal tussen 35 en 50 cm maar werd soms ook 70 cm. Dit levert behoorlijke piekbelastingen voor de rug op, die reeds belast is door de gebogen houding. Het opbreken van bestrating vindt aan het begin van een karwei plaats, soms in een hoog tempo en zonder "warming-up", waardoor de kans dat men zich forceert vermoedelijk groter is.

graven van een sleuf met leidingen

Onderscheid moet worden gemaakt tussen het graafwerk tot een diep-

te van 40 cm en het graafwerk tussen 40 en 80 cm.

In het eerste gedeelte van de sleuf is het zand grotendeels vrij van voorwerpen die een regelmatig graafpatroon kunnen belemmeren. De tilfrekwentie in dit gedeelte van de put ligt veel hoger dan in het diepere gedeelte van de put waar leidingen en steenresten obstakels vormen en de zandgrond bovendien hard is.

In het diepere gedeelte van de put wordt de meeste tijd besteed aan het lossteken van de grond hetgeen grotendeels met de armen gebeurt waarbij de romp gemiddeld minder ver voorovergebogen is dan bij de tilhandeling. De statische krachten onder in de rug zullen minder zijn dan bij de tilhandeling temeer daar ook de uitgeoefende lossteekkrachten naar beneden gericht zijn. Gekonstateerd is wel dat er stootbelastingen in pols en ellebogen kunnen optreden. Door het stoten zal de voorzijde van een normale schep snel slijten en dat is nadelig voor de insteek eigenschappen bij graven. Momenteel is voor het losstoten van stevige materialen alleen een stootijzer ter beschikking.

Een belangrijk praktisch punt voor de schepkeuze is de taak c.q. het werkplek-kenmerk "manoeuvrerruimte onder in de sleuf". De afstand hoofdbuis - voorgevel was dusdanig klein dat de sleuf slechts 110 cm lang werd. Een te lange steel levert problemen op bij het opscheppen. De hand aan de hiltzijde kan gemakkelijk de sleufwand raken en een soepele til- en weggooibeweging kan niet plaatsvinden.

4.3 Scheptaken bij het opsporen van een afsluiter van een dienstleiding

In een poldergebied dat aan de grens van de stad op de linkermaasoever is gelegen werd een afsluiter opgespoord van een dienstleiding van een oude woning die moest worden afgekoppeld. De plaats van de aansluiting in de richting van de hoofdleidingbuis stemde

niet overeen met de positie op de tekeningen van het waterleidingsnetwerk. De dag voor het bezoek was reeds met het karwei begonnen en kon ook niet worden afgerond tijdens het dagdeel van het bezoek. De werkzaamheden bestonden uit het telkens verlengen van de reeds gegraven sleuf met stukken van 60 à 70 cm en het met een prikstok aftasten in de bodem waar zich een voorwerp bevindt dat zou kunnen duiden op de bewuste afsluiter. Nadat de asfaltlaag en funderingslaag waren verwijderd werd ± 80 cm in klei gegraven tot dat de diepte ± 110 cm bedroeg, de breedte aan de bovenzijde van de sleuf bedroeg ± 65 cm.

verwijderen van het wegdek

De beide fitters werkten samen bij het losbreken en opscheppen van het wegdek en rouleerden geregeld over beide deeltaken. Piekbelastingen voor de rug kunnen ontstaan bij het wegtillen van grote brokken asfalt en bij het in licht gebogen houding omhoog tillen en verplaatsen van de aangedreven breekhamer (kango; gewicht 22,5 kg) maar ook het opvangen van het gewicht als de beitel omlaag schiet (bijvoorbeeld aan de rand van de put). De kango produceert bovendien lawaai en hinderlijke trillingen in handen en armen; medegedeeld werd dat er ook nog kango's in omloop zijn die hinderlijke uitlaatgassen produceren. Gezondheidsschadelijke effecten kunnen ook optreden (v. Drimmelen et al., 1985). De verstrekte stootijzers zouden beter aan de lichaamslengte aangepast moeten zijn. Het opbreken van asfalt- en funderingslagen is een tijdrovende en vermoeiende taak.

graven in klei

In het bovenste gedeelte van het te graven sleufdeel, tot op een diepte van 60 a 70 cm, is er ruimte om met de romp in gezwenkte stand voorover te buigen voor het aanvangen van de tilhandeling. Dieper in de sleuf wordt de ruimte steeds beperkter en moet de voorovergebogen romp tengevolge van de lage positie van het aan-

grijpingspunt van de hefhand aan het begin van de tilbeweging steeds verder parallel aan de sleuf gezwenkt worden, hetgeen de afstand last-rug zal vergroten. Een hoger aangrijpingspunt van de hefhand zal dit moment van aanpassing van de werkhouding uitstellen. In het experimentele onderzoek (hoofdstuk 5) wordt aandacht besteed aan het effect van de vormgeving van de steel op de verste rompdoorbuiging. Overigens geldt deze redenering ook voor het werken in soortgelijke zandsleuven. Kleinere werknemers zullen bij gelijke sleufdiepte de werkhouding eerder moeten aanpassen dan grotere.

Een tweede aspect betreft de benodigde verticale stoot- en duwkrachten om in de klei te komen. De rugbelasting is hierbij niet het belangrijkste probleem. Er zijn klachten over polsen, armen en schouders naar voren gebracht, ook door fitters van andere distrikten. Aan de afdeling speurwerk en ontwikkeling van de DWL is enige tijd geleden verzocht dit aspect nader te onderzoeken. Onlangs zijn uitkomsten gepubliceerd (Lassooy et al., 1985) die bevestigen dat de insteekkrachten, in zand overigens, aanmerkelijk kunnen verminderen door de bladpunt geregeld te slijpen. Vermoedelijk kan door minder goed onderhoud van het bladoppervlak van de schep ook de kleefkracht bij het insteken toenemen.

Een ander aspect is dat geregeld klei aan het blad kleeft die alleen is te verwijderen door met het blad op de putrand te slaan. Op dit punt is nog nader onderzoek gewenst, de spitriek is bij eerder onderzoek afgevallen omdat het gewicht daarvan te groot bleek. De vraag is of open stroken in bestaande spaden mogelijk zijn die het gewicht en het kleefvermogen verminderen zonder de sterkte van het blad ernstig te reduceren.

4.4 Scheptaken bij het aanleggen van dienstleidingen in een nieuwbouwproject

Het derde project dat op de linkermaasoever werd bezocht (Spijkenisse) betrof de aanleg van dienstleidingen vanaf de hoofdbuis naar het aansluitpunt van nieuwbouwwoningen. De werkzaamheden betroffen het graven van sleuven van $\pm 2,5$ m lang in zand, het fitten van de aansluitingen en het dichtgooien van de sleuf. Twee fitters werkten ieder apart aan een sleuf.

graven van een sleuf in zand

Met een steekscheppan werd in sleuven gegraven deels in geroerd (eerder opengegraven), deels in ongeroerd zand. De laatste soort zand vereist flinke insteekkrachten. Meestal wordt dan met de handen, gesteund in de bekkenstreek, kracht gezet bij het indrukken van de schep al of niet ondersteund door een intrapbeweging van een der voeten. De sleuf was minder diep (80 cm) dan die in klei (110 cm); dit had tot gevolg dat de zwenkstand van de romp ten opzichte van de sleuf aan het begin van de tilbeweging minder beïnvloed werd door de beperkte breedte van de sleuf, althans voor de geobserveerde taakuitvoerder van gemiddelde lichaamslengte. Een korte taakuitvoerder zou de houding bij het op diepte komen vermoedelijk hebben moeten aanpassen. De situatie die in het experimentele deel van het onderzoek is gekreëerd lijkt het meest op de hier beschreven situatie van sleuven graven.

Op dit taakonderdeel wordt hier niet nader ingegaan; dat gebeurt in hoofdstuk 5 waar uitvoerig op de belasting van de rug wordt ingegaan.

dichtgooien van een sleuf in zand

Nadat het fitwerk is geschied wordt de sleuf dichtgegoid. Twee methoden hebben wij kunnen observeren die afwijken van het gewone opscheppen van zand. De meest gebruikelijke is het dichtschiiven

(soms dichtscheppen) van het gat waarbij de fitter op maaiveldniveau staat en met voorovergebogen romp werkt terwijl het zand met de schep in de richting van de sleuf wordt geschoven, de stand van de steel van de schep aan het begin van de schuifbeweging is nagenoeg vertikaal. De schuifbeweging begint met de schep opzij van de romp waarna deze onder de romp door wordt getrokken richting sleuf. Soms wordt het zand met een opschepbeweging in de sleuf geworpen. Het meest komt het dichtschiiven voor.

Daarnaast wordt ook wel een andere methode gehanteerd. De fitter, staande in de put, steekt de schep eerst van zich af in de zandhoop en trekt de met zand gevulde schep naar zich toe, de schep met zand wordt daarbij niet getild. Voordeel is verder dat het teruggestorte zand door de fitter wordt betreden en zodoende wordt verdicht.

Tijdens de observaties is de indruk ontstaan dat flinke rugbelastingen kunnen ontstaan door de uitgeoefende krachten, de stand van de romp en het hoge tempo waarin gewerkt wordt (zie § 4.5, tabel 2). Diverse fitters hebben opgemerkt dat het dichtgooien van een groot gat zeer belastend is, ondermeer voor de rug. In principe zou het dichtgooien gemechaniseerd kunnen verlopen bijvoorbeeld door assistentie van op de bouwplaats aanwezige graafmachines zoals in nieuwbouwprojekten als het onderhavige. Alle opengelegde sleuven zouden, behoudens de eerste deklaag over de aangelegde leiding tegelijk machinaal dichtgegooid kunnen worden. In de praktijk zal deze taak meestal handmatig gebeuren en zal aandacht moeten worden geschonken aan de werkmethode en gereedschapsgebruik.

4.5 Verplaatste gewichten en frekwenties van schepbewegingen

Tijdens de uitvoering van de verschillende taken bij de bezoeken aan de distrikten zijn op willekeurige tijdstippen monsters genomen van een schep met last en is het gewicht bepaald. Ook zijn

zwaartepunten van scheppen met last bepaald. De gegevens over de afstand van zwaartepunten in steelrichting ten opzichte van de overgang blad-steel zijn in de berekeningen van de belasting onder in de rug gebruikt (hoofdstuk 5). Vanaf de videobeelden zijn per deeltaak verschillende momentopnamen van een minuut gemaakt om een indruk te krijgen over de frekventies waarmee lasten getild worden. De gegevens mogen overigens niet als representatieve tijdsanalyses van taken van fitters worden gezien maar betreffen waarnemingen van deelhandelingen. Tijdens de taakuitvoering doen zich vele onregelmatigheden voor en worden ook andere deeltaken uitgevoerd.

Het assortiment scheppen dat geregeld tijdens de taken werd gebruikt was betrekkelijk gering. Geregeld in gebruik waren: de steekscheppan en de spa. Hoewel weinig gebruikt is de kabelspa in dit gedeelte van het onderzoek meegenomen omdat deze niet bij het experimentele deel is betrokken. De nuttige bladoppervlaktes en de gewichten van de scheppen zonder last liepen uiteen en waren respektievelijk:

steekscheppan:	4,7 dm ² ; 1,5 kg
spa	: 4,2 dm ² ; 2,1 kg
kabelspa	: 3,5 dm ² ; 1,9 kg.

Het blad van alle steekscheppannen, voorzover niet versleten, bleek gelijk te zijn (zogenaamde drie "nullen"-bladen). Het nuttig bladoppervlak is medebepalend voor het totale gewicht van schep met last evenals het gewicht van de schep zelf en het soortelijk gewicht van de last. Daarnaast bepalen de omstandigheden tijdens het insteken en optillen hoeveel zand er uiteindelijk op de schep blijft liggen; maar ook de gebruiker zelf bepaalt tot aan zekere grenzen hoeveel gewicht op de schep wordt genomen en reguleert daarmee de belasting.

In tabel 1 zijn de resultaten weergegeven van de metingen van schepgewichten in de praktijk, onderverdeeld naar aard van de last, te weten: bestratingsmateriaal, soort grond en mengvormen

hiervan. De soort schep waarmee gewerkt werd is eveneens weergegeven.

Tabel 1. Verplaatste gewichten (kg) onderverdeeld naar aard van de last en de soort schep (steekproefgegevens uit de analyse van scheptaken)

aard van de last	schep	steekproef met laagst gemeten gewicht	gemiddeld ge- wicht van de steekproeven	steekproef met hoogst gemeten gewicht
trottoirtegel	steek- scheppan	-	12,1	-
2 straatklinkers (1 straatklinker)	steek- scheppan steek- scheppan	-	11 (6,3)	-
funderingsmateriaal repac	steek- scheppan	2	6,5	10
geroerd zand	steek- scheppan	5	5,5	5,8
verdicht zand	steek- scheppan	6,7	7,8	9,5
zand vermengd met sintels, licht puin	steek- scheppan	3,4	5,7	6,4
ongeroerde klei	spa	8	9,5	11
ongeroerde klei	steek- scheppan	8,4	9	9,5
ongeroerde klei	kabelspa	7	7,8	8,5
klei vermengd met zand of licht puin	steek- scheppan	5,7	7,3	8,5

Tabel 2. Frekwenties van tillen (aantal per min.) onderverdeeld naar deeltaak en soort schep (steekproefgegevens in de analyse van taken)

deeltaak	schep	steekproef met laagste frekwentie	gemiddelde frekwentie van de steekproeven	steekproef met hoogste frekwentie
trottoirtegels wegscheppen	steekscheppan	13	14	16
funderingsmateriaal wegscheppen	steekscheppan	7	11	13

zandgraven, deels geroerd, deels ongeroerd	steekscheppan	16	20	25
verdicht zand graven	steekscheppan	18	19	21
zand vermengd met sintels en licht puin wegscheppen	steekscheppan	12	14	16
lossteken van zand tussen leidingen en wegscheppen	steekscheppan	4	5	7

dichtschiiven sleuf staande op maaiveld	steekscheppan	25	29	45
dichttrekken sleuf staande in sleuf	steekscheppan	21	33	46

graven in kleverige klei op 1,1 m diepte	steekscheppan	3	5	6
graven ongeroerde klei	spa	4	6	9

Uit de beide tabellen 1 en 2 kan gekonkludeerd worden dat schepgewichten en tilfrekwenties sterk uiteen kunnen lopen en dat er weinig verband is tussen het gemiddelde gewicht van lasten en de fre-

kwentie van tillen. Dat is mede te verklaren uit belemmeringen die bij het lossteken worden ondervonden zoals, stenige materialen, harde zandlagen, kleverige of harde klei of de aanwezigheid van leidingen in de grond. Een tweede konklusie is dat binnen deeltaken bij gelijke scheppen ook flinke variaties in gewichten worden gevonden enerzijds door de wisselende omstandigheden, anderzijds doordat fitters zelf het gewicht op de schep reguleren zo blijkt uit de verstrekte toelichtingen. Nu zal nader worden ingegaan op enkele afzonderlijke taken waarin scheppen gebruikt worden.

voorbereidende werkzaamheden

Bij het verwijderen van wegdekbestrating en fundering kan het gemiddelde gewicht van schep met last uiteenlopen van 5,5-12 kg. De gemiddelde en maximale gewichten kunnen hoger liggen dan de gewichten gemeten in zand. Vooral als het materiaal in grote brokken verplaatst wordt kunnen tilbelastingen optreden die hoger zijn dan in klei.

Bij grotere projecten, met opbreekwerkzaamheden die meerdere uren of dagdelen achtereen duren, wordt dit erg vermoeiend werk, zeker als ook langdurig gewerkt moet worden met een kango die zwaar is (22,5 kg) zoals dat gebeurt bij het opbreken van stroken asfalt. De fitters ervaren de voorbereidende werkzaamheden ook als zwaar, zo blijkt uit toelichtingen. In kleinere projecten zal altijd handwerk overblijven.

graven in zand

Bij het graven in zand onder niet belemmerende omstandigheden worden gemiddelde gewichten en tilfrekwenties gevonden die in de buurt liggen van waarden die ook in de literatuur zijn aangetroffen. Als vuistregel voor een optimaal schepgewicht wordt in de literatuur 6-8 kg genoemd (Freivalds, 1984). Deze waarde is gebaseerd op een energetisch belastingscriterium (zuurstofverbruik en/of hartslagfrekwentie) niet op de belasting onder in de rug.

Morrissey (1980) maakt melding van experimenteel onderzoek met mijnwerkers in een omgeving die rechtop staan niet belemmert. In scheptaken van 15 minuten werd in de eerste minuten van de taak een gemiddelde schepfrequentie van 25 opschepbewegingen per minuut gevonden, daarna daalde de frequentie tot 16 à 17 en bleef nageenoeig konstant tot het einde van de taak. Piekfrequenties die maar kort volgehouden konden worden, lagen op 49. Tijdens de analyse van scheptaken en tijdens het experimentele deel van het onderzoek in zand zonder noemenswaardige verontreinigingen zijn gemiddelde frequenties gevonden van 19 à 20 bij het steekscheppen en 25 bij het afkruimen. Dit stemt redelijk overeen met de in de literatuur gevonden waarden.

Onder belemmerende omstandigheden, zoals het graven in zand met puin of onder leidingen, zakt zowel het gemiddeld tilgewicht als de tilfrequentie. Een groot deel van de energie moet worden besteed aan het loswerken van het materiaal.

dichtgooien van een sleuf in zand

Bij het dichtgooien en/of dichtschiiven komen incidenteel schepfrequenties voor die in de buurt liggen van in de literatuur vermelde maxima voor schepbewegingen. Het dichtgooien duurt meestal betrekkelijk kort, er kunnen echter flinke piekbelastingen optreden. Enkele langzame horizontale trekbewegingen met een schep door zand, met een schepstand zoals vaak een sleuf wordt dichtgeschoven, leverde een trekkracht op van 12-16 kg (gemeten met veerunster op de plaats waar de onderste hand de steel vastgrijpt). Wordt in snel tempo gewerkt dan liggen de waarden vermoedelijk lager doordat minder zand per beweging wordt verplaatst.

graven in klei

In de beschikbare literatuur is over graven in klei niets gevonden. Zowel de standaardspa en minder vaak de kabelspa zijn in gebruik bij fitters, er zijn fitters die een steekscheppen gebruiken

als de klei gemakkelijk van het blad afvalt, zoals bij klei vermengd met zand. De te tillen gewichten kunnen flink hoog zijn (§ 4.5, tabel 1) als de klei moeilijk is los te steken. Onnodig te vermelden dat het loswerken van klei veel energie kost. Gekonstateerd is dat ook stootbelastingen in armen en schouders kunnen optreden.

In het experimentele deel van het onderzoek in geroerde klei lag de gemiddelde tilfrekwentie op 10 per minuut, het gemiddeld gewicht was hetzelfde als in de praktijk met de spa. Bij het gebruik van de kabelspa met een kleiner bladoppervlak komt het gewicht meer in de buurt van de in de literatuur genoemde waarden (6-8 kg). De kabelspa is lichter in gewicht, is 30% smaller dan de spa maar ook 16% (4 cm) langer. Daardoor moet iets dieper worden gestoken maar de insteekkrachten zullen vermoedelijk ook 30% teruglopen. Het gemiddelde tilgewicht van de spa met grond kan ook worden teruggebracht door het blad iets korter en niet smaller te maken. Voordeel van een korter blad is dat het insteektrajekt korter wordt en een niet al te grote houdingsverandering noodzakelijk maakt als het lichaam met het volle gewicht op de schep drukt. Het sterkst merkbaar is dat vermoedelijk bij gebruikers met een kleine lichaamslengte. Een tweede, klein, voordeel is dat het zwaartepunt van de last enkele cm naar de gebruiker toe in plaats van de gebruiker af verplaatst zoals bij de kabelspa.

4.6 Konklusies en aanbevelingen met betrekking tot de opbreekwerkzaamheden

Hoofddoel van de analyse van scheptaken was na te gaan hoe schepen onder praktijkomstandigheden worden gebruikt en deze kennis te gebruiken voor de schepkeuze. De konklusies en aanbevelingen over dit onderwerp zijn weergegeven in hoofdstuk 6. In deze paragraaf worden de konklusies en aanbevelingen weergegeven over de deel-

vraagstelling "arbeidsbelasting tijdens opbreekwerkzaamheden", waaraan op verzoek van de fitters in de werkgroep "werkmethoden en middelen" aandacht is geschonken. Gezien de hoofddoelstelling van dit onderzoek levert deze deelvraagstelling alleen summiere indicaties van knelpunten op.

rugbelasting tijdens opbreekwerkzaamheden

Tijdens het opbreken van bestrating en wegdek wordt behalve van breek- en stootgereedschap ook gebruik gemaakt van de schep. Rugbelastend zijn het tillen van grote brokken bestratingsmateriaal, asfalt of fundering en het positioneren van de zware breekhamers.

Konklusies

- Bij het verwijderen van bestratingsmateriaal met een schep kunnen hoge piekbelastingen voor de rug ontstaan door het hoge gewicht van de te verplaatsen materialen op de schep, de grote afstand tot de rug bij het tillen, de grote afstand waarover materialen worden weggegooid.
- Gelet op het gewicht op de schep wordt de taak soms in hoog tempo uitgevoerd meestal aan het begin van een karwei als nog geen "warming up" heeft plaatsgevonden. De kans dat men zich forceert is dan vermoedelijk groter.
- Bij het vasthouden van de kango wordt geregeld met onnodig ver voorovergebogen romp gewerkt.

Aanbevelingen

- Nagegaan zou moeten worden of trottoirtegels en soortgelijk bestratingsmateriaal niet met de schep maar met ander gereedschap (bijvoorbeeld een soort stenenklem) kunnen worden verplaatst, zodat de romp minder voorovergebogen behoeft te worden, terwijl de last dicht bij het lichaam kan worden gehouden. Een dergelijk instrument zou eerst ontwikkeld moeten worden; vooralsnog is voorlopig aandacht nodig voor de werk-

methode, zoals: plaats van de voeten, tempo en "warming up", kleine afstand last tot lichaam en werk-rustverhouding bij een groter karwei.

Afgeraden wordt om meer dan één trottoirtegel tegelijk op de schep te nemen.

- Door een goede organisatie van het werk moet voorkomen worden, dat bestratingsmateriaal over te grote afstanden wordt verplaatst, zeker als dit toch weer (provisorisch) teruggelegd moet worden aan het eind van het karwei. De neiging is groot de afstand met "weggooien" te overbruggen, waardoor de belastingen groter en de romphoudingen ongunstiger worden.
- Beperking van het gewicht van de kangobreekhamer is aan te bevelen.
- Aanpassing van de hoogte van de handgrepen van de kangobreekhamer aan de lengte van de fitter moet worden nagestreefd bijvoorbeeld door juiste keuze van de beitellengte, zodat met zo recht mogelijke romp kan worden gewerkt.

overige belastingsaspecten tijdens opbreekwerkzaamheden

Bedoeld zijn hier aspecten als algemene lichamelijke inspanning, de belasting van armen en schouders en de belasting door taakgebonden omgevingsfactoren.

Konklusies

- Het opbreken en verwijderen van asfalt- en funderingslagen is behalve voor de rug in meerdere opzichten belastend werk. De gevolgde werkwijze kan tijdrovend en vermoeiend zijn, zeker bij een wat groter karwei.
- Er worden klachten genoemd in handen, armen en schouders die door fitters in verband worden gebracht met stootbelastingen bij het losstoten van materialen met behulp van het stootijzer.
- Trillingen in handen en armen bij het werken met een kango

alsook uitlaatgassen en lawaai van sommige kango's vormen eveneens belastende factoren die aandacht verdienen.

Aanbevelingen

- Waar mogelijk dient overwogen te worden om opbreekwerkzaamheden gemechaniseerd te laten verlopen; in sommige gevallen lijkt dit ook rendabel te kunnen zijn.
- Omdat mechanisatie niet in alle gevallen rendabel zal zijn, is het aan te bevelen ook aandacht te besteden aan:
 - o de vormgeving van de handzijde van stootgereedschap;
 - o beperking van de uitstoot van uitlaatgassen, lawaai en de doorleiding naar de handen van trillingen via de handgrepen van de kangobreekhamer.

4.7 Belangrijkste konklusies ten aanzien van het veldexperimentele deel van het onderzoek

Enkele konklusies worden getrokken die van belang zijn voor de verdere uitwerking van de opzet van de veldexperimenten die beschreven is in hoofdstuk 3. Ideeën en suggesties opgedaan tijdens het praktijkonderzoek die nuttig zijn voor de proefopstelling en de uitvoering van de experimenten worden hier niet verder besproken.

tilgewicht en bladgrootte

Flinke spreidingen in tilgewicht bij gelijkblijvende bladgrootte en taken komen voor. Behalve de taakomstandigheden spelen individuele factoren een rol. De fitters zien mogelijkheden om het gewicht op de schep zelf te reguleren afhankelijk van het gekozen tempo of van optredende vermoeidheid.

Indien fitters met de huidige schepen in belangrijke mate de last kunnen aanpassen aan eigen capaciteit en werkmethode is er weinig

reden ook nog de bladgrootte af te stemmen op de capaciteit van afzonderlijke groepen werknemers; er kunnen zich uitzonderingen voordoen, dat een te groot blad toch niet prettig werkt.

De kans bestaat ook dat individuen de marge om het schepgewicht te reguleren verkeerd gebruiken en zichzelf te vaak aan de grens van het eigen vermogen belasten; hier is gedragsbeïnvloeding op zijn plaats.

Konklusies

Gezien de mogelijkheden die fitters zien om het gewicht op de schepbladen naar eigen vermogen te reguleren, binnen zekere grenzen dan wel te verstaan, is het weinig zinvol het bladoppervlak als variabele op te nemen in het experimentele onderzoek en zal van de bestaande bladen worden uitgegaan.

insteekhandeling bij scheptaken

In de praktijk blijken zich bij het graven in de grond belemmeringen voor te kunnen doen bij de deelhandeling "insteken van de schep" zoals het geval kan zijn bij harde, kleverige klei, in zandgrond met leidingen en bij graven in zand vermengd met sintels of licht puin. Het insteken neemt veel tijd in beslag, kan vermoeiend worden en er kunnen klachten over de bovenste ledematen en de schouders ontstaan als de stoot- en insteekkrachten hoog worden. Naar verwachting is de rug echter minder belast dan bij de tilhandeling.

Konklusies

Uit de analyse van scheptaken in de praktijk is gebleken, dat er knelpunten met betrekking tot de belasting in het algemeen en van de armen en schouders in het bijzonder kunnen ontstaan als gevolg van grote krachten bij de "insteekhandeling".

dichtgooien van een sleuf

Tijdens de analyse van scheptaken in de praktijk is gekonstateerd, dat verschillende manieren van dichtgooien door elkaar worden gebruikt. In hoofdzaak wordt gebruik gemaakt van de werkmethoden "dichtschuiven", dan staat men op maaiveldniveau, of "dichttrekken", dan staat men in de put. De rug wordt daarbij anders belast dan bij het opscheppen. Verder komen hoge tempo's voor en de schuifkrachten kunnen flink hoog worden. Uit toelichtingen van werknemers blijkt, dat het dichten van een groot gat zeer belastend is, met name voor de rug. De indruk bestaat, dat ook de keuze van de juiste schep de belasting in de rug kan beïnvloeden. Om praktische en economische redenen zal het "dichtgooien" niet altijd gemechaniseerd kunnen verlopen.

Konklusie

De taak "dichtgooien" van een sleuf kan zeer specifieke belastingen voor de rug met zich mee brengen. De belasting lijkt beïnvloedbaar door de gekozen werkmethode en de schep.

aandachtspunten voor de opzet van het veldexperimenteel onderzoek

- Het veldexperimenteel onderzoek is primair gericht op de rugbelasting tijdens de "tilhandeling". De plaats waar de handen de steel vastgrijpen en de stand van de armen spelen daarbij een belangrijke rol. In het veldexperimenteel onderzoek zal daarom in beperkte vorm aandacht geschonken worden aan de belasting en de stand van de armen tijdens de "insteekhandeling" bij het steekscheppen. Dit criterium kan worden beschouwd als een randvoorwaarde bij de keuze van de steellengte.
- De overige aspecten die de belasting van handen, armen en schouders mede bepalen, zoals de snij-eigenschappen van de voorzijden van het blad, de gladheid van het bladoppervlak vallen buiten het kader van het veldexperimenteel onderzoek.

Enkele aanbevelingen op basis van de analyse van de scheptaken zijn te vinden in § 6.7.

- Omdat tijdens de veldexperimenten de sleuf of put ook weer dichtgegooid dient te worden, is alsnog de taak "dichtgooien" in dit deel van het onderzoek betrokken, vooral ook omdat het om specifieke belastingen van de rug kan gaan, die anders zijn dan bij het "steekscheppen of afkruimen" van grond; verwacht wordt dat de keuze van de schep hierop ook invloed kan hebben.

5. RESULTATEN VAN DE VELDEXPERIMENTEN

5.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk zijn de resultaten besproken van de analyse van scheptaken in de praktijk. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de resultaten van het experimentele deel van het onderzoek waarin een aantal proefscheppen onderling zijn vergeleken op de criteria zoals die in hoofdstuk 3 zijn beschreven. De criteria waren de volgende:

- vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilhandeling bij steekscheppen, afkruimen en dienstput graven (§ 5.2 en 5.3);
- belastend moment onder in de rug aan het begin van de tilhandeling bij steekscheppen en afkruimen (§ 5.4);
- beoordeling van de scheppen voor verschillende taken door de proefpersonen (§ 5.6).

Naar aanleiding van de resultaten van de taakanalyse is alsnog zijdelings aandacht geschonken aan het dichtgooien van een sleuf. De resultaten over de vooroverbuiging van de romp aan het begin van de dichtgooihandeling alsmede enkele indicaties over belastende momenten die kunnen optreden zijn beschreven in paragraaf 5.5. Nadere indicaties over het in de grond steken van de schep bij de taak "steekscheppen" waren nodig in verband met de randvoorwaarden voor schepkeuze en om de verschillen te verklaren tussen de resultaten gevonden met behulp van registratie van de werkhouding en de beoordeling van de scheppen door de fitters. De resultaten van deze beknopte secundaire analyse zijn beschreven in paragraaf 5.7. Hoofdstuk 5 is afgerond met een samenvatting van de belangrijkste resultaten (paragraaf 5.8).

5.2 Vooroverbuiging van de romp bij steekscheppen of afkruimen

5.2.1 Inleiding

De veronderstelling was dat het verminderen van de vereiste vooroverbuiging van de romp bij het graafwerk waarschijnlijk bijdraagt tot vermindering van de arbeidsbelasting en tot een betere bescherming van de structuren onder in de rug doordat minder extreme standen worden ingenomen. De vooroverbuiging van de romp wordt beschreven aan de hand van de hoek die een denkbeeldige lijn, getrokken door twee markeerpunten op de rug, maakt met een vertikaal vlak (zie bijlage 2 voor een verdere toelichting).

Uit de video-opnamen tijdens de veldexperimenten is gebleken dat het "onder leidingen graven" bestaat uit het "onder leidingen opscheppen van losgewerkt zand".

Bij enkele proefpersonen was het daadwerkelijk aantal schephandelingen "onder leidingen" te gering om hierover systematische gegevens te kunnen presenteren. Bij de inspectie van de videobeelden is echter gebleken dat het onder leidingen opscheppen van losgewerkt zand redelijk te vergelijken is met het opscheppen van los zand bij de taak "afkruimen", zij het dat alle proefpersonen gemiddeld wat verder voorover moeten buigen omdat de leidingen zich in de experimentele situatie onder het vlak bevonden waarop de fitter staat. Uit de waarnemingen zijn wel indicaties gevonden dat de effecten die de verschillende scheppen hebben op de rompstand bij het afkruimen van zand ook gelden voor het wegscheppen van zand onder leidingen.

In deze paragraaf worden de resultaten van de vereiste vooroverbuiging van de romp besproken, gegeven de taken "steekscheppen" en "afkruimen" in samenhang met de kenmerken van proefpersonen: "distrikt en lichaamslengte".

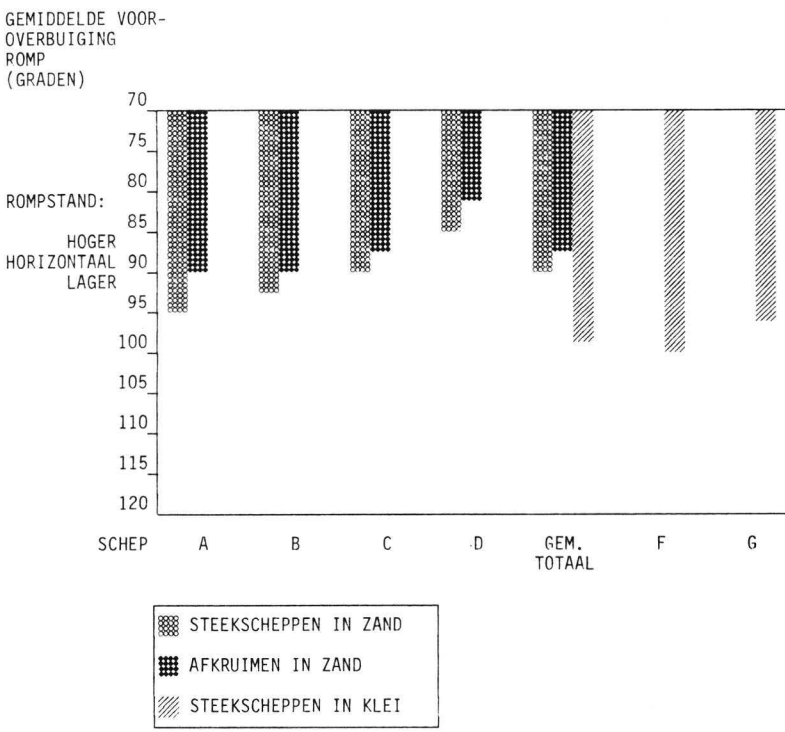
In subparagraaf 5.2.2 wordt een globaal overzicht gegeven van de

vooroverbuiging van de romp bij verschillende taken en gebruikte scheppen. In subparagraaf 5.2.3 t/m 5.2.5 worden de taken afzonderlijk besproken voor zover nodig in samenhang met de kenmerken van de proefpersonen, te weten: distrikt en lichaamslengte. In paragraaf 5.3 zal nader ingegaan worden op de belastende "draaimomenten onder in de rug".

5.2.2 Vooroverbuiging in verschillende graaftaken

Indien de gegevens van de 6 proefpersonen over de twee taken "steekscheppen" en "afkruimen" in zand samen worden genomen dan is de gemiddelde rompstand aan het begin van de tilbeweging nagenoeg horizontaal (zie grafiek 1).

Grafiek 1. Gemiddelde vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilbeweging bij steekscheppen en afkruimen in een sleuf, onderverdeeld naar scheppen en grondsoort (alle proefpersonen te zamen)



Tussen de taak "steekscheppen" en "afkruimen" is maar weinig verschil (3°) in gemiddelde rompstand. Anders ligt dat voor "graven in klei"; bij deze taak staat men echter gemiddeld 10° dieper doorgebogen dan bij graven in zand. Gekonstateerd is ook dat men anders gaat staan in de sleuf. De hoek "gamma", dat is de hoek tussen de vertikale vlakken door de wervelkolom en de sleuf, wordt gemiddeld 55° , terwijl deze bij het steekscheppen in zand gemiddeld 42° bedroeg. Dit is van betekenis voor de wijze waarop de schep met grond de voorovergebogen rug belast (zie paragraaf 5.3). In grafiek 1 zijn verder verschillen te zien tussen de 4 proefscheppen die in zand worden gebruikt. De gemiddelde vooroverbuiging van de romp is het grootst bij de standaard steekscheppan (schep A) en het kleinst bij de experimentele schep (schep D). Er is echter sprake van interactie tussen de verschillende factoren die van belang zijn voor de rompstand. De eerste vraag is of er een hoofdeffekt van scheppen is dat groter is dan de effecten van combinaties van scheppen met andere factoren die de rompstand medebepalen, zoals: de taak en de proefpersonen gegroepeerd naar lichaamslengte of distrikt. De verschillen tussen de scheppen blijken niet groot genoeg te zijn (statistisch niet significant) om te kunnen spreken van een hoofdeffekt van scheppen.

Om de uitkomsten beter te kunnen interpreteren zullen deze per taak en voor zover nodig per groepering van proefpersonen (subparagraaf 5.2.3 t/m 5.2.4) verder worden uitgesplitst.

In tegenstelling tot het graven in zand wijkt de gemiddelde vooroverbuiging van de romp bij gebruik van de experimentele spa (schep G) maar weinig af van die van de standaardspa (schep F).

Samenvattend kan worden gesteld dat, in verschillende graaftaken de gemiddelde vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilbeweging 87° tot 98° bedraagt. Bij de graaftaken in zand is de rompstand gemiddeld genomen nagenoeg horizontaal (88°), bij het "steekscheppen" in klei werkten de proefpersonen gemiddeld in een

sterker voorovergebogen houding dan in zand. Er zijn indicaties dat scheppen verschillen in vooroverbuiging van de romp veroorzaken maar er zijn ook andere factoren die in combinatie met scheppen verschillen veroorzaken. In de volgende paragrafen wordt hier nader op ingegaan.

5.2.3 Vooroverbuiging van de romp bij het steekscheppen van zand in een sleuf

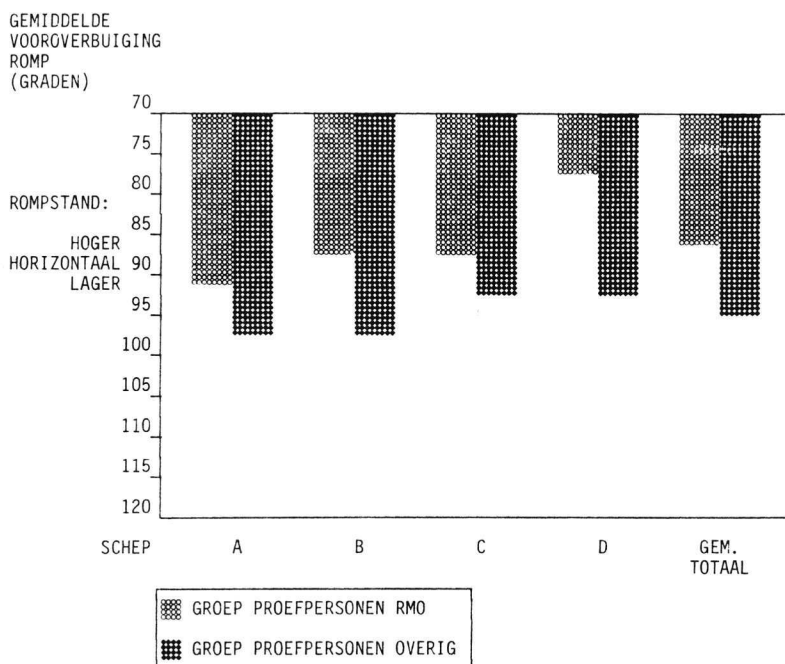
Bij het "steekscheppen" wordt de schep onder een hoek van 70° tot 80° in het (verdichte) zand gedrukt. Dat gebeurt met de handen al of niet gekombineerd met een voetbeweging. Nadat de steel achterover is getrokken en de moot grond is losgewerkt volgt de tilbeweging die eindigt als het zand is weggeworpen. In deze paragraaf wordt het "steekscheppen" nader geanalyseerd.

De vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilbeweging blijkt niet alleen af te hangen van de schep die men gebruikt, maar ook van de proefpersonen gegroepeerd naar het kenmerk "distrikt" (de groep RMO en de groep OVERIG).

In grafiek 2 zijn de resultaten weergegeven van de vooroverbuiging van de romp in relatie tot het distriktskenmerk en de soort schep. Door de groep RMO wordt duidelijk minder voorovergebogen aan het begin van de tilhandeling dan door de groep OVERIG; waarschijnlijk het gevolg van verschil in werkmethode want ook bij schep A, de standaardschep, is dat verschil aanwezig. De kleine verschillen in de gemiddelde lichaamsafmetingen in beide groepen (zie bijlage 4) bieden onvoldoende verklaring voor de gevonden verschillen.

Wordt de standaard-steekscheppen (schep A) als uitgangspunt gekozen dan is in beide groepen te zien dat bij scheppen B de vooroverbuiging van de romp nauwelijks is veranderd terwijl de schep met verlengde steel (schep C) wel enigszins de vooroverbuiging vermindert, iets meer bij de groep OVERIG dan bij de groep RMO.

Grafiek 2. Gemiddelde vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilbeweging bij het steekscheppen van zand in een sleuf, onderverdeeld naar scheppen en 2 groepen proefpersonen (RMO en OVERIG)



De experimentele scheppen (schep D) heeft in beide groepen te zamen de grootste vermindering van de vooroverbuiging van de romp tot gevolg. In de groep proefpersonen van RMO is het resultaat het sterkst, een vermindering in vooroverbuiging van ongeveer 14° ten opzichte van schep A en t.o.v. schep B en C een vermindering van 10°.

Verskil tussen groepen proefpersonen met verschillende lichaams-lengte zijn bij deze taak niet erg zichtbaar geworden hoewel, gezien de romplengteverschillen, enig effect verwacht mocht worden. Een verklaring voor de grote spreidingen binnen de lengtekatego-rieën is het gevonden verschil tussen distrikten dat naar alle waarschijnlijkheid is veroorzaakt door verschil in werkmethode. De verschillen tussen scheppen zijn groter, als deze getoetst worden

tegen gekombineerde effecten van lichaamslengte en schep ($p < 0.05$).

Samengevat zijn er bij het steekscheppen in zand twee belangrijke gekombineerde invloeden op de vooroverbuiging van de romp, te weten: groepering van proefpersonen naar distrikt en soort schep. Binnen elk der twee groepen is er een tendens dat de scheppen met de langste stelen (schep C en D) gemiddeld minder vooroverbuiging van de romp teweeg brengen aan het begin van de tilbeweging. Bij de experimentele scheppen (schep D) is het effect over het totaal der proefpersonen het grootst, het meeste effect heeft deze schep op de romphouding van de proefpersonen van de groep RMO.

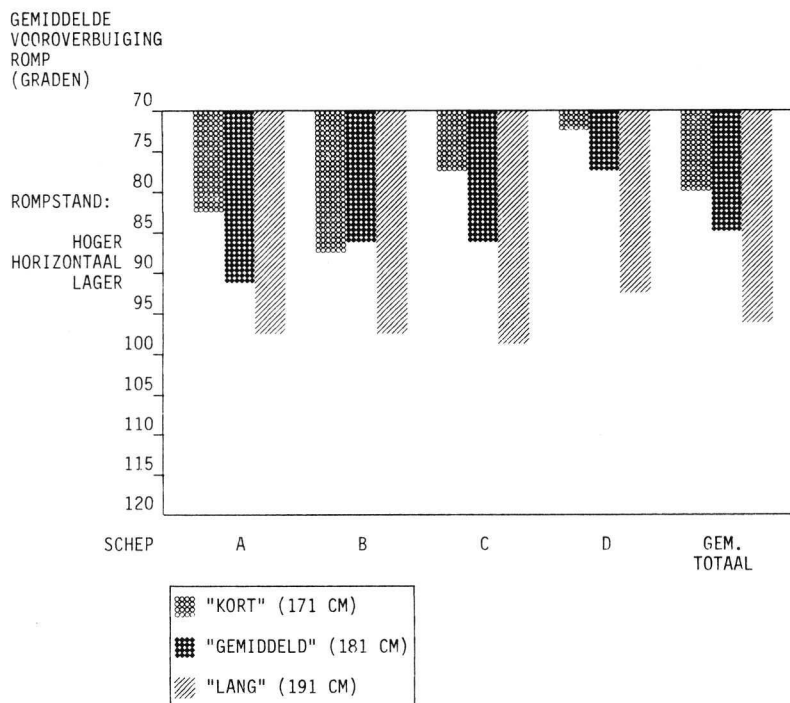
Schep B draagt nauwelijks bij tot een verbetering. Daarnaast is er vermoedelijk een invloed van de werkmethode die samenhangt met het distrikt waaruit de proefpersonen komen. Ongeacht de schep werkten de proefpersonen van RMO gemiddeld iets meer rechtop dan de proefpersonen in de groep OVERIG.

5.2.4 Vooroverbuiging van de romp bij het afkruimen van zand in een sleuf

Nadat moten verdicht zand losgestoken en omhoog geworpen zijn (steekscheppen) blijven er restanten zand (kruim) achter in de sleuf. Door met het schepblad in horizontale richting over de bodem te schuiven wordt het kruim opgenomen dat vervolgens met een zwaaibeweging wordt weggeworpen. Het afkruimen van zand in een sleuf is goed vergelijkbaar met het opscheppen van losgestoken zand onder leidingen. In deze paragraaf wordt het afkruimen van zand nader geanalyseerd.

Behalve met de soort schep blijkt de vooroverbuiging van de romp ook flink samen te hangen met de lichaamslengte van de proefpersonen, echter nauwelijks met het kenmerk "distrikt". De resultaten zijn weergegeven in grafiek 3.

Grafiek 3. Gemiddelde vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilbeweging bij het afkruimen van zand in een sleuf, onderverdeeld naar scheppen en categorieën van lichaamslengte van de proefpersonen ("kort", "gemiddeld" en "lang")



De verschillen tussen de drie lengtecategorieën zijn significant ($p < 0.01$). Tussen de scheppen zijn ook significante verschillen gevonden ($p < 0.05$).

De langste proefpersonen staan in de meest voorovergebogen houding ($> 90^\circ$) als de tilhandeling begint. Verandering van soort schep heeft in het algemeen het minste effect op de categorie lange proefpersonen; de modifikaties in de vormgeving van blad en steel zijn blijkbaar te gering om veel effect te kunnen sorteren op de romphoek van individuen met een relatief grote romplengte. De scheppen worden nu onderling vergeleken waarbij schep A, de standaard-scheppen, weer als uitgangspunt dient net als in de vorige paragraaf.

De scheppan (schep B) levert t.o.v. schep A enige vermindering (5°) in de vooroverbuiging van de romp op voor de categorie proefpersonen van gemiddelde lengte (181 cm), maar een tegengesteld effect is er bij de categorie "korte" proefpersonen, daarbij wordt de vooroverbuiging juist groter (4°), mogelijk speelt hier een verschil in werkmethode een rol. Voor de "lange" proefpersonen verandert er nauwelijks iets.

De steekscheppan met verlengde steel (schep C) vermindert de vooroverbuiging met $\pm 5^{\circ}$ in twee van de drie lengtekategorieën te weten de groep van 171 en 181 cm; juist omgekeerd is een kleine vermeerdering (2°) te zien bij de twee lange proefpersonen.

Schep D, de experimentele scheppan, heeft het meeste effect op de vooroverbuiging van de romp. In elk der lengtekategorieën is de vooroverbuiging minder vergeleken bij schep A; de verschillen bedragen 11° voor de lengtekategorie van 171 cm; 13° voor die van 181 en 6° voor de lengtekategorie 191 cm. Ook ten opzichte van beide andere scheppen A en C is de rompdoorbuiging bij gebruik van schep D kleiner.

Samengevat kan worden gesteld dat er bij het afkruimen van zand twee belangrijke invloeden zijn op de vooroverbuiging van de romp, te weten: de lengte van de proefpersonen en de soort schep. De categorie proefpersonen met de grootste lichaamslengte (en ook de grootste romplengte) werkt in de meest voorovergebogen positie; voor deze groep zijn de effecten van schepverbetering op de romphouding gering. Een uitzondering vormt schep D; vergeleken met schep A is de vooroverbuiging gemiddeld 6° minder. In de twee andere lengtekategorieën hebben de scheppen met de grootste steel-lengte (schep C en D) het grootste effect op de vooroverbuiging van de romp. Schep D heeft het beste resultaat, de vooroverbuiging vermindert t.o.v. schep A met gemiddeld 12° ; bij schep B is het resultaat gemiddeld genomen nihil, schep C vermindert de vooroverbuiging met gemiddeld 5° .

5.3 Vooroverbuiging van de romp bij het graven van een dienstput in zand

5.3.1 Inleiding

Tijdens de experimenten in zand (lokatie Kralingen) is apart aandacht geschonken aan de werkhouding bij het graven van een dienstput met twee soorten scheppen: de standaard-steekscheppan met hilt (schep A) en de betonschep met een zeer lange steel (158 cm), zonder hilt en met het blad van een scheppan (schep E). Alvorens de resultaten te bespreken wordt in het kort nog eens ingegaan op de taak van het dienstputgraven omdat deze in essentie anders is dan het graven in een sleuf. Een dienstput wordt ongeveer 80 cm diep gegraven en is gemiddeld 25 cm breed bij 30 cm. lang, bovenaan iets wijder, onderin iets smaller. Gemiddeld zijn 18 schepcycli nodig om een dienstput te graven. De fitter blijft in tegenstelling tot het graven van een sleuf op het maaiveldniveau staan, steekt het zand in de put met de schep los waarna dit in kleine hoeveelheden (3 tot 5 kg) uit de put omhoog wordt gewerkt. Naarmate de put dieper wordt moet dieper voorovergebogen worden om de last eruit te tillen. Bij het gebruik van schep A, die een totale lengte van 115 cm heeft, wordt het aangrijpingspunt van de onderste hand (dolzijde) noodzakelijkerwijs steeds verder naar boven verplaatst. Doordat de handen steeds verder naar elkaar toekomen ontstaat een ongunstige krachtverdeling op armen en schouders. De onderste hand kan zich onder het maaiveldniveau bevinden, hetgeen kleine verwondingen kan veroorzaken als de putrand uit bestaingsmateriaal bestaat (zie ook de afbeelding in § 3.3.2). Onnodig te vermelden dat ook diep voorovergebogen moet worden. In de volgende paragraaf zal nader worden ingegaan op de vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilhandeling.

5.3.2 Vooroverbuiging van de romp bij het graven van een dienstput in zand

Nagegaan is of het gebruik van schep E een vermindering van de vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilhandelingen teweeg brengt. Om de drie schepbewegingen zijn gegevens ontleend aan de videobeelden en is de vooroverbuiging van de romp berekend (zie bijlage 2). De gemiddelden van de steekproeven zijn te zamen genomen en in tabel 3 is de verandering in rompvoroverbuiging bij gebruik van schep E vergeleken met schep A weergegeven in relatie tot het sterkst diskriminerende kenmerk van proefpersonen, de lichaamslengte.

Tabel 3. Gemiddelde verandering in vooroverbuiging van de romp bij gebruik van schep E in plaats van schep A bij het graven van een dienstput in zand

kategorie lichaamslengte	gemiddelde vermindering in vooroverbuiging van de romp (graden)
171 cm	22°
181 cm	12°
191 cm	8°

gemiddeld totaal	14°

In de tabel is te zien dat de gemiddelde vooroverbuiging aan het begin van de tilhandeling met 14° vermindert. Het effect is groter naar mate de proefpersonen kleiner zijn. Het grote verschil in steellengte van schep E ten opzichte van schep A (+43 cm) zou echter in theorie een grotere vermindering van de vooroverbuiging moeten opleveren, namelijk ongeveer 35°. De langere steel van schep E wordt echter ook gebruikt om de afstand tussen de aangrijpingspunten van de handen aan de "dul - respectievelijk de hiltzijde" te vergroten tot de gebruikelijke afstand van ongeveer 50 à 60 cm zodat een gunstiger krachtverdeling in armen en schou-

ders ontstaat. Een tweede punt is dat bij dieper wordende put de hefhoogte van de schep zo groot wordt dat rug en armbeweging te samen nodig zijn om de schep uit de put te krijgen zodat het voordeel van de lange steel deels teniet wordt gedaan.

Bij het gebruik van schep A viel overigens op dat een der fitters bij een vooroverbuiging van 107° de totale lichaamshouding wijzigde en overging van staand naar werken op een knie met het andere been gebogen, steunend op de grond. De vooroverbuiging van de romp werd hierdoor $\pm 25^\circ$ minder. Geregeld geknield werken heeft het nadeel dat een knie op druk wordt belast en tengevolge van fixatie van het bekken moet bij het wegzwenken van de schep met zand de rotatie nagenoeg geheel in de rug worden opgevangen.

Afgezien van de stand van de romp aan het begin van de tilhandeling mag verwacht worden dat er ook met schep E een verbetering van de rompstand is bij de taakhandeling "lossteken van zand" vooral als de put dieper wordt. Een schep met zeer lange steel, zoals schep E, zou ook dienstig kunnen zijn bij het lossteken van zand in betrekkelijk kleine sleuven met leidingen. De ene fitter staande op het maaiveldniveau steekt naast de sleuf de grond los terwijl de andere met een aangepaste schep staande in de sleuf de losgewerkte grond opschept en omhoog brengt.

Samenvattend kan worden gesteld dat het gebruik van schep E bij het graven van een dienstput van ± 80 cm diep een aantal voordelen met zich meebrengt. Behalve een vermindering van de vooroverbuiging van de romp bij het begin van de tilhandeling en bij het lossteken op diepte kunnen beide handen boven het maaiveld blijven en kan geknield werken worden voorkomen. Doordat de schep geen hilt heeft kan de positie van de handen vrij worden gekozen.

5.4 Belastend moment onder in de rug bij graven en afkruimen

5.4.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de resultaten besproken van de berekeningen die gemaakt zijn met behulp van het statisch biomechanisch model voor de uitwendig belastende momenten onder in de rug aan het begin van de tiltaak. De voor het model benodigde gegevens: afstanden, hoeken en krachten, zijn verkregen uit videobeelden en metingen aan proefpersonen en scheppen (zie bijlage 1 en 2 voor de uitwerking van het model). Eerst zal de bijdrage van het gewicht van een schep met grond besproken worden (paragraaf 5.4.2) en vervolgens komt het belastend moment onder in de rug bij verschillende graaftaken en scheppen aan de orde (paragraaf 5.4.3).

5.4.2 Gewicht van een schep met grond in de verschillende experimentele taken

Voor het model is het nodig een schatting te maken van het gewicht van een schep met grond die tijdens de verschillende experimentele taken moet worden getild. Als last in het biomechanisch model is het gemiddeld gewicht genomen van een aantal scheppen met grond in verschillende taken. Om het experiment niet al te veel te verstoren is steekproefsgewijs een schep met grond gewogen. Tevens is de afstand van de dul tot de werklijn van de zwaartekracht door het zwaartepunt van de schep met grond gemeten door de schep te balanceren. De scheppen bestemd voor zand zijn ongeveer even zwaar en de bladoppervlaktes zijn gelijk. De bladoppervlaktes van de beide spa's, die kleiner zijn dan de bladen bij zandscheppen verschillen onderling echter nauwelijks; het gewicht van de experimentele spa is echter ongeveer 0,3 kg lager dan dat van de standaardspa.

De uitkomsten van de metingen van de scheppen met grond zijn weer-gegeven in tabel 4 en afgerond op 0,5 kg.

Tabel 4. Gewichten (kg) van steekproeven van scheppen met grond in verschillende taken

taak	kleinste gewicht	gemiddeld gewicht	grootste gewicht
- steekscheppen in zand	5,5	7,5	8,5
- afkruimen van zand	4	5	6,5
- steekscheppen van klei	7	9,5	12

Vergeleken met de resultaten uit de taakanalyse (hoofdstuk 4) is het gemiddelde gewicht van de steekproeven bij het steekscheppen ongeveer gelijk aan de waarde van vochtig sterk verdicht zand. De zandgrond op de proeflokatie Kralingen betrof een verdichte laag onder een dienstweg. Een schep met afgekruid zand is gemiddeld lichter doordat het zand is losgewerkt, luchtiger is en in het algemeen in kleinere hoeveelheden op de schep wordt genomen. Het gewicht van de steekproeven in klei is hoger dan die in zand en komt nagenoeg overeen met de waarden gevonden in de praktijk (hoofdstuk 4). De gemiddelde gewichten uit tabel 4 zijn als uitgangspunt gekozen voor de schatting van de krachten van de schep in het biomechanisch model.

5.4.3 Belastend moment onder in de rug bij verschillende graaf-taken en scheppen

Het uitwendig belastend moment onder in de rug bestaat uit drie componenten (zie bijlage 1); samengevat zijn dit:

- het buigend moment door de romp, de stand en het gewicht van de romp zijn hiervoor bepalend (tabel 5: 2e kolom);

- het buigend moment door de last, de voorwaarte positie van de schep ten opzichte van de romp en het gewicht van de schep met grond zijn hiervoor bepalend (tabel 5: 3e kolom);
- het torsiemoment door de last, de zijwaartse positie ten opzichte van de voorovergebogen romp en het gewicht van de schep met grond zijn hiervoor bepalend (tabel 5: 4e kolom).

Tabel 5. Bijdrage van de verschillende componenten aan het totaal uitwendig belastend moment onder in de rug onderverdeeld naar soort taak

soort taak	totaal gemiddeld buigmoment (Nm) ¹⁾	gemiddeld buigmoment door de romp (Nm) ^{a)}	gemiddeld buigmoment door de last (Nm) ^{b)}	gemiddeld torsiemoment door de last (Nm)
- steekscheppen in zand	198	151	47	16
- afkruimen in zand	186	151	35	12
- steekscheppen in klei	205	150	55	31

1) som van a) en b); Nm betekent Newtonmeter: 1 Newton is ongeveer 0,1 kg.

Behalve de bijdrage van de verschillende belastende momenten is in tabel 5 ook het totaal gemiddeld belastend buigmoment aangegeven in kolom 1; de waarden zijn de som van de waarden in kolom 2 en 3. De verschillen tussen taken in zand zijn het grootst. De grootste belasting treedt echter op bij het graven in klei. Ten opzichte van het steekscheppen in zand neemt het gemiddeld buigend moment als gevolg van een grotere bijdrage van de last toe met 7% en het gemiddeld torsiemoment verdubbelt ruimschoots. De verschillende bijdragen aan het belastend moment worden nu afzonderlijk besproken.

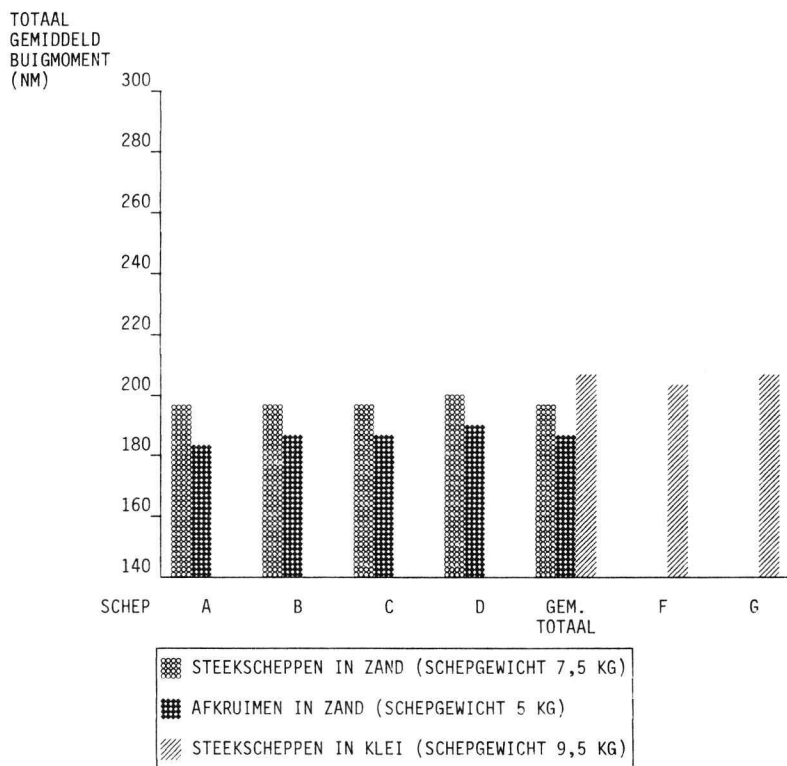
De grootste bijdrage 75-80% in het totale buigende moment komt door het gewicht van de romp in de sterk voorovergebogen houding, en kan alleen door verandering in de vooroverbuiging beïnvloed worden. Ongeveer 20-25% wordt bijgedragen als een gemiddeld schepgewicht (tabel 5) wordt getild. Bij maximaal schepgewicht kan de bijdrage oplopen tot 25 à 30% en stijgt ook het totale belastende moment met ongeveer 10%. Het totale belastende buigmoment in de voorovergebogen rug wordt opgevangen door trekkrachten die geleverd worden door rugspieren en banden. Deze trekkrachten veroorzaken grote drukkrachten in de wervelkolom omdat de spieren en banden dicht bij de wervelkolom liggen (zie bijlage 1).

In vergelijking tot het totaal buigend moment bij de verschillende taken is het torsiemoment onder in de rug bij de meeste taken en scheppen klein (7 tot 15%). Ook de bijdrage aan de drukkracht zal waarschijnlijk relatief klein blijven zodat voor de verdere redenering alleen het vooroverbuigend moment in beschouwing wordt genomen. Een eventueel getordeerde stand van de rug of een torsiebeweging tijdens de tilhandeling of anderssoortige belasting van de rug moet los gezien worden van de bijdrage die het torsiemoment levert aan de drukkracht in de wervelkolom.

Wat de bijdrage van de torsiebelasting betreft is er echter een uitzondering met betrekking tot de combinatie taak en schep van belang. Het gebruik van schep G in klei, vergeleken met het gebruik van schep F, veroorzaakt een flinke toename in het torsiemoment naarmate de fitters een kleinere lichaamslengte hebben (50% toename in de groep met een lichaamslengte van 171 cm). Bij een van de fitters kwam het torsiemoment op 30% van het totale belastende buigmoment. Dit feit moet apart worden meegewogen in de beoordeling van de scheppen voor het gebruik in klei.

Bij de hierna volgende beschouwing staat het berekend belastend buigmoment centraal. In grafiek 4 is het totaal berekend buigmoment aan het begin van de tilbeweging weergegeven in samenhang met de taak en de soort schep.

Grafiek 4. Totaal gemiddeld belastend buigmoment onder in de rug aan het begin van de tilbeweging bij steekscheppen en afkruimen in een sleuf, onderverdeeld naar scheppen en grondsoort (alle proefpersonen; gemiddeld schepegewicht verschilt per taak)



Uit de resultaten blijkt dat de verschillen in berekend belastend moment aan het begin van de tiltaak tussen de scheppen binnen elk van de drie taken praktisch niet van groot belang zijn; de verschillen liggen in de orde van 2-4% en zijn zo klein dat deze ook op toeval ($p > 0,1$) kunnen berusten. Nagegaan is of binnen groeperingen van proefpersonen gegroepeerd naar kenmerken van distrikt en lichaamslengte nog verschillen tussen scheppen te vinden zijn ten aanzien van het belastend buigend moment die praktisch van betekenis zijn. De verschillen blijken eveneens klein te zijn en liggen tussen de 0 en 4%. Tussen lengtecategorieën en distrikten

zijn verschillen in gemiddeld buigend moment aanwezig maar die kunnen grotendeels verklaard worden uit verschillen in kenmerken van proefpersonen, te weten: rompgewicht en romplengte; kenmerken die in grote mate bepalend zijn voor de bijdrage aan het buigend moment door het rompgewicht.

Samengevat kan gesteld worden dat het totaal gemiddeld buigend moment door de romp en de last te zamen aan het begin van de tilhandeling de grootste bijdrage levert aan de drukbelasting onder in de rug. De bijdrage van de last aan het torsiemoment wordt bij de beoordeling van de verschillende scheppen verwaarloosd. Een uitzondering betreft de situatie van gebruik van de experimentele spa (schep G) in klei door relatief kleine proefpersonen; het gemiddeld torsiemoment kan oplopen tot 30% van het totale buigende moment. Dit aspect moet worden meegewogen bij de beoordeling van de spaden.

De bijdrage van het rompgewicht aan het totaal buigend moment is naar verhouding het grootst, gemiddeld ongeveer 3 à 4 maal de bijdrage van de last. Het buigend moment van de romp aan het begin van de tilhandeling kan door de proefpersonen alleen beïnvloed worden indien de rompstand wordt veranderd.

Wat de verschillende experimentele taken betreft levert het steek-scheppen in klei de grootste belastende momenten onder in de rug op.

In het experimentele onderzoek zijn binnen de afzonderlijke taken "steekscheppen, afkruimen in zand en steekscheppen in klei" geen noemenswaardige verschillen in het totale buigend moment aan het begin van de tiltaak gevonden. Met uitzondering van het graven in klei zijn de verschillen in torsiemoment praktisch gezien van weinig betekenis.

5.5 Dichtgooien van een sleuf

5.5.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 werd reeds vermeld dat op grond van observaties op de werkplek in de experimenten alsnog zijdelings aandacht zou worden geschonken aan het dichtgooien van een sleuf. De twee methoden die daarbij gehanteerd worden zijn dichtschiiven soms ook -gooien vanaf het maaiveld en dichttrekken vanuit de put. De vier proef-scheppen die voor de experimenten steekscheppen en afkruimen in zand zijn gebruikt (schep A t/m D) zijn ook op het criterium "laagste stand van de romp", dat is aan het begin van de dichtschiuf c.q. -trekhandeling, vergeleken. De resultaten hiervan worden in paragraaf 5.5.2 besproken. In paragraaf 5.5.3 wordt voornamelijk in kwalitatieve zin ingegaan op de belasting onder in de rug.

5.5.2 Stand van de romp bij het dichtgooien van een sleuf

Tijdens de experimenten in zand zijn beide wijzen van dichtgooien vergeleken. Per sleuf werden twee scheppen vergeleken in twee taken. Staande in een gedeeltelijk dichtgegooide sleuf die gemiddeld nog 25 tot 35 cm diep was werd de werkmethode "dichttrekken" uitgevoerd totdat nog een diepte van 10 tot 15 cm resteerde. De rest van de sleuf werd met zand gevuld door de werkmethode "dichtschiiven" toe te passen. De resultaten, de gemiddelde vooroverbuiging van de romp, zijn weergegeven in tabel 6. Bij het werken in de sleuf is een correctie voor diepteverschillen aangebracht met behulp van de gegevens over de romplengte (zie bijlage 4). De gemiddelden van de rompstand zijn berekend voor een sleufdiepte van 30 cm.

Tabel 6. Gemiddelde vooroverbuiging van de romp aan het begin van de dichtgooi-handeling in zand, onderverdeeld naar scheppen en twee soorten werkmetho-den

schep	gemiddelde vooroverbuiging van de romp (graden)	
	"dichttrekken" staande in sleuf van 30 cm diep	"dichtschuiven" staande op maaiveld
A	69°	85°
B	69°	86°
C	70°	83°
D	62°	78°

totaal gemiddeld	67,5°	82°

Uit de tabel 6 zijn verschillen tussen scheppen zichtbaar met als meest duidelijk verschil schep D die in beide werkmethoden onge-veer 7° minder vooroverbuiging van de romp mogelijk maakt in ver-gelijking tot schep A. Opmerkelijk is ook het verschil van 15° tussen de twee totaal gemiddelden van de werkmethoden. Door een hoogteverschil tussen het steunvlak van de voeten en het vlak van scheppen aan te brengen kan de rompstand aanmerkelijk worden ver-beterd. Zelfs in grotere mate dan dat dit met de schep alleen mo-gelijk lijkt te zijn; dat hangt natuurlijk ook van het gekozen hoogteverschil af.

5.5.3 Belasting onder in de rug bij het dichtgooien

Allereerst wordt de methode "dichttrekken vanuit de sleuf" in be-schouwing genomen daarna het "dichtschuiven/-gooien".

Berekend kan worden dat de combinatie van een sleufdiepte van 30 cm en gebruik van schep D een vermindering van 9% oplevert in de bijdrage die de romp levert aan het buigend moment onder in de rug aan het begin van de dichtgooibeweging, terwijl dit 5% bedraagt

bij toepassing van schep A.

dichtttrekken

Bij het dichtttrekken vanuit de sleuf is een langere steel in het voordeel boven een korte omdat ook verder wegliggend zand kan worden bereikt zonder ver voorover te hoeven buigen. Een tweede voordeel is dat het blad met zand over de grond wordt teruggesleept en derhalve géén bijdrage levert aan het belastend moment onder in de rug. Tenslotte is een praktisch voordeel dat de fitter het zand met de voeten verdicht.

In de praktijk zullen diepere sleuven worden gegraven en neemt het voordeel ten aanzien van de rompstand toe. Praktisch gezien zal het eerste gedeelte van de put eerst worden dichtgestort met zand dat met een kleine beweging met de schep vanaf de zandhoop uit zichzelf de put in glijdt. Daarna zou men in de put kunnen gaan staan en de methode "dichtttrekken" kunnen toepassen totdat dit niet meer verder gaat omdat de restanten zand onbereikbaar zijn geworden.

dichtschuiven

Bij het dichtschuiven, deels gooien van zand, staat men op het maaiveld. Met name bij het dichtschuiven kunnen flinke torsiebelastingen ontstaan op de reeds voorovergebogen romp. Vanaf opzij wordt de schep over de grond onder de romp doorgetrokken. In het eerste gedeelte van de schuifbeweging staat de baan van de schep gemiddeld genomen ongeveer haaks op een vertikaal vlak door de rug. Piekbelastingen kunnen optreden aan het begin van de schuifbeweging als, na het insteken, het zand of de klei met de schep moet worden losgetrokken en versneld. De rug wordt op twee manieren belast te weten:

- het buigend moment van de voorovergebogen romp;
- het torsiemoment van de last.

Een ruwe schatting van het torsiemoment is gebaseerd op gemeten

schuifkrachten bij enkele langzame trekbewegingen aan de dul van een schep, de gemeten krachten bij een gemiddelde hoeveelheid verplaatst zand liggen tussen de 10 en 15 kg. In de praktijk zullen deze krachten vermoedelijk lager liggen door de hogere snelheid waarmee de beweging wordt uitgevoerd. Wordt de helft van de kracht (5-7 kg) aangehouden en een gemiddelde afstand van de werklijn van de kracht tot in het midden van de romp van 70-100 cm (videogegevens) dan wordt het torsiemoment 35-75 NM. Dat is enkele malen groter dan het torsiemoment dat optreedt bij de tilhandelingen gedurende het graven; zelfs groter dan bij het graven in klei. Worden de krachten in de praktijk inderdaad zo groot als gemeten in de proef dan verdubbelen deze waarden. De torsie komt boven op het buigend moment van de reeds voorovergebogen romp (± 150 NM) en veroorzaakt in combinatie hiermee eenzijdige belastingen onder in de rug, temeer daar de romp in voorovergebogen houding ook in een getordeerde stand staat als aan de lostrekbeweging wordt begonnen. In de literatuur (Andersson 1985) wordt gekombineerd buigen en torderen als een vergroot risico voor de rug beschreven. De sterk getordeerde stand wordt verergerd als scheppen met lange stelen en hilt toegepast worden, doordat de hand aan hiltzijde hoog moet worden geheven. Hoewel in de literatuur geen expliciete normen voor dergelijke gekombineerde belastende momenten te vinden zijn is het in verband met de gekombineerde belastingsvorm toch raadzaam deze werkmethode zoveel mogelijk te vermijden door in een rustig tempo de sleuf zoveel mogelijk dicht te trekken, staande in de sleuf; of dicht te scheppen met een gewone opschepbeweging; staande op het maaiveld. Zou in uitzonderlijke gevallen dichtschuiven voorkomen dan kan beter een schep met relatief korte steel worden gebruikt.

5.6 Beoordeling van de schepen door de proefpersonen

5.6.1 Inleiding

Nadat de proefpersonen de experimenten met verschillende schepen in zand respectievelijk in klei hadden afgerond werd gevraagd de schepen voor elk der specifieke taken afzonderlijk te beoordelen. De oordelen en scores die gegeven konden worden waren: "goed" = 1, "redelijk" = 2, "matig" = 3 of "slecht" = 4. Verder werd gevraagd om een toelichting te geven indien het oordeel afweek van "goed". De resultaten zijn verwerkt tot een gemiddeld oordeel van de zes proefpersonen over elk der combinaties schep en taak; de gemiddelden zijn weergegeven in tabel 7 en 8. Te zamen met een samenvatting van de toelichtingen worden de resultaten in het kort besproken.

Tabel 7. Gemiddeld oordeel¹ van de zes proefpersonen over de verschillende soorten schepen bij verschillende taken in zand

SCHEP	TAAK				
	steekscheppen sleuf	afkruimen sleuf	scheppen onder leidingen	dienstput graven	dichtgooien
A	1,7	2,4	2,1	2,6	2
B	1,8	1,2	1,6	n.v.t.	1,6
C	3,3	4	4	n.v.t.	3,1
D	1,8	1,1	1,2	n.v.t.	1,6
E	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	1,2	2

¹ Per taak werd een algemeen oordeel met betrekking tot de geschiktheid van de schep gevraagd; de antwoordmogelijkheden en bijbehorende scores waren: "goed" = 1; "redelijk" = 2; "matig" = 3; "slecht" = 4; n.v.t. betekent een combinatie die niet van toepassing is. Hoe hoger het gemiddelde des te ongunstiger is het oordeel.

Tabel 8. Gemiddeld oordeel¹ van de zes proefpersonen over de verschillende soorten scheppen bij graven in klei.

SCHEP	TAAK	
	graven sleuf	graven onder leidingen
F	1,5	2,8
G	3,2	3,2

¹

Per taak werd een algemeen oordeel met betrekking tot de geschiktheid van de schep gevraagd; de antwoordmogelijkheden en bijbehorende scores ware: "goed" = 1; "redelijk" = 2; "matig" = 3; "slecht" = 4; n.v.t. betekent een combinatie die niet van toepassing is. Hoe hoger het gemiddelde des te ongunstiger is het oordeel.

5.6.2 Oordeel van de proefpersonen over schep C en G

Uit tabel 7 en 8 valt af te leiden dat er twee scheppen zijn die, ongeacht de taak, gemiddeld een minder gunstig oordeel hebben gekregen. Het betreft de steekscheppen met verlengde steel (schep C) en de experimentele spa (schep G), het gemiddelde oordeel is "matig tot slecht". Uit de toelichtingen blijkt dat vooral de vlakke stand van het blad in combinatie met een lange steel bezwaren bij het gebruik oplevert. Enerzijds wordt de taakuitvoering belemmerd, zoals gebeurt bij verlies van zand of geroerde kleigrond tijdens de til- en zwenkbeweging, of wanneer de lange steel hindert bij het manoeuvreren in kleine sleuven of putten. Anderzijds zijn er klachten over de belasting van de armen en schouders bij het insteken en kan het voorkomen dat de handen te ver uiteen staan bij de tilbeweging. Tenslotte wordt door sommigen ook het dieper bukken als bezwaar ervaren.

Bij de overige scheppen liggen de oordelen genuanceerder en specifiek voor de verschillende graaftaken.

5.6.3 Oordeel van de proefpersonen over de scheppen A, B, D en E bij gebruik in zand

Het gaat om scheppen die over het algemeen voor graafwerk in zand bestemd zijn. Hoewel er ook wel fitters zijn die bijvoorbeeld met de steekscheppan (schip A) in (geroerde) kleigrond werken, gaan de oordelen hier uitsluitend over het gebruik in zand.

steekscheppen in een sleuf met schep A, B en D

Het gemiddeld oordeel van alle proefpersonen te zamen is redelijk tot matig en verschilt maar weinig tussen de 3 verschillende scheppen A, B en D (tabel 7). Er zijn accentverschillen in de beoordeling. Zo worden schep B en D door de proefpersonen van distrikt RMO voor deze taak beter beoordeeld dan schep A terwijl dat bij de overige drie proefpersonen net andersom ligt.

Uit de toelichtingen blijkt dat de groep afkomstig van RMO de werkmethode heeft aangepast zodat met de romp rechterop kan worden gewerkt.

Bij het insteken met schep B en D wordt vooral met de voet kracht gezet. Grote insteekkrachten met hand en voet zijn echter zo niet mogelijk. Dat wordt nu juist als bezwaar gezien door de 3 andere proefpersonen, daarvoor is de bladhoek van beide scheppen te groot, de voorkeur gaat hier uit naar schep A.

Een ander bezwaar van schep B en D is, aldus enkele betrokkenen dat bij het afsteken van de sleufwanden in een diepe sleuf, de hand aan de hiltzijde tegen de overstaande wand van de sleuf stoot of schuurt. Een enkeling vindt de steel van schep D te lang.

Of zich in distrikt RMO, waar relatief veel zand voorkomt, meer toepassingsmogelijkheden voordoen voor schep B of D bij het steekscheppen dan in de andere distrikten, en/of dat er sprake is van onvoldoende gewinning aan schep B en D in de andere distrikten valt niet met zekerheid te zeggen.

afkruimen van losgestoken zand in een sleuf en scheppen onder leidingen met schep A, B en D

Er is meer overeenstemming in de oordelen over schep B en D bij het opscheppen van losgestoken zand. Het gemiddeld oordeel komt in de buurt van "goed". Schep A scoort met "redelijk tot matig"; de bladhoek is te klein aldus enkele proefpersonen. De individuele oordelen die voor het scheppen onder leidingen zijn gegeven wijken maar weinig af van die voor het afkruimen.

dichtgooien van sleuf of put met schep A, B, D en E

Evenals dat het geval was bij het steekscheppen zijn er accentverschillen in de beoordeling tussen de distrikten. Zowel schep B, D, en, in iets mindere mate, schep E worden door de proefpersonen van distrikt RMO als geschikt ervaren terwijl de overige proefpersonen aan schep A de voorkeur geven. Vermoedelijk hangt dit eveneens met de gehanteerde werkmethode samen, namelijk of men met de schep de grond dichtschuift of dichtschept. Interessant zijn enkele toelichtingen waaruit blijkt dat bij dichtschiiven een grotere belasting in de rug wordt ervaren dan bij het scheppen met een tilbeweging. (zie ook paragraaf 5.5.2).

graven van een dienstput in zand met schep A en E

In dit experiment van beperkte opzet is schep A vergeleken met de aangepaste betonschep (schep E). De oordelen voor deze taak zijn duidelijk in het voordeel van schep E. Door de lange steel van schep E hoeft de romp minder voorovergebogen te worden bij het op diepte komen, aldus de fitters (zie ook paragraaf 5.3.2).

Bij schep A is het soms nodig op één knie zittend verder te graven, een ander nadeel is het stoten van de handen aan de bestrating rondom de dienstput, een reden om bij gebruik van schep A de put wat groter te maken. Op de aangepaste betonschep (schep E) werd een aanmerking gemaakt over de te lange steel, deze zou 15 tot 20 cm korter moeten zijn aldus een wat kleinere fitter.

5.6.4 Oordeel van de proefpersonen over spa F bij gebruik in klei

Met een spa wordt niet afgekruid en wordt de put niet dichtgegooid dat gebeurt met een steekscheppan. Het oordeel over de experimentele spa is ongunstig, dat is reeds in paragraaf 5.6.2 beschreven. Dit is niet verwonderlijk gezien het kompromis in de vormgeving van de schep. De standaardspa wordt als "goed tot redelijk" omschreven voor het steekscheppen, maar wordt "matig" gevonden bij het werken onder leidingen. Mogelijk is het oordeel enigszins vertekend doordat er weinig goede alternatieven voor schep F zijn aangeboden aan de proefpersonen. Ondanks het relatief gunstige oordeel komen uit de toelichtingen namelijk suggesties voor verbetering naar voren. Zo wordt melding gemaakt van te hoge krachten benodigd voor het steekscheppen en het grote gewicht van de spa al of niet ten gevolge van daaraan klevende restanten klei. Dit gewicht zou omlaag moeten worden gebracht. Door de bladconstructie aan te passen zouden verbeteringen mogelijk zijn. Het rechte blad maakt de schep minder geschikt voor geroerde klei, de klei valt eraf en menig fitter gaat onder zulke omstandigheden over op een steekscheppan. Er was ook nog een opmerking dat de steel van de spa te kort is.

Samenvattend kan worden gesteld dat ervaringen van de proefpersonen met het gebruik van de steekscheppan met verlengde steel (schep C) en de experimentele spa (schep G) niet positief zijn.

Voor het graven van een dienstput wordt een duidelijke voorkeur uitgesproken voor de betonschep met aangepast blad boven de standaardsteekscheppan (schep A). Voor het "afkruiden" en "onder leidingen graven" worden de experimentele scheppan (schep D) en de gewone scheppan (schep B) geschikter geacht dan de standaardsteekscheppan (schep A).

De meningen zijn verdeeld over het gebruik van de verschillende scheppen A, B en D bij de taken "steekscheppen" in zand en "dichtgooien". Ervaringsverschillen tussen de distrikten spelen daarin een rol.

Het graven in zware klei laat weinig keuze over gezien de ongunstige ervaringen met schep G. De standaardspa (schep F) wordt voor het graven van sleuven als "redelijk tot goed" bestempeld, maar wordt minder geschikt geacht om ermee onder leidingen te graven. Niettemin zijn er nog suggesties gedaan voor modifikaties van deze spa en blijken sommige fitters, waar dat maar enigszins mogelijk is, over te gaan op een steekscheppen zoals in geroerde klei of in klei vermengd met zand.

5.7 Nadere analyse van het insteken in de taak "steekscheppen" met verschillende soorten scheppen

5.7.1 Inleiding

In het kader van het onderzoek staat de rugbelasting aan het begin van de tilhandeling centraal. Er zijn echter met name bij de taak "steekscheppen" enkele belangrijke verschillen tussen de metingen van rompstanden, de berekende buigende momenten onder in de rug enerzijds (paragraaf 5.3 en 5.4) en de oordelen van de fitters (paragraaf 5.6) anderzijds naar voren gekomen. De proefscheppen met langere stelen C en D hebben een vermindering van de vooroverbuiging van de romp tot gevolg. Daarentegen zijn er met name bij de taak "steekscheppen" opmerkingen door de fitters gemaakt over te lange stelen en een verkeerde bladhoek die vooral in verband moeten worden gezien met de belasting bij het insteken. Vooral van belang is dit als grote insteekkrachten geveerd worden zoals in

verdicht zand en in klei.

Er heeft een extra (beperkte) visuele inspectie van de videobeelden plaatsgevonden om aanvullende indicaties te verkrijgen over de insteekhandeling bij de taak "steekscheppen" teneinde de schepkeuze verder te onderbouwen. Eerst zal de insteekhandeling nader worden beschreven (paragraaf 5.7.2) waarna verder ingegaan wordt op de steelhoek (paragraaf 5.7.3.) en de steellengte (paragraaf 5.7.4); dit alles in relatie tot enkele belastingsaspecten van armen en schouders in het bijzonder.

5.7.2 Nadere beschrijving van de insteekhandeling bij de taak "steekscheppen"

Bij de insteekhandeling dient het blad van de schep door middel van het gewicht van het lichaam de grond ingedreven te worden. Soms worden stoot- of versnellingskrachten uitgeoefend omdat het lichaamsgewicht ontoereikend is. De kracht om het blad omlaag te drijven wordt door handen via de steel en/of voet op het blad overgedragen.

Drie vormen van insteken in zand of in klei zijn te onderscheiden: alleen met handkracht, met handen en voetkracht, alleen met voetkracht.

Insteken met behulp van *handkracht* komt zowel in zand als in klei voor vooral wanneer een moot grond eerst aan de zijanten wordt losgestoken (vermindering kleef-, zuigkracht, beperking tilgewicht). Het blad wordt daartoe een kwartslag gedraaid (zie figuur 5, § 5.7.4). Ook bij het uiteindelijke afsteken van moten grond wordt deze methode wel gebruikt maar minder vaak.

De taakuitvoerder zet de schep schuin voor zich op de grond. Afhankelijke van de proefschep maakt de steel daarbij ongeveer een hoek van 75° à 85° met het horizontale vlak (insteekhoek, ϵ_1). Met de bovenste hand wordt de hilt vastgehouden, de arm staat in gebo-

gen stand. De onderste hand is rond de steel geklemd op ongeveer 20-40 cm onder de hilt, deze arm is gestrekt en zorgt voor ondersteuning van de romp. Door met het lichaam - en met name met de romp - steeds verder naar voren te leunen wordt een deel van het lichaamsgewicht via de armen overgebracht op de steel van de schep; de schep zakt daarbij langzaam in de grond. Door steeds verder over de schep te leunen wordt steeds meer kracht op de schep uitgeoefend. Zakt de schep de grond in dan buigt de taakuitvoerder enigszins de knieën. Vervolgens strekt men weer de benen voor de volgende insteekhandeling of voor de tilhandeling.

Bij het uiteindelijk afsteken van moten zand of klei wordt de schep meestal met *hand- en voetkracht* in de grond gestoken. Het eerste gedeelte van de insteekhandeling vindt plaats door middel van handkracht op de wijze zoals hiervoor beschreven. In het tweede gedeelte van de insteekhandeling wordt een voet op het blad bijgeplaatst zodat nog meer lichaamsgewicht op de schep wordt overgebracht. Met het andere been dat betrekkelijk ontlast is wordt voornamelijk het evenwicht bewaard.

Tenslotte is er nog een derde methode waarbij alleen met de *voet* van het ene been kracht wordt gezet op het blad (al of niet versterkt door middel van een intrapbeweging) terwijl de beide handen niet meedrukken maar aan hiltzijde van de steel een wrikkende beweging maken om zodoende de insteekweerstand te overwinnen. Een groot deel van het lichaamsgewicht wordt gedragen door het andere been.

5.7.3 Belastingsaspecten bij het insteken en steelhoek van de schep

De steelhoek is de hoek die de steel, de handzijde van het gereedschap, maakt met een horizontaal vlak, wanneer het schepblad plat op dit vlak wordt gehouden. De steelhoek is de resultante van de

bladhoek en de mate waarin de steel teruggebogen is, de steelkromming. Is vanwege de goede opschepeigenschappen gekozen voor een grote steelhoek, zoals bij schep B (32°) dan wordt het krachten spel en daarmee de belasting bij het insteken ongunstiger. Schep B heeft bijvoorbeeld een steelhoek die 12° groter is dan die van schep A. Indien het blad van beide scheppen onder dezelfde hoek in de grond wordt gestoken betekent dit dat de steel daarbij in theorie 12° rechtop moet worden gehouden. Metingen van insteekhoeken vanaf de videobeelden tonen dit ook aan. De gemiddelde insteekhoek van schep A bedroeg $73,5^\circ$, die van schep B $84,5^\circ$ gemeten op het moment dat de voet op het blad wordt gezet. Het verschil van 11° benadert het theoretisch verschil goed. Voor schep D met een steelhoek (26°) tussen die van schep A en B in geldt ongeveer hetzelfde. De schep wordt bij het insteken vertikaler (81°) gehouden dan bij schep A.

Wordt een schep met relatief grote steelhoek en bladhoek in de grond geduwd door middel van handkracht dan zal een groter deel van deze kracht niet omgezet worden in een schuifkracht langs het blad maar meer in een inefficiënte kracht loodrecht op het blad. De taakuitvoerder wordt hierdoor nodeloos belast. Indien de benodigde insteekkrachten beperkt zijn (bijvoorbeeld onder specifieke omstandigheden van geroerd zand e.d.) dan kan een schep met een dergelijke grote steelhoek wel met een voetbeweging op het blad schuin naar beneden worden getrapt. Daarbij wordt de steel alleen gestuurd door de handen.

Een tweede punt is de verkleining van de stabiliteit bij de insteekhandeling; zou men met het lichaam via de handen op de steel in nagenoeg verticale stand leunen dan is de kans groter om voorover te kantelen.

Schep C en ook de scheppen voor klei, schep F en G, hebben kleine steelhoeken ($10-14^\circ$) en zijn bij uitstek geschikt voor situaties waarin het op insteken aankomt zoals in zware klei; de gemiddelde insteekhoek is 75° , dat is ongeveer gelijk aan die van schep A.

Schip C is om andere redenen niet geschikt voor zware klei. Zulke kleine steelhoeken hebben het nadeel dat de opschepeigenschappen van niet klevende grondmengsels minder gunstig worden zodat of dieper voorovergebogen moet worden om de grond op de schep te houden of dat, bij gelijk gehouden stand van de steel bij de tilhandeling, de kruimverliezen toenemen, doordat het blad te schuin staat. Dit is de reden waarom de fitters zo gauw de grondsamenstelling dit toelaat een schep met minder specifieke insteekeigenschappen kiezen; de spa wordt vervangen door een steekscheppan.

De insteekhoek (ϵ_1) bij schep A, de meest gebruikte steekscheppan, bedraagt gemiddeld 73° en de snijhoek van het blad 53° . Dit lijkt vooralsnog het beste uitgangspunt voor het ontwerp van een betrekkelijk universele "steekscheppan". Bij gelijkblijvende insteek- en snijhoek kan de konstruktie bladhoek in combinatie met steelkromming nog gevarieerd worden. Dit laatste is van belang voor eventuele verdere modifikaties van blad en steel van schep D in het kader van het verbeteren van de rompstand bij de tilhandeling.

Voor zeer specifieke grondomstandigheden zoals zware klei zal een schep met uitstekende insteekeigenschappen (kleine steelhoek) gekozen moeten worden maar voor los zand, geroerd zand waar het blad zonder veel moeite ingestoken kan worden kan ook een schep met grote steelhoek gekozen worden die als voordeel heeft dat de til-eigenschappen (rompstand) verbeteren.

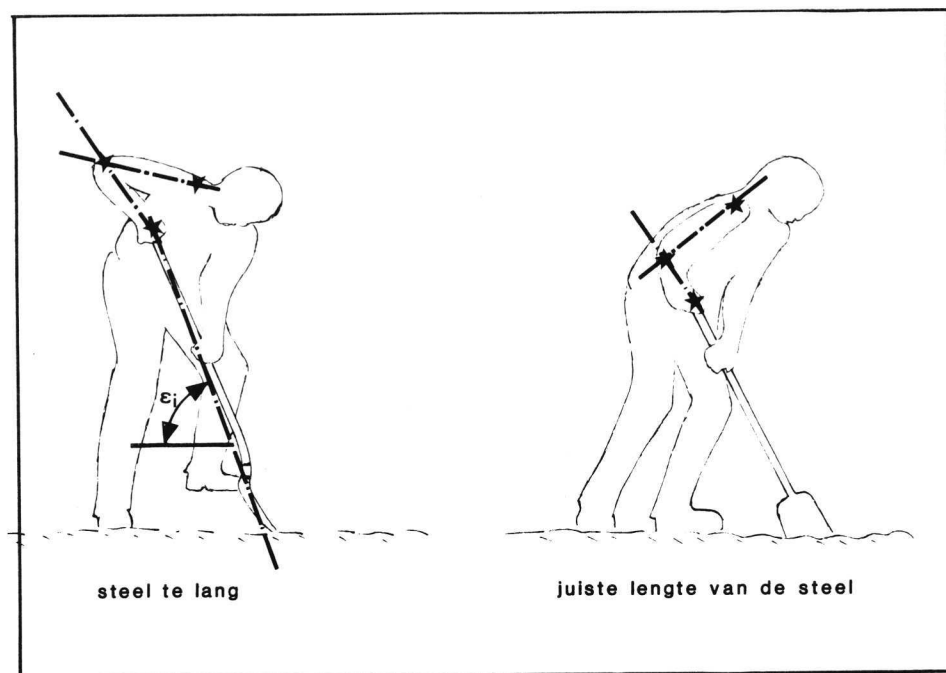
5.7.4 Belastingsaspekten bij het insteken en steellengte van de schep

Zowel bij het insteken door middel van handkracht als met hand- en voetkracht wordt door beide handen kracht uitgeoefend op de steel. De linkerhand, bij rechtshandige fitters, is om de steel geklemd en brengt grotendeels door wrijving kracht in de steel. De arm is gestrekt en dient om een deel van het gewicht van de voorovergebo-

gen romp door te leiden naar de steel zodat de rug minder op buiging wordt belast.

De rechterhand duwt tegen de hilt; hier is geen sprake van kracht-overdracht door middel van wrijving maar door middel van drukkracht. De te leveren krachten kunnen derhalve groter zijn. De arm van deze hand staat echter in gebogen stand ($45-90^\circ$) en wordt in deze stand belast. De stand van onder- en bovenarm en dus ook de belasting wordt in grote mate bepaald door de steellengte van de schep. Bij inspectie van de videobeelden is het opgevallen dat lange stelen de armen en schouders en ook de romp in sommige gevallen onnodig kunnen belasten bij het insteken. Een illustratie hiervan is gegeven in figuur 5.

Figuur 5. Illustratie van de belasting van armen en schouders tijdens het insteken van de schep



De overdracht van lichaamsgewicht op de hilt van de steel vindt langs een onnodig lange krachtweg plaats. Door de steel korter te

kiezen kan de onderarm en de pols afgesteund worden in de bekkenstreek waar zich ook het massazwaartepunt van het lichaam bevindt (zie figuur 5). Op deze wijze worden de armen, de schouders en de romp minder belast. De lange krachtweg is als het ware kortgesloten.

Wordt de afsteuning van de hand met de hilt hoger gekozen dan worden de buik- of borstorganen te veel belast, kan de romp niet vrij over de steel heenbuigen en wordt de hoek tussen onder- en bovenarm te klein waardoor minder kracht met de armen kan worden geleverd. Wordt de steel korter gekozen dan wordt vaker met gebogen knieën gewerkt en bestaat de kans dat het steunpunt te ver beneden het massazwaartepunt van het lichaam komt te liggen, zodat men voorover kantelt. Bovendien wordt de vooroverbuiging van de romp aan het begin van de tilhandeling minder gunstig (hoofdstuk 5). Een geschikte plaats om bij het insteken steun te zoeken met onderarm en hand aan hiltzijde is opzij van het midden van het bekken even onder de bovenste voorste doorn van de bekkenrand bij de overgang naar het bovenbeen. Bij geschikte steellengte ziet men fitters dit ook doen (figuur 5).

Op grond van bovenstaande redenering zou voor de keuze van de steellengte van scheppen voor de taak "steekscheppen" de bovenste voorste doorn van de bekkenrand als uitgangspunt moeten worden gekozen. De spa of steekscheppan wordt immers onder 70 à 75° ingestoken waardoor de hilt iets lager uitkomt bij het in de grond drukken van de schep.

Indien de schep, rechtop naast de fitter wordt geplaatst, zou de hilt ongeveer tot de bovenste voorste doorn van de bekkenrand moeten reiken. Wordt de kam van de bekkenrand, opzij van het lichaam, als referentiepunt gekozen dan moet de hilt daar ongeveer 5-7 cm onder blijven.

5.8 Samenvatting van de veldexperimenten

Het experimentele deel van het onderzoek had tot doel een aantal proefscheppen met verschillende steelontwerpen en bladhoeken te vergelijken met de standaard verstrekte scheppen. Dat is gebeurd in verschillende experimentele taken in zand en klei. Daarbij waren 6 proefpersonen betrokken die twee aan twee 3 verschillende categorieën van lichaamslengte vertegenwoordigden. Drie proefpersonen waren afkomstig uit het distrikt RMO en drie uit de andere twee distrikten. De gehanteerde criteria waren:

- de stand van de romp aan het begin van de tilhandeling;
- belastende momenten onder in de rug: voor de taken steekscheppen en afkruimen zijn, ter controle, de statische belastende momenten onder in de rug berekend op basis van een gemiddeld schepgewicht dat per taak verschilt;
- oordelen van de fitters: voor de verschillende taken zijn oordelen van de fitters gevraagd over het gebruik van de proefscheppen in de praktijk;
- uitkomsten over de stand van de schep, de handen en armen bij het insteken in de taak "steekscheppen in zand".

Met sommige proefscheppen vooral schep D en E is het bij bepaalde taken mogelijk gemiddeld 8 tot 20° rechterop te werken vergeleken met de houding bij standaard verstrekte schep voor zand (schep A). Reduktie van de vooroverbuiging voorkomt dat dicht bij extreme standen van gewrichten in de rug wordt gewerkt en dat de werkhouding in smalle sleuven aangepast moet worden door kontakt van de schouders met de sleufwand.

In het algemeen is de vermindering van de vooroverbuiging door een ander schepontwerp iets groter bij proefpersonen met een kleine lichaamslengte dan bij personen met een grote lichaamslengte. Dit is van belang omdat kortere personen in sleuven van 80-110 cm diepte ook eerder de werkhouding moeten aanpassen dan langere.

De groep proefpersonen van RMO werkte bij de taak "steekscheppen in zand" gemiddeld 8° rechter op; eventuele effecten van de schep komen daar bovenop en die verschillen ook in omvang per groep.

De rugbelasting, het gemiddeld statisch biomechanisch belastend moment onder in de rug berekend aan het begin van de tilhandeling, verschilt niet noemenswaardig tussen de verschillende scheppen binnen de taken "steekscheppen en afkruimen"; een uitzondering zijn de verschillen die in klei zijn gevonden. Voor de vergelijking van scheppen binnen taken wordt dit criterium daarom alleen gehanteerd indien daartoe aanleiding is.

Tussen de taken zijn wel verschillen gevonden in rugbelasting, de gemiddelde belastende momenten zijn het hoogst in klei en het laagst bij het afkruimen in zand.

De grootste bijdrage aan het belastend buigmoment onder in de rug bij de tilhandeling komt door het gewicht van de sterk voorovergebogen romp zelf. Het rechterop werken dat bij steekscheppen en afkruimen met bepaalde scheppen mogelijk is veroorzaakt echter geen noemenswaardige vermindering van het belastend moment aan het begin van de tilhandeling, dat komt door de horizontale stand van de romp. Aannemelijk is echter dat bij tillen met romp en armen het gemiddeld biomechanisch moment over het gehele tiltraject kleiner wordt omdat de verblijftijd in ver voorovergebogen rompstanden wordt bekort. Alleen door verdere vermindering van de vooroverbuiging van de romp is deze bijdrage aan de belasting te verminderen. Behalve naar verdere optimalisering van de steelvorm moet ook naar andere middelen gezocht worden.

Met de juiste vormgeving van bladhoek en steelvorm toegepast in combinatie met andere graafmethoden die de rompstand mede kunnen verbeteren is het belastend buigend moment mogelijk verder te reduceren. Dit is bijvoorbeeld aangetoond bij het dichtgooien van een sleuf of put. Bij het scheppen wordt een asymmetrische tilhandeling uitgevoerd welke een buigend en een torsie-moment in de rug veroorzaakt. Het torsie-moment is naar verhouding klein bij het

scheppen van zand maar wordt bijna het dubbele bij het graven in klei. De fitters kunnen deze bijdragen gedeeltelijk zelf reguleren door het gewicht van de schep en de afstand tot de rug te veranderen.

Het oordeel van de fitters over de verschillende scheppen in verschillende taken is niet altijd met elkaar in overeenstemming. Over het "steekscheppen in zand" verschillen de meningen tussen proefpersonen in de groep RMO en die in de groep OVERIG. Over taken als "afkruimen en onder leidingen graven, steekscheppen in klei en dienstput graven" stemmen de meningen overeen. De beoordelingen zijn van belang bij de afwegingen voor de schepkeuze, omdat een negatief oordeel niet tot acceptatie van de schep leidt.

De aanvullende gegevens (stand van de steel en positie van de arm van de hand aan de hiltzijde) die vanaf de videobanden zijn verzameld over het insteken bij de taak "steekscheppen" verklaren mede de verschillen tussen de oordelen van de fitters en de metingen over de rompstand aan het begin van de tilhandeling. Sommige ontwerpvarianten blijken op basis van insteekcriteria niet te voldoen. Deze gegevens worden betrokken bij de afwegingen voor de schepkeuze (hoofdstuk 6).

6. SCHEPKEUZE: DISKUSSIE, KONKLUSIES, AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van de resultaten voor de verschillende taken besproken welke voor- en nadelen er zijn bij het gebruik van de verschillende scheppen en worden algemene en specifieke konklusies getrokken en aanbevelingen gedaan ten aanzien van schepkeuze voor het graven van sleuven en putten bij aanleg en onderhoud van drinkwaterleidingen.

Voorzover deze keuze nog niet kan worden gemaakt, zullen ten aanzien van verdere ontwikkeling van scheppen aanbevelingen worden gedaan. Het onderzoek, en met name het veldexperimentele deel ervan, heeft zich toegespitst op de schepkenmerken: bladhoek, steelhoek, steellengte en steelkromming en de invloed die dit heeft op de belasting van de rug bij de tilhandeling alsmede op de belangrijkste neveneffecten die kunnen optreden tijdens het "insteken en manoeuvreren" van de schep. De aanbevelingen voor schepkeuze zijn vooral op deze aspecten gebaseerd. Enkele meer algemene gebruiksaspecten, te weten: snij- en kleef-eigenschappen en de grootte van het schepblad die mede van invloed zijn op de arbeidsbelasting komen in § 6.7 summier aan de orde; het onderzoek was hier niet primair op gericht. In § 4.6 worden de konklusies en aanbevelingen weergegeven met betrekking tot het aan het onderzoek toegevoegde onderwerp "arbeidsbelasting bij opbreekwerkzaamheden", deze worden hier niet herhaald.

6.1 Graafwerk en schepkeuze in het algemeen

Een belangrijk deel van de werkzaamheden van de fitters bestaat uit het graven van sleuven en putten en - nadat de fitwerkzaamheden zijn uitgevoerd - het dichtgooien daarvan. De graafwerkzaamheden bij de DWL worden niet gemechaniseerd uitgevoerd.

diskussie

Het onderzoek was primair gericht op het doen van aanbevelingen voor de keuze van schepen voor verschillende graaftaken en groepen werknemers. Daarbij is als belangrijkste maatstaf de belasting onder in de rug gehanteerd.

Uitgangspunt bij het onderzoek was, dat een groot deel van de graafwerkzaamheden niet is te mechaniseren en dat het graven met een schep altijd zal blijven bestaan.

De mogelijkheden om de rugbelasting bij handmatig graven terug te brengen zijn echter ook beperkt. Door het kiezen van de juiste schep kan de rompstand en daarmee de belasting onder in de rug enigermate beïnvloed worden. Ook de werkmethode is van belang en kan bij juiste keuze bijdragen aan het reduceren van de rugbelasting. Niettemin blijft het graven en met name het graven in sterk verdicht zand en klei een zware taak, niet alleen omdat dit belastend is voor de rug wanneer tilhandelingen worden uitgevoerd, maar ook omdat in veel gevallen de "insteek- en loswerkkrachten" veel energie vergen, waarbij meer specifiek ook de handen, armen en schouders belast worden.

Tijdens de observaties is geconstateerd, dat er wel mogelijkheden lijken te zijn om delen van het graafwerk te mechaniseren, zoals bij het graven in bovenlagen maar soms ook dieper gelegen lagen als daar geen leidingen liggen of bij het dichtgooien. Er zullen echter altijd situaties zijn dat dit technisch niet verantwoord of economisch onrendabel is.

Reeds eerder is in hoofdstuk 4 geconkludeerd, dat ook de opbreekwerkzaamheden zwaar zijn en dat ook hier mechanisatiemogelijkheden lijken te zijn.

konklusie

Ook al kan met de juiste keuze van de schep al of niet in combinatie met werkmethodeverbetering enige reductie in de belasting van de rug gerealiseerd worden, graven blijft een vrij zware taak

en dient uit het oogpunt van rugpreventie zoveel als mogelijk gemechaniseerd te verlopen.

aanbeveling

Het is aan te bevelen te onderzoeken welke delen van het graafwerk gemechaniseerd kunnen worden uitgevoerd, zo mogelijk in combinatie met het mechaniseren van de opbreekwerkzaamheden.

Te denken valt aan assistentie vanuit een eigen transportgroep of van aannemers die met grondverzetmaterieel al op de bouwplaats aanwezig zijn. Eventueel beperkt men zich wat het gemechaniseerd graven betreft tot situaties waarvan het leidingenpark goed in kaart is gebracht.

6.2 Steekscheppen in zand

Dit is een veel voorkomende taak in het fitterswerk. Vier proefscheppen zijn in het experimentele deel van het onderzoek onderling vergeleken:

- de standaard steekscheppan (schep A)
- de scheppan (schep B);
- de steekscheppan met verlengde steel (schep C);
- de experimentele scheppan met verlengde en dubbelgekromde steel (schep D).

diskussie

Geen van de vier proefscheppen in het experimentele deel van het onderzoek komt voor de taak "steekscheppen" als bijzonder positief naar voren als alle criteria te zamen worden genomen. Wat het steekscheppen in zand betreft moeten de resultaten gesplitst worden voor de groep proefpersonen RMO en OVERIG.

De groep van RMO begint bij het steekscheppen in zand, ongeacht de gebruikte schep, iets rechterop aan de tilhandeling dan de groep

OVERIG. Afgezien daarvan wordt de romp bij alle schepen B t/m D gemiddeld minder voorovergebogen dan bij schep A; bij schep D is het resultaat het meest duidelijk. Bij de beoordelingen van de schepen worden zowel schep B als schep D positiever beoordeeld dan schep A. Schep C wordt ondanks een kleine reductie in de vooroverbuiging van de romp matig tot slecht beoordeeld.

In de groep OVERIG, waar het oordeel over de schepen A, B en D ten aanzien van de taak "steekscheppen" net andersom ligt als bij de groep van RMO - alleen schep A werd redelijk tot goed beoordeeld door de groep OVERIG - is toch met zowel schep C als schep D enige vermindering in vooroverbuiging van de romp gevonden. Schep B had geen effect.

Voor de verklaring van de gevonden verschillen tussen oordelen en metingen zijn onder meer twee randvoorwaarden van belang die met het schepontwerp te maken hebben: de insteekeffekten en de kruimverliezen. Bij de insteekeffekten zijn vooral twee eigenschappen van het schepontwerp van belang: de insteekhoek en de steellengte. Een veel gebruikte methode van insteken is die met twee handen en een voet. Indien de schep in relatief harde grond wordt gestoken wordt eerst met de handen op de steel aan hiltzijde veel drukkracht in de richting van de steel uitgeoefend; bij een geschikte schep gebeurt dat doorgaans onder een hoek van 70° tot 75° met het horizontale vlak. Even later wordt zonodig ook met een der voeten op het blad getrapt. Tijdens het indrukken van de steel worden de handen en een gedeelte van de onderarm gesteund in de bekkenstreek waar zich ook het zwaartepunt van het lichaam bevindt. Zo kan met behoud van het lichaamsevenwicht maximale drukkracht worden geleverd door middel van het lichaamsgewicht.

Indien schepstelen langer worden gemaakt (schep C of D) kan het bij kleinere fitters voorkomen dat het drukpunt zelfs in de buurt van de borststreek komt te liggen en dat de arm aan hiltzijde te ver van het lichaam moet worden gehouden waardoor de schouder

overbelast wordt. Op dit aspect moet de steellengte aangepast worden aan de lichaamsafmetingen van de fitters. Een te grote insteekhoek (schip B en D) heeft als nadeel dat de positie van de hilt bij het indrukken te ver voor het lichaam uitkomt en dat de drukkracht in de steel niet efficiënt wordt omgezet in een schuifkracht van het blad. Deze nadelen zijn kleiner als de insteekkracht relatief klein is en voornamelijk door een intrapbeweging wordt geleverd.

Afgezien van de grote steellengte van schip C die voor kleinere fitters hinderlijk wordt bij het insteken heeft de combinatie steel-bladhoek van deze schip wel goede insteek eigenschappen maar zijn de opschepeigenschappen weer minder goed. Bij het begin van het wegtillen van de last met de steel onder een hoek van $\pm 40^\circ$ (videogegevens) staat het blad te schuin en is de kans groot dat de kruimverliezen toenemen doordat een deel van het zand eraf valt. Schip C is over de hele linie matig tot slecht beoordeeld.

Behalve de keuze van bladhoek en steellengte is er echter nog een derde mogelijkheid om vooroverbuiging van de romp te verminderen, dat betreft het verhogen van de positie van de tillende hand aan dulzijde door beïnvloeding van de "steelkromming" (schip D). Voordeel ten opzichte van het verlengen van de steel is, dat het belastend moment onder in de rug niet hoeft toe te nemen. Met een dergelijke dubbelgebogen vorm is in het algemeen nog te weinig geëxperimenteerd; deze veldexperimenten hebben wel eerste indicaties opgeleverd dat er mogelijkheden zijn voor verdere optimalisering van het ontwerp. De door de fabrikant geleverde steel (schip D) had helaas een beperkte steelkromming; de vraag is of andere steelkrommingen technisch haalbaar en praktisch bruikbaar zijn.

Tijdens de veldexperimenten zijn sleuven gegraven met een lengte van 3,5 à 4,5 meter. Tijdens de observaties van taken in de praktijk (hoofdstuk 4) is geconstateerd, dat ook relatief korte sleuven voor kunnen komen zoals in renovatieprojecten en dat leidingen en buizen onder in de sleuf de beschikbare manoeuvreerruimte voor

de schep sterk kunnen beperken. In zulke gevallen is de huidige steekscheppan (schep A) door zijn relatief lange steel hinderlijk in het gebruik. Hoewel een langere steel gunstiger is voor de rompstand zal dan een concessie moeten worden gedaan aan de steellengte.

konklusies

- Alle criteria in acht nemend is geen van de vier scheppen optimaal gebleken voor de taak "steekscheppen in zand" indien daarbij grote insteekkrachten optreden.
- Door de lengte van schep A aan te passen aan de lengte van de gebruiker kunnen de til- als de insteek eigenschappen iets verbeterd worden.
- Door de steelkromming en de steellengte van schep A verder te optimaliseren voor de taak "steekscheppen" is het aannemelijk dat insteek- en tileigenschappen nog verder kunnen worden verbeterd dan wanneer alleen de steel wordt verlengd.
- Bij het graven van sleuven of putten waarbij een kleine manoeuvreerruimte voor de schep niet te vermijden is, is een steekscheppan met een steellengte gelijk aan of groter dan die van schep A hinderlijk in het gebruik.

aanbevelingen voor het steekscheppen in zand

- Het is aan te bevelen om per fitter een aparte schep voor de taak "steekscheppen in zand" te verstrekken. Uitgaande van schep A zouden de steellengtes zo moeten worden gekozen dat de hilt bij rechtop staande schep ongeveer reikt tot het bovenste voorste doornige uitsteeksel van de bekkenrand van de gebruiker.
- Het is aan te bevelen om per fittersteam één steekscheppan te verstrekken met relatief korte steel. De lengte moet proefondervindelijk worden vastgesteld, te denken valt aan een steellengte van 60 à 70 cm gemeten van dul tot hilt; dit voor

taken in sleuven en putten met een zeer beperkte manoeuvreer-ruimte. Voor normale graafwerkzaamheden is de schep te kort en wordt aanbevolen de hiervoren genoemde schep te kiezen die aangepast is aan de lengte van de gebruiker.

- Het is aan te bevelen om een proefschep van het type D verder te ontwikkelen tot een schep met optimale eigenschappen voor het steekscheppen om deze vervolgens eerst in de praktijk te testen alvorens tot grootschalige verstrekking over te gaan.

6.3 De taken afkruimen en onder leidingen scheppen in zand

De taken "afkruimen" en "onder leidingen scheppen" komen voor als het "steekscheppen" gereed is c.q. als het zand tussen of achter de leidingen is losgestoken. Beide taken zijn samengenomen, de overeenstemming is dat meestal los zand met een horizontale insteekbeweging wordt opgeschept en vervolgens wordt weggegooid. De insteekkrachten en schepgewichten zijn doorgaans niet erg groot. De scheppen die in dit onderdeel vergeleken zijn zijn dezelfde als in het onderdeel "steekscheppen" (paragraaf 6.2).

diskussie

De taken "afkruimen" en "onder leidingen graven" duren over het algemeen korter dan het steekscheppen en het gemiddeld gewicht aan zand op de schep is lager. Er komen in de praktijk echter ook scheptaken voor zoals bij het laden van een vrachtwagen of het verplaatsen van een berg los zand die, wat betreft de insteek- en tilhandeling, eveneens lijken op deze taak. De taken zand laden of een berg zand wegscheppen zijn echter niet doel van dit onderzoek geweest.

De oordelen van de fitters over de vier scheppen voor de taak "afkruimen van zand" lopen grotendeels parallel met die voor de taak "onder leidingen graven" en de verschillen tussen de distrikten

zijn te verwaarlozen. Schep B en D worden door de fitters beide positiever beoordeeld dan schep A, het oordeel over schep D is het best, schep C wordt als slecht beoordeeld.

De gemiddelde vermindering in vooroverbuiging van de romp die met schep B is gevonden is nihil ten opzichte van schep A. Met schep C werd bij het afkruimen een te verwaarlozen vermindering (3°) van de vooroverbuiging gevonden maar de verwachting was juist andersom, namelijk dat men dieper voorover moet staan. De indicatieve gegevens over de taak "onder leidingen graven" tonen echter wel dat met deze schep dieper voorover gebogen moet worden. De iets grotere steellengte gepaard aan de vrij schuine stand waarin schep C tijdens het afkruimen blijkbaar wordt gehouden is een verklaring en dat zal meer afkruimverliezen veroorzaken omdat het blad meer schraapt dan schept bij de voorwaartse schepbeweging.

Met schep D wordt bij het afkruimen duidelijk rechterop gewerkt dan met alle andere schepen. In alle categorieën van lichaamslengte van proefpersonen is een vermindering in vooroverbuiging van de romp gevonden ten opzichte van alle andere schepen. De vermindering varieert van 6 tot 12° . Bij de taak "onder leidingen graven" zijn de verschillen tussen schep B en schep D echter kleiner. Beide schepen scoren gunstiger dan schep A en C. Over de experimentele schep D zijn de meningen van de proefpersonen alsook de uitkomsten over de rompstandverbetering aan het begin van de tilhandeling positief. Omdat het hier gaat om een experimenteel ontwerp is nog onbekend of de schepkonstruktie ook sterk genoeg is bij langdurig gebruik onder praktijkomstandigheden, evenmin is bekend of de stelen ook in grotere aantallen kunnen worden geleverd tegen een aanvaardbare prijs. Onder bepaalde taakomstandigheden waar de manoeuvreerruimte voor de schep klein is, zal de steellengte van $1,23$ m enigermate moeten worden verkort zonder de steelkromming te verminderen; de praktijk zal dat moeten uitwijzen. Mogelijk heeft schep D ook voordelen bij taken als "laden van zand op een vrachtwagen" of "verplaatsen van geroerd zand" in het

algemeen.

Op grond van de bevindingen van dit exploratief onderzoek is het denkbaar dat verdere verbeteringen van schep D mogelijk zijn die leiden tot een verdere vermindering van de vooroverbuiging van de romp. Onbekend is echter hoe nadelig de gevolgen van nog grotere steelmodifikaties zouden zijn op andere aspecten als de rotatie-eigenschappen om de as van de steel, de krachten in de schouders, de zijwaartse buigbelasting van de rug en wat taak en gereedschap betreft: het weggooibereik en de sterkte van de schepkonstruktie onder praktijkomstandigheden.

konklusies

- Op basis van de criteria: rompstand en het oordeel van de proefpersonen is voor de taken "afkruimen en onder leidingen graven" in zand schep D de beste keus uit de vier proefschepen.
- Omdat schep D een experimenteel model is zal een nader evaluatie-onderzoek moeten plaatsvinden naar de sterkte-eigenschappen onder praktijkomstandigheden.
- Aannemelijk is dat schep D ook een goede keus is voor taken waarbij in geroerd zand wordt geschept; een nadere evaluatie in de praktijk is wel gewenst.
- Op grond van de resultaten uit dit exploratief onderzoek is het denkbaar dat met verdere aanpassing van de vorm van schep D de vooroverbuiging van de romp nog meer kan worden vermindert in de hier beschreven taken. Dit zal echter eerst nader moeten worden onderzocht evenals de mogelijke nadelige neven-effecten van verdere modifikaties.

aanbevelingen

- Het is aan te bevelen eerst met de fabrikant te overleggen of levering van het type steel van schep D in principe tegen een redelijke prijs mogelijk is voordat verdere stappen genomen

worden.

- Aanbevolen wordt eerst een aantal scheppen van het experimentele type D in de praktijk te testen op konstruktiersterkte en meer algemene toepassing namelijk "het scheppen van geroerd zand" alvorens tot invoering op grotere schaal te besluiten.

6.4 Graven van een dienstput in zand

Het gaat hier om het graven van putten van ongeveer 80 cm diep, 25 cm breed en 30 cm lang, waarbij de taakuitvoerder op het maaiveld blijft staan. Gewoonlijk wordt hiervoor de standaardscheppan gebruikt. Een alternatieve schep E, een betonschep met aangepast blad (steekscheppan), is voor dit doel samengesteld en vergeleken met schep A.

diskussie

Het gewicht van schep met zand (3-5 kg) dat per cyclus uit de put omhoog wordt getrokken is in het algemeen geringer dan bij "steekscheppen" en "afkruimen".

Bij het gebruik van schep A kunnen extreme standen van de rug bereikt worden; een enkeling gaat over op "graven gesteund op één knie". Als dit geregeld gebeurt is dat ongunstig voor de knie en ook de rotatiemogelijkheden van het lichaam worden beperkt.

Schep E heeft gemiddeld over alle graafcycli te zamen een geringere vooroverbuiging van de romp tot gevolg; het meeste profijt daarvan hebben de kleinere proefpersonen. Door de steel hoger te grijpen en de last op het blad te beperken (werkmethodeverbetering) kan de vooroverbuiging mogelijk nog verder beperkt worden waardoor ook het belastend moment ten gevolge van het rompgewicht meer gaat afnemen.

Het oordeel van de proefpersonen over schep E is positief en gunstiger dan over schep A voor deze taak.

Andere voordelen van schep E zijn een grotere afstand tussen de aangrijppingspunten van de handen waardoor de krachten in armen en schouder niet te hoog worden en de onderste hand aan de steel zal minder snel in kontakt komen met bestratingsmateriaal rondom de put.

Indien schep E echter voor andere doeleinden wordt gebruikt met grotere schepgewichten en afstanden van de last tot de rug is waakzaamheid geboden. Er lijken ook gebruiksmogelijkheden te zijn voor het lossteken van zand tussen leidingen in kleine sleuven waarbij men op het maaiveld blijft staan, terwijl een kollega het kruim opschept staande in de put.

konklusies

- De betonschep met aangepast blad (schep E) is een goede keus voor de taak "dienstput graven".
- Verbetering van de werkmethode kan bijdragen tot verdere vermindering in de vooroverbuiging van de romp en derhalve in de bijdrage die het rompgewicht heeft aan het belastend moment onder in de rug.
- Toepassing van de schep voor andere doeleinden zal eerst nader moeten worden onderzocht.

aanbevelingen

- Aanbevolen wordt per fittersteam een schep van het type E ter beschikking te stellen.
- Het is aan te bevelen een nader onderzoek in te stellen naar de verdere gebruiksmogelijkheden van schep E.

6.5 Steekscheppen in klei

In de veldexperimenten is de meest gangbare spa met gesmeed blad (schep F) vergeleken met een proefspa met dubbelgekromde lange

steel (schep G). De taken waren "sleuf graven" en "onder leidingen scheppen". Een proefspa volgens tevoren opgestelde eisen kon niet op tijd voor het experimentele onderzoek worden geleverd en besloten is om uit de beschikbare bladen en stelen een experimentele spa samen te stellen.

Alleen tijdens het onderdeel analyse van scheptaken is globaal aandacht besteed aan de kabelspa die qua bladoppervlakte afwijkt van schep F.

diskussie

Uit de experimenten in klei is gebleken dat de romp bijna 10° dieper voorover moet buigen dan bij het graven in zand; tussen de scheppen F en G zijn de verschillen klein hetgeen te verklaren is uit de vrij vlakke stand van de steel aan het begin van de tilhandeling. Verlenging van de steel zal dan relatief weinig effect hebben op de vooroverbuiging van de romp. De bocht in de experimentele steel heeft wel enig effect. Verdere schepontwikkeling zou op dit principe kunnen voortborduren, hoewel de vereiste rotatiesymmetrie rond de steelas daar vermoedelijk grenzen aan stelt; voor het lossteken van moten klei wordt de schep namelijk gerooteerd.

Schep G wordt zeer ongunstig beoordeeld door de proefpersonen. De steel is te lang en de bocht in de steel zit te ver naar achteren. Uit de berekening van het belastend moment onder in de rug blijkt ook dat het buigend moment, maar vooral het torsiemoment bij de kleinere proefpersonen sterk toeneemt.

Voor het onder leidingen opscheppen is geen der spa's geschikt en kan beter een (steek)scheppan worden gebruikt, aldus de fitters. Wat de deelhandeling "insteken" betreft zou op dezelfde wijze als dit voor de steekscheppan is aangegeven de scheplengte kunnen worden aangepast aan de lengte van de fitter.

Op het gewicht van de spa of de steekscheppan met klei wordt nog ingegaan in § 6.7.

konklusies

- De experimentele spa (schep G) in de vorm waarin deze in het veldexperiment is gebruikt is ongeschikt voor het graven in klei.
- De standaardspa met gesmeed blad kan worden aangepast aan de lengte van de gebruiker op dezelfde wijze als dit gebeurt bij de steekscheppan.
- Betere varianten, afgeleid van schep F, zijn denkbaar maar moeten eerst ontwikkeld en nader onderzocht worden.

aanbevelingen

- Aanbevolen wordt om, uitgaande van schep F, de steellengte zo te kiezen dat de hilt van de rechtopstaande spa ongeveer reikt tot aan het voorste bovenste doornige uitsteeksel van de bekkenrand van de gebruiker.
- Overwogen zou moeten worden nader te onderzoeken of andere varianten dan schep G beter voldoen dan schep F.

6.6 Dichtgooien van een sleuf of gat

Naar aanleiding van de uitkomsten van de analyse van scheptaken in de praktijk is tijdens de veldexperimenten alsnog enige aandacht besteed aan deze taak. Twee methoden van dichtgooien komen in de praktijk het meest voor, te weten: "dichttrekken vanuit de sleuf, en dichtschiiven (-gooien) vanaf het maaiveld". De methoden en de 4 scheppen A t/m D binnen elk der methoden zijn op het kenmerk "vooroverbuiging van de romp" vergeleken; verder is de mening van de fitters over de proefscheppen beschikbaar.

diskussie

De bevindingen met betrekking tot de scheppen wijzen op het voordeel dat schep D biedt boven andere scheppen. In het oordeel van

de fitters worden schep B en D gelijk beoordeeld maar de romp wordt minder voorovergebogen bij gebruik van schep D.

De werkmethode heeft ook duidelijk effect op de romphouding en op het belastend moment onder in de rug, veroorzaakt door romp en last; dat is kleiner bij het dichttrekken.

Interessant is dat vooral de werkmethode in combinatie met gereedschapverbetering een behoorlijk effect heeft op de stand van de romp en het buigend moment onder in de rug.

De methode "dichtschiiven" vanaf het maaiveld is zeer belastend voor de rug. Er is sprake van een combinatie van buig- en torsiebelasting, van tordering van de romp in ver voorovergebogen romphouding en vaak ook nog van een hoog tempo. Scheppen met een lange steel met hilt verergeren de torsie van de rug.

Wanneer putten of sleuven gevuld zijn met zand dat nagenoeg vanzelf het gat in glijdt volgt een fase waarin "dichttrekken" mogelijk is totdat het zand bij het opscheppen niet meer bereikbaar is geworden. Bijkomend voordeel is dat het zand in de sleuf wordt verdicht doordat dit betreden wordt. Daarna zou staande op maaiveldniveau in principe een fase van "opscheppen" kunnen volgen zonder dat sprake hoeft te zijn van "dichtschiiven".

konklusies

- Zowel een andere werkmethode ("dichttrekken") als de schepvorm dragen bij tot vermindering van de vooroverbuiging van de romp.
- De combinatie levert het meeste resultaat en kan ook het belastend moment onder in de rug, veroorzaakt door het rompgewicht, aanmerkelijk verminderen.
- "Dichtschiiven" is belastender voor de rug dan "dichttrekken" en waarschijnlijk ook belastender dan "dichtscheppen".
- Hoge tempo's komen voor bij het dichtgooien.

aanbevelingen

- Aanbevolen wordt sleuven, putten zo min mogelijk "dicht te schuiven" en zo veel mogelijk, staande in de sleuf, "dicht te trekken" en daarbij een schep van het type D te gebruiken.
- In uitzonderlijke gevallen waarin "dichtschuiven" voorkomt is het beter een schep met korte steel te hanteren.
- Hoge schepfrekwenties moeten zoveel mogelijk worden vermeden.

6.7 Overige aandachtspunten met betrekking tot de bladkonstruktie

In deze paragraaf komen enkele meer algemene en summier onderzochte aspecten met betrekking tot de bladen van scheppen naar voren die bij het gebruik van de schep echter wel van betekenis kunnen zijn voor de ondervonden arbeidsbelasting.

6.7.1 Snij- en kleefeigenschappen van bladen

diskussie

In de praktijk kunnen zich bij het graven in grond veel belemmeringen voordoen bij het insteken van de schep waardoor de frekwenties van tillen van de schep laag worden. Dat is bijvoorbeeld het geval bij harde, kleverige klei, in zandgrond met veel leidingen en bij zand vermengd met sintels of licht puin. Het insteken en lossteken kan in zulke omstandigheden vermoeiend werk worden en er kunnen klachten over de bovenste ledematen voorkomen als de stoot- en insteekkrachten hoog worden. Naar verwachting is de rug echter minder belast dan bij de tilhandeling. Een tussentijds onderzoek van de DWL heeft de verwachting bevestigd dat een flinke verlaging van de insteekkrachten kan worden bereikt door de snijkant van gebruikte schepbladen scherp te slijpen.

Verder is gekonstateerd, dat geregeld klei aan het blad van de spa blijft kleven, hetgeen een onnodige belasting is van de rug bij de "retourhandeling". Toepassing van een spitriek bleek geen sukses.

konklusies

- In bepaalde omstandigheden lijkt het insteken van de schep in de grond het belangrijkste aandeel te leveren aan optredende vermoeidheid. De belastende momenten in de rug zijn naar alle waarschijnlijkheid kleiner dan bij de tilhandeling maar de optredende piekbelastingen in armen en handen groter.
- Onnodige belasting en oponthoud ontstaat indien teveel klei aan de bladen van scheppen blijft kleven.

aanbevelingen

- Behalve aandacht voor de rugbelasting bij het tillen tijdens het graven is het aan te bevelen het onderzoek naar het reduceren van de insteekkrachten van scheppen en eventueel speciaal lossteekgereedschap te vervolgen door ook andere eigenschappen van het blad (breedte-lengteverhouding, wigvorm van de bladpunt, gladheid van het oppervlak) in studie te nemen.
- Om te snelle slijtage van het blad tegen te gaan, met name bij de bladen van de frekvent gebruikte zandschep, zou meer aandacht moeten worden gegeven aan het inkopen van slijtvastere materialen.
- Aandacht voor regelmatig onderhoud dient te worden bevorderd, zoals het schoonhouden van het blad en het slijpen van de snijkant van de bladen. Eventueel zou op de distrikten speciale apparatuur moeten worden opgesteld waarmee de bladen op eenvoudige wijze gereinigd of in de juiste vorm geslepen kunnen worden.
- Nader onderzoek is aan te bevelen om na te gaan of open stroken in bestaande spabladen mogelijk zijn die het gewicht van de spa zelf alsmede het kleefvermogen verminderen zonder de

sterkte van het blad ernstig te reduceren.

6.7.2 Bladgrootte van scheppen

diskussie

Vele factoren bepalen uiteindelijk het gewicht dat met de schep wordt getild, één ervan is de bladoppervlakte. Gekonstateerd is dat binnen dezelfde grondsoort met hetzelfde formaat blad grote spreidingen van gewichten voorkomen, onder meer doordat fitters binnen zekere grenzen zelf het te tillen gewicht aanpassen aan de omstandigheden. Tussen verschillende soorten grond, zand-klei, verschillen de gemiddelde gewichten op de schep.

De gevonden gemiddelde schepgewichten in de praktijk kunnen echter niet worden vergeleken met de gemiddelde tilkapaciteit van ervaren fitters gemeten onder kondities die lijken op die bij het graven omdat deze gegevens eenvoudigweg ontbreken. Worden de schepgewichten echter vergeleken met de in de literatuur genoemde vuistregel voor optimaal schepgewicht (6-8 kg) dan is er weinig reden om de bladgrootte van de gangbare steekscheppan voor taken in zand en de kabelspa voor taken in klei anders te kiezen. Bij het graven in klei met de gewone spa of, zoals blijktbaar voorkomt, met een steekscheppan komen vergeleken met de vuistregel hogere gewichten bij gemiddeld lagere tilfrekwenties voor. De kans bestaat dat sommige individuen bij de gebruikelijke scheproutine met bepaalde bladgroottes te vaak dicht bij de grens van de eigen belastbaarheid zullen tillen en in zulke individuele gevallen is het beter een kleiner blad te kiezen.

Indien de steellengte drastisch wordt verlengd zal het gewicht op het blad navenant gereduceerd moeten worden. Toepassing van schep E bij het graven van een dienstput levert echter geen probleem op zolang de gewichten die omhoog gehaald worden relatief gering zijn. Wordt deze schep voor andere taken gebruikt en is het blad

goed gevuld (bijvoorbeeld het laden van een vrachtwagen) dan kunnen wellicht te grote belastingen ontstaan in de rug; deze toepassing zou eerst nader onderzocht moeten worden.

konklusies

Gegevens over de tilkapaciteit van ervaren fitters onder houdings- en bewegingskondities die tijdens graafwerk voorkomen ontbreken. Getoetst aan een in de literatuur vermelde vuistregel voor optimaal schepgewicht (6-8 kg) - overigens gebaseerd op het energetisch belastingsmodel - is de konklusie dat de gemiddelde schepgewichten met de huidige toegepaste bladoppervlaktes in het algemeen wel in de buurt van deze waarden liggen. Een uitzondering vormen de bladen van de standaardscheppan en de spa gevuld met klei; voor sommige individuen zal mogelijk een verkleining van de bladgrootte nodig zijn in verband met het hoge gemiddelde tilgewicht.

aanbevelingen

- Er is weinig reden om op basis van de geregistreeerde gewichten en spreidingen daarin de bladgrootte van de gangbare scheppen over de hele linie te wijzigen.
- Indien de afstand blad-rug flink zou worden vergroot door een drastische steelverlenging en ook als blijkt dat individuen (bijvoorbeeld bij het graven in klei) door een gemiddeld te groot blad van de spa of de steekscheppan onvoldoende marge hebben om het tilgewicht naar capaciteit te reguleren is het aan te bevelen een kleiner blad te verstrekken, bijvoorbeeld een kabelspa of een steekscheppan kleiner dan het huidige "drie nullen blad".

Bijlage 1. Biomechanisch model voor bepaling van rugbelasting bij graafarbeid

In de graafcyclus komen een aantal handelingen voor die mechanisch belastend zijn voor de rug. De grootste belasting voor de rug treedt op aan het begin van de tilbeweging. De houding van de graver is dan het meest voorovergebogen en de net losgewrikte hoeveelheid zand of klei wordt op de schep gedragen en in beweging gebracht. De rugbelasting die daarbij optreedt houdt vooral verband met het in evenwicht houden van romp en last. De bijdrage door de gemiddelde versnelling bij het in beweging zetten van de last tot de maximumsnelheid is bereikt kan 4 tot 6% bedragen en die van de romp 10 tot 14% (schatting vanuit een aantal videobeelden).

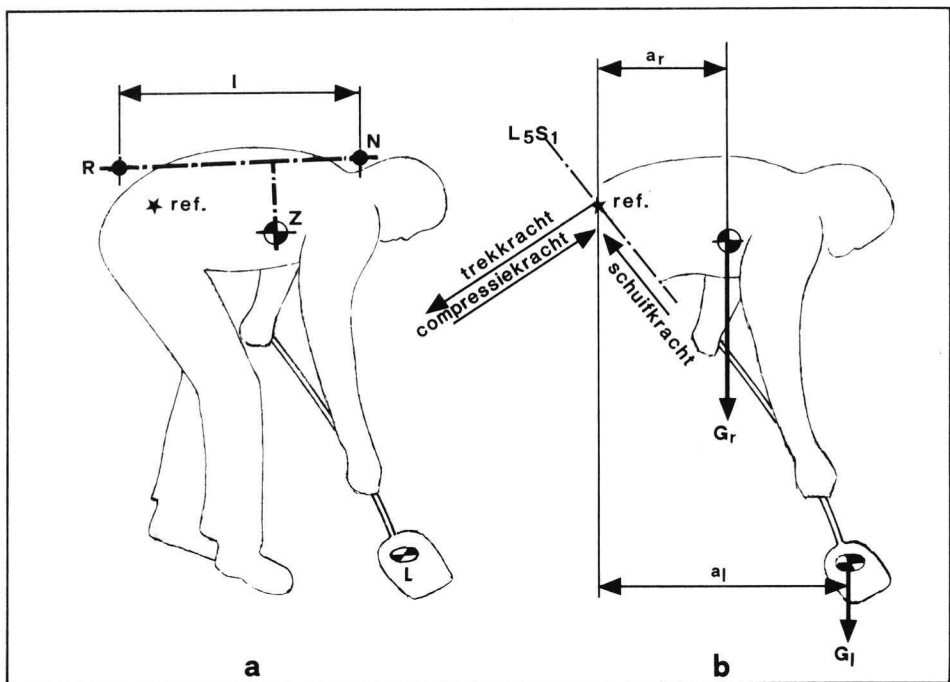
Een geschikte maat om rugbelasting te beoordelen is het zogenaamd uitwendig belastend draaimoment (zie hierna). Deze maat heeft betrekking op de 'draaiende werking' van uitwendig op het lichaam aangrijpende krachten en wordt gemeten ten opzichte van een referentiepunt laag in de rug. Deze maat is direkt gerelateerd aan de belasting van inwendige structuren in de rug (spieren, banden, gewrichten). Het belastend draaimoment wordt veel gebruikt voor de analyse van rugbelasting bij zowel statische werkhoudingen (Fränkel et al., 1984; Schultz & Andersson, 1982, etc.) als bij tilbewegingen (Groh et al., 1967; Park & Chaffin, 1974; Garg & Herrin, 1979; Ekholm et al., 1982; Leskinen, 1983). Als vuistregel stelt Tichauer (1978) dat arbeid, waarbij het draaimoment groter is dan 135 Nm, als 'zwaar' moet worden aangemerkt. Selectie en training van werknemers is dan nodig, evenals aandacht voor rustpauzes. Om het belastend draaimoment te bepalen tijdens graven is een 'biomechanisch model' van de graver ontwikkeld. Dit model berekent het bovengenoemde draaimoment op basis van de volgende gegevens:

1. stand romp
2. afmetingen romp

3. gewicht romp
4. positie last
5. gewicht last.

De stand van de romp, de positie en het gewicht van de last lijken te kunnen worden beïnvloed door het schepontwerp en de werkmethode. De stand van de romp en de positie van de last werden aan de hand van video-opnamen vastgesteld. De lengte en het gewicht van de romp werden door metingen aan de persoon bepaald. Het gewicht van de last werd geschat op grond van een aantal metingen die in de praktijk tijdens de experimenten zijn verricht. Het model is weergegeven in figuur 6.

Figuur 6. Biomechanisch model van de graver



Hierin is een schematische voorstelling gegeven in zij-aanzicht van de persoon in de te onderzoeken werkhouding (in dit geval het begin van de tilbeweging). Op de romp en de last zijn een aantal

markeerpunten te zien (figuur 6a).

N: nekpunt

R: rugpunt

L: lastpunt

Z: zwaartepunt romp.

De ligging van deze punten is beschreven in bijlage 2. De afstand l is de romplengte gemeten volgens de rechte ruglijn NR in de aangegeven voorovergebogen houding (romp bijna horizontaal). Als referentiepunt voor berekening van het belastend draaimoment is een punt (Ref) geselecteerd dat 11 cm vóór de lijn NR ligt, en 11 cm boven het rugpunt R. Dit punt komt ongeveer overeen met het centrum van het bewegingssegment L_5S_1 van de wervelkolom.

Figuur 6b toont het krachtenspel in en rondom het lichaam. Alleen het lichaamsgedeelte boven L_5S_1 is beschouwd. Getekend zijn de krachten op het rompgedeelte boven L_5S_1 . Uitwendig werken op dit lichaamsdeel de krachten G_l en G_r . G_l is het gewicht van de last, welke kracht aangrijpt in het zwaartepunt van de schep met zand of klei (punt L). G_r is het gewicht van de romp. De grootte van het rompgewicht kan op ongeveer 65% van het lichaamsgewicht worden gesteld (Fränkel et al., 1984). Het rompgewicht grijpt aan in het zogenaamd massamiddelpunt van de romp (het punt waar alle massa van de romp als het ware gekoncentreerd is). Op grond van gegevens uit een aantal bronnen (Fränkel et al., 1984; Singleton, 1982) is geschat dat dit punt in de aangegeven houding ongeveer 0,6 l boven het rugpunt ligt en ongeveer $2/3$ d vóór de ruglijn. Hierbij is l de gemeten ruglengte, en d de rompdiepte gemeten onder de oksels. Voor beide krachten G_l en G_r is de krachtlijn altijd vertikaal gericht (zwaartekracht). De hefboomarm ten opzichte van het referentiepunt is derhalve de horizontale afstand tussen de werklijn van de kracht en het referentiepunt. Beide hefboomarmen kunnen uit het videobeeld worden afgeleid (zie bijlage 2). Het belastend bui-

gend draaimoment ten opzichte van het referentiepunt is nu:

$$\begin{aligned} M_f &= M_{f1} + M_{fr} \text{ met} \\ M_{f1} &= G_1 \cdot a_1 \\ M_{fr} &= G_r \cdot a_r \end{aligned} \quad (1).$$

(De index f heeft betrekking op flexie oftewel vooroverbuiging, zie hierna).

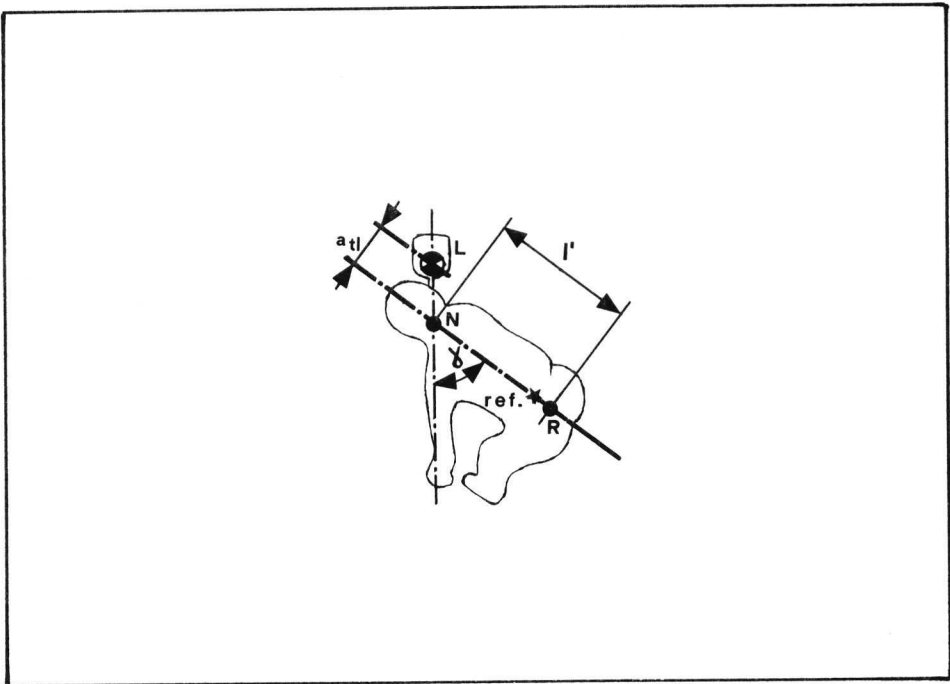
Uit figuur 6b wordt ook de betekenis van het belastend draaimoment voor inwendige rugbelasting duidelijk. Voor evenwicht moet het rechtsomdraaiend belastend draaimoment M_f gekompenseerd worden door een linksomdraaiend inwendig draaimoment. Dit laatste draaimoment wordt opgebracht door een resulterende rugkracht die bestaat uit bijdragen van de rugspieren, -banden, en ook enigszins door de druk in de buikholte. Met meer gedetailleerde modellen kunnen deze inwendige krachten berekend worden evenals de daarmee samenhangende drukkracht en afschuifkracht op de wervelkolom. Uit berekeningen is bijvoorbeeld gebleken dat bij tilarbeid de drukkracht (in N) gelijk is aan ongeveer 16 à 25 keer het uitwendig draaimoment (in Nm), afhankelijk van de tilhouding en van het feit of wel of niet rekening is gehouden met dynamische aspecten en de buikholte druk (Groh et al., 1967; Park & Chaffin, 1974; Garg & Herrin, 1979; Ekholm et al., 1982; Bejjani et al., 1984). Met andere woorden, de door Tichauer (1978) genoemde norm voor het maximaal toelaatbare draaimoment van 135 Nm komt overeen met een drukkracht van ongeveer 2200-3400 N. Hoewel deze drukkrachtwaarden in het algemeen lager zijn dan de maximale breuksterkte van dood menselijk materiaal, kunnen in sommige gevallen eerste beschadigingen optreden (Eie 1966). In het hier gebruikte model wordt voor de eenvoud uitsluitend het uitwendig belastend draaimoment gebruikt voor de beoordeling van rugbelasting.

Bij de berekening is tot nu toe alleen rekening gehouden met het draaimoment bij vooroverbuigen. Als hefboomarm is gekozen: de horizontale afstand tussen referentiepunt en krachtlijn van het ge-

wicht van last of romp en wel gemeten in het sagittale vlak (zie zij-aanzicht figuur 6). Dit levert het flexiedraaimoment zoals weergegeven in vergelijkingen (1). Wanneer echter het bovenaanzicht wordt beschouwd blijkt dat de last zich links voor het lichaam bevindt bij rechtshandige werkers. Dat betekent dat er ook een horizontale hefboomarm bestaat gemeten in het frontale vlak dat loodrecht staat op het sagittale vlak. Vermenigvuldiging van deze hefboomarm met het lastgewicht levert het zogenaamd torsiemoment van de last (figuur 7):

$$M_{tl} = G_l \cdot a_{tl} \quad (2)$$

Figuur 7. Torsiemoment van de last bij het graven



Samenvattend kan gesteld worden dat de totale rugbelasting is opgebouwd uit een bijdrage van de romp (M_{fr}) en twee bijdragen van de last (M_{fl} en M_{tl}). Deze afzonderlijke bijdragen voor een gege-

ven lichaamsstand kunnen op de aangegeven manier worden bepaald als gewicht van romp en last bekend zijn en de grootte van de hefboomarmen uit videobeelden zijn opgemeten.

Bijlage 2.

2.1 Analyse van videobeelden

Vanuit twee richtingen, van bovenaf en van opzij, zijn opnamen gemaakt van de graaftaken in de verschillende sleuven. De opnamen met de twee camera's werden door middel van een "wiper" samengevoegd tot een videobeeld (zie foto's in paragraaf 3.4). Bij weergave van de videobeelden zijn de te analyseren beelden stilgezet en werden hoeken en afstanden op het scherm opgemeten. Alvorens nader in te gaan op de analyse worden eerst enkele begrippen nader omschreven.

Drie vlakken zijn van belang:

het schepvlak: dit is een vertikaal projektievlak evenwijdig aan de sleuf lopend door de scheplijn (zie figuur 7, bijlage 1). Dit vlak is gebruikt voor de horizontale projectie van markeerpunten die zich gedeeltelijk buiten dit vlak, namelijk in het rompvlak, kunnen bevinden.

het rompvlak: dit is een vertikaal vlak door de ruglijn (zie figuur 7, bijlage 1). Dit vlak blijkt in de praktijk onder een hoek (hoek "gamma") van 40° tot 50° te staan ten opzichte van het schepvlak (figuur 10 in bijlage 2.2).

het horizontale projektievlak: dit is een horizontaal vlak getrokken door het rugpunt van de voorovergebogen proefpersoon.

analyse van de videobeelden van het zij-aanzicht

Camera 1, voor het zij-aanzicht van de sleuf, bevond zich op een afstand van 6 à 7 m van het schepvlak. De camerarichting was horizontaal. Op de onderste helft van het videobeeld kon op deze wijze de projectie van markeerpunten op het schepvlak worden vastgelegd. Op het videoscherm was een schepvlak met een lengte van ongeveer 4,5 m en een hoogte van ongeveer 2 m zichtbaar. Het schepvlak werd

begrensd door 2 vertikaal opgestelde ijkpalen waarop vaste afstanden waren aangebracht. De afstand tussen de ijkpalen werd opgemeten. Wanneer een nieuwe sleuf werd gegraven werden de ijkpalen en camera 1 verplaatst.

De meetnauwkeurigheid op het videoscherm bedroeg ongeveer 1 mm. Dit kwam in werkelijkheid overeen met een nauwkeurigheid van ongeveer 1,7 cm in het schepvlak.

In het schepvlak op het videoscherm zijn de volgende afstanden opgemeten:

gegevens over de rompstand. Bepaald zijn de verticale afstand tussen nekpunt en rugpunt: $(Y_N - Y_R)$ of de verticale afstand tussen nekpunt en heuppunt $(Y_N - Y_H)$ indien het rugpunt gemaskeerd werd aan het begin van de tilhandeling. Vervolgens werd deze afstand gekorrigeerd door de verticale afstand tussen rugpunt en heuppunt er van af te trekken. Deze afstand wijzigde vrijwel niet bij de gegeven vooroverbuigingen en kon uit voorgaande videobeelden worden afgeleid.

gegevens over de positie van de last ten opzichte van het lichaam.

Het gaat hierbij om de bepaling van horizontale afstanden tussen: heuppunt en nekpunt: $(X_N - X_H)$ en heuppunt en zwaartepunt van de last: $(X_L - X_H)$. Om onnauwkeurigheden bij het bepalen van korte afstanden op het videoscherm zoveel mogelijk te vermijden zijn namelijk beide afstanden bepaald en van elkaar afgetrokken. De horizontale afstand van het zwaartepunt van de last tot het nekpunt is daarmee bekend. Op het te analyseren beeld (begin van de tilhandeling) is het blad van de schep en soms ook het eerste markeerpunt op de steel niet zichtbaar. De horizontale afstand "zwaartepunt van de last - nekpunt" is nu als volgt bepaald. De afstand van het zwaartepunt tot aan het relevante markeerpunt op de schep in de richting van de steel van de schep is bekend (zie bijlage 3). Bij een gegeven stand van de steel kan de horizontale afstand "zwaartepunt van de last - markeerpunt op de steel" worden bepaald. De horizontale afstand van het betreffende markeerpunt tot aan het

heuppunt kan eveneens vanaf het videobeeld worden opgemeten. Beide afstanden te zamen leveren de betreffende hefboomsarm.

analyse van de videobeelden van het bovenaanzicht

Camera 2, voor een bovenaanzicht van de graafhandelingen, bevond zich op een hoogte van ± 7 m boven het horizontale projektievlak en was voorzien van een wijdhoeeklens. De camerarichting was nagenoeg vertikaal. Op de bovenste helft van het videobeeld kon op deze wijze de projectie van markeerpunten in het horizontale projektievlak worden vastgelegd. Op het videoscherm (bovenste helft) was een grondvlak met een lengte van ongeveer 8,5 m en een breedte van 3,5 m zichtbaar. Dit grote geprojecteerde oppervlak maakte het mogelijk de graafexperimenten bij éénzelfde proefpersoon in verschillende sleuven uit te voeren zonder dat tussentijds de hoogwerker verplaatst diende te worden, een tijdrovende bezigheid.

Vanwege de geringere nauwkeurigheid zijn zo weinig mogelijk gegevens voor het biomechanisch rekenmodel uit het bovenaanzicht gehaald, het betreft enkele gegevens die van belang zijn voor de positie van de last ten opzichte van het lichaam. Allereerst is de hoek "gamma" (zie figuur 10 in bijlage 2.2) geschat; dat is de hoek die het schepvlak maakt met het verticale rompvlak. De nauwkeurigheid van de hoekmeting bedraagt $\pm 2,5^\circ$. Daarnaast is de positie van de verticale snijlijn van schepvlak en rompvlak ten opzichte van rugpunt en nekpunt bepaald. Vanaf het videoscherm zijn de lengtes r_v en l'_v bepaald en daaruit is de werkelijke lengte van n voor het biomechanisch model als volgt berekend:

$$n = \frac{l'_v - r_v}{l'_v} \cdot l'$$

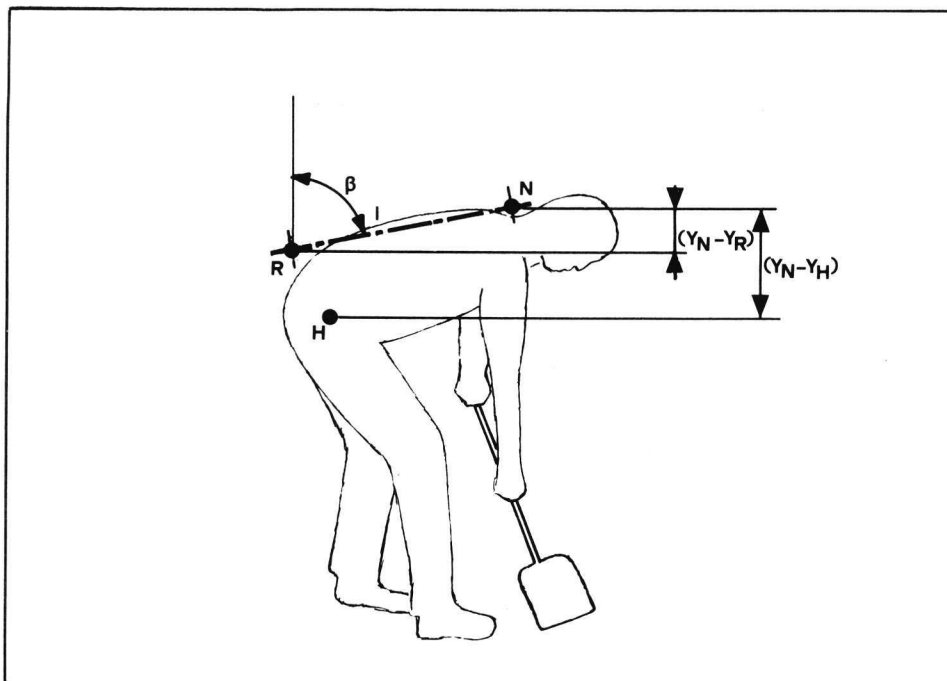
De meetonnauwkeurigheid van de waarden r_v en l'_v bedroeg ongeveer 1 op 15. De onnauwkeurigheid is relatief groot maar in de biomechanische berekeningen speelt de faktor n een relatief geringe rol.

2.2 Berekening van de vooroverbuiging van de romp(flexie) en de hefboomarmen van de draaimomenten aan de hand van de verzamelde gegevens

Uit het voorgaande is gebleken hoe de variabelen $(Y_R - Y_H)$, $(Y_N - Y_L)$ en $(X_N - X_H)$, $(X_L - X_H)$, γ , n en r uit de videobeelden bepaald kunnen worden. In deze paragraaf wordt met behulp van deze variabelen formules gegeven voor de vooroverbuiging van de romp, de flexiehoek β , en een drietal hefboomarmen: rompflexiemomentarm a_{fr} , lastflexiemomentarm a_{fl} , en lasttorsiemomentarm a_{tl} .

Figuur 8 is een schematische weergave van het zij-aanzicht van de romp van een persoon.

Figuur 8. Schematische weergave van het zij-aanzicht van de romp voor de berekening van de rompstand



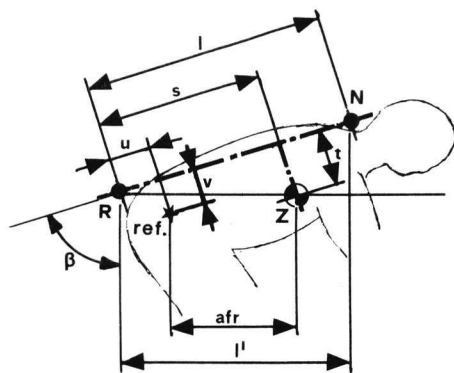
N is het nekpunt, R het rugpunt en H het heuppunt. β is de hoek tussen de lijn NR en de vertikale lijn. Bij vooroverbuigen wordt β groter.

Uit figuur 8 blijkt dat
$$\cos\beta = \frac{(Y_N - Y_R)}{1} \quad (3)$$

Voor β geldt nu
$$\beta = \arccos \frac{(Y_N - Y_R)}{1} \quad (4)$$

De rompflexiehefboomarm is de afstand tussen zwaartepunt romp (R) en referentiepunt (Ref), zie figuur 9.

Figuur 9. Schematische weergave van het zij-aanzicht van de romp voor de berekening van hefboomarmen

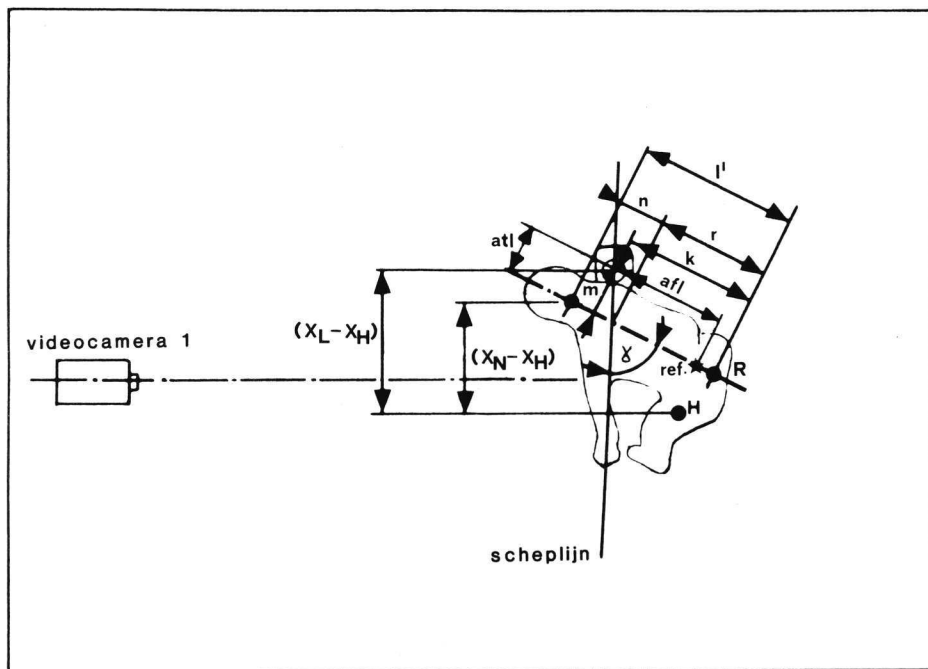


Uit figuur 9 blijkt dat

$$a_{fr} = (s \sin\beta + t \cos\beta) - (u \sin\beta + v \cos\beta) \quad (5)$$

De twee lasthefboomarmen kunnen worden bepaald uit het bovenaanzicht van de graver (figuur 10).

Figuur 10. Schematische weergave van het bovenaanzicht van de romp voor de berekening van de hefboomarmen



l' is de projectie van l op het horizontale vlak (zie figuur 10).

$$l' = l \sin\beta \quad (6)$$

de lastflexiehefboomarm ten opzichte van R is gelijk aan (figuur 10).

$$k = (1' - n \sin \gamma \sin \gamma) + (X_L - X_N) \cos \gamma \quad (7)$$

$$\text{waarbij } (X_L - X_N) = (X_N - X_H) - (X_L - X_H)$$

en n berekend is zoals is aangegeven in bijlage 2.1.

De lastflexiehefboomarm ten opzichte van Ref (a_{f1}) is gelijk aan (zie figuur 10)

$$a_{f1} = k - (u \sin \beta + v \cos \beta). \quad (8)$$

De last torsiehefboomarm ten opzichte van Ref (a_{t1}) is gelijk aan

$$a_{t1} = (X_L - X_N + n \cos \gamma) \sin \gamma. \quad (9)$$

Bijlage 3. Overzicht van kenmerken van de proefscheppen voor het veldexperimentele deel van het onderzoek

schep: grondsoort:	A	B	C	D	E	F	G
			zand				klei
kenmerk:							
<u>schep als geheel:</u>							
- scheplengte (m)	1,15	1,13	1,25	1,23	1,55	1,08	1,30
- schepgewicht (N)	13	14	14	14	15	20	18
<u>blad:</u>							
- bladmodel ¹	D	D	D	D	D	GK	GK
- gemiddelde bladbreedte (m)	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210	0,210
- lengte blad	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0,280	0,265
- bruto bladoppervlakte ² (m ²)	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054	0,044	0,046
- dulhoogte (mm)	35	55	35	35	35	65	55
- bladhoek	30°	45°	30°	30°	30°	12°	16°
- zwaartepuntligging ³ (m)	0,15	0,13	0,16	0,13	0,09	0,30	0,29
- lengte blad	0,255	0,255	0,255	0,255	0,255	0,280	0,265
<u>steel</u> ⁴ :							
- steellengte vanaf dul (m)	0,81	0,81	0,91	0,91	1,23	0,56	0,86
- steelkromming (m)	0,035	0,043	0,038	0,095	0,035	0	0,086
- steelhoek	20°	32°	12°	26°	25°	12°	10°

¹ D = Drents model; GD = gesmeed; GK = geklonken.

² Gemiddelde bladbreedte x lengte blad gemeten langs hartlijn.

³ Gemiddelde afstand markeerpunt bij de overgang dul-steel tot de werklijn van de zwaartekracht door het balanspunt van de schep met grond. Bij de gevonden spreidingen in gewicht van de schep met grond is deze afstand ongeveer 3 cm groter of kleiner.

⁴ Materiaal stelen: essenhout (Blijham).

Bijlage 4. Overzicht van de belangrijkste kenmerken van de proef-
personen* onderverdeeld naar het kenmerk "Distrikt"

kenmerk	totaal gem. (SD)	groep RMO gem. (SD)	groep OVERIG gem. (SD)
<u>Algemeen</u>			
leeftijd	32 (± 13)	21 (± 2)	42 (± 10)
jaren in dienst	10 (± 8)	5 (± 2)	14 (± 9)
jaren graafervaring	11 (± 10)	5 (± 2)	17 (± 11)
<u>Antropometrie</u> ¹			
gewicht (N)	847 (± 124)	844 (± 87)	850 (± 150)
lichaamslengte ₂ (m)	1,81 (± 0,09)	1,80 (± 0,08)	1,82 (± 0,09)
schouderhoogte ₂ (m)	1,50 (± 0,08)	1,50 (± 0,08)	1,52 (± 0,08)
vuisthoogte ₃ (m)	0,79 (± 0,05)	0,78 (± 0,04)	0,80 (± 0,05)
schouderbreedte ₄ (m)	0,44 (± 0,02)	0,45 (± 0,03)	0,44 (± 0,01)
rompdiepte ₄ (m)	0,25 (± 0,02)	0,25 (± 0,01)	0,26 (± 0,03)
omtrek romp ₄ (m)	1,01 (± 0,07)	1,01 (± 0,05)	1,02 (± 0,10)
<u>positie middel-</u> <u>punt markeerpunten</u> ¹			
hoogte nekpunt ₉ (m)	1,57 (± 0,08)	1,56 (± 0,08)	1,57 (± 0,09)
hoogte rugpunt ₆ (m)	1,06 (± 0,06)	1,06 (± 0,07)	1,07 (± 0,05)
hoogte heuppunt ₇ (m)	0,96 (± 0,08)	0,95 (± 0,09)	0,97 (± 0,07)
afstand rugpunt-nekpunt bij 90° flexie	0,65 (± 0,06)	0,64 (± 0,06)	0,66 (± 0,05)

*) In verband met mogelijke herkenbaarheid van gegevens worden alleen gemiddelden en standaarddeviaties (tussen haakjes) weergegeven over het totaal van 6 proefpersonen en groepen onderverdeeld naar het kenmerk "distrikt".

1) Gemeten met schoeisel en kleding; hoogtematen vanaf stavlak.

2) Hoogte tot acromion.

3) Armen omlaag hangend, hoogte tot centrum gebalde vuist.

4) Onder de oksels.

5) Punt midden op de rug ter hoogte van het doornig uitsteeksel van de 7e nekzwervel.

6) Punt midden op de rug ter hoogte van de overgang van de wervelsegmenten L₅-S₁; op een afstand van 7 cm buiten het lichaam.

7) Aangebracht opzij van het dijbeen ter hoogte van de trochanter major.

LITERATUUR

- ANDERSSON, G.B.J. Posture and compressive spine loading; intradiscal pressures, trunk myo-electric activities, intra-abdominal pressures and biochemical analyses. *Ergonomics* 27 (1984) 259-72.
- BEJJANI, F.J. , C.M. GROSS & J.W. PUGH. Model for static lifting: relationship of loads on the spine and the knee. *J.Biomech.* 17 (1984) 281-6.
- BUCHEM, P.J.A. VAN. Ergonomie in kantoren, de werkplek. Kantoor en Efficiency (1980) juni; 63-71.
- CHAFFIN, D.B. & G.B.J. ANDERSSON. Occupational biomechanics. New York etc., Wiley, 1984.
- DRIMMELEN, D. VAN, H. BOSHUIZEN, Y. MUSSON et al. Werken met hammers. Delft, TH, Vakgr.Veiligheidskunde, 1985.
- EIE, N. Load experiments on autopsy specimens. *J.Oslo City Hosp.* 16 (1966) 73-98.
- EKHOLM, J., U.P. ARBORELIUS & G. NEMETH. The load on the lumbosacral joint and trunk muscle activity during lifting. *Ergonomics* 25 (1982) 145-61.
- FRANKEL, V.H., M. NORDIN & C.J. SNIJDERS. Biomechanica van het skeletstelsel, grondslagen en toepassingen. Lochem etc., De Tijdstroom, 1984.
- FREIVALDS, A. Ergonomic shovel design. In: M.J. Alluisi et al. Proceedings of the Human Factors Society 22-26 October 1984 in San Antonio (Texas) USA. Santa Monica (Cal.), 1984. Pp. 841-4.
- GARG, A. & G.D. HERRIN. Stoop or squat; a biomechanical and metabolic evaluation. *A.I.I.E. Trans.* 11 (1979) 293-302.
- GRINTEN, M.P. VAN DER & K.J. POLL. Arbeid en gezondheid. Verslag van een onderzoek naar functioneren in de arbeidssituatie bij de Drinkwaterleiding Rotterdam. Leiden, NIPG/TNO, 1983.
- GROH, H., F.R. THOS & W. BAUMANN. Die Belastung der 5e. Lendenwirbel-scheibe beim Halten einer Last. *Int.z.angew.Physiol.Arbeitsphysiol.* 24 (1967) 150-63.

- LASSOY, A.H.M. Benodigde insteekkracht voor spade en panschep. Rotterdam, Drinkwaterleiding, 1985. (Intern rapport DWL, DIS. nr.86/01.13)
- LESKINEN, T.P.J., H.R. STÅLHAMMER, I.A.A. KUORINKA et al. A dynamic analysis of spinal compression with different lifting techniques. *Ergonomics* 26 (1983) 595-604.
- MORRISEY, S.J., N.J. BETHEA & M.M. AYOUB. Task demands for shovelling in non-erect postures. *Ergonomics* 26 (1983) 947-51.
- PARK, K.S. & D.B. CHAFFIN. A biomechanical evaluation of two methods of manual load lifting. *A.I.I.E. Trans.* 6 (1974) 105-13.
- SCHULTZ, A.B. & G.B.J. ANDERSSON. Analysis of loads on the lumbar spine. *Spine* 6 (1981) 76-82.
- SINGLETON, W.T. The body at work, biological ergonomics. Cambridge etc., Univ.press, 1982.
- TICHAUER, E.R. The biomechanical basis of ergonomics, anatomy applied to the design of work situations. New York etc., Wiley, 1978.