

MEDEDELINGEN VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN,
NEDERLAND 59 (14) 1-39 (1959)

ARBEIDSFYSIOLOGISCH ONDERZOEK BIJ
VELLINGSWERK IN DE BOSBOUW

PHYSIOLOGICAL STUDIES ON LOGGING IN DUTCH FORESTRY

door/by

G. M. STREEF, A. G. GERRITSEN en M. M. G. R. BOL

*Laboratorium voor Fysiologie der Dieren en Afdeling Bosexploitatie
en Boshuishoudkunde van de Landbouwhogeschool te Wageningen*

(Ontvangen/Received 27.6.'59)

INHOUD

1. Inleiding	1
2. Arbeidsfysiologisch onderzoek	2
2.1. Japanse lariks (<i>Larix leptolepis</i> GORD.)	2
2.1.1. Uitvoering van het onderzoek	2
2.1.2. Uitkomsten van het onderzoek	5
2.2. Groveden (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	9
2.2.1. Uitvoering van het onderzoek	10
2.2.2. Uitkomsten van het onderzoek	11
2.3. Discussie	17
3. Opstand- en tijdstudiegegevens	19
3.1. Japanse lariks	19
3.2. Groveden	19
4. Samenvatting	23
Summary	25
Literatuur	27
Tabellen/tables	28

1. INLEIDING

Vellingswerk in de bosbouw heeft altijd behoord tot de zeer zware vormen van arbeid. De rationalisatie van de bosarbeid heeft geleid tot een belangrijke verbetering van de arbeidsmethoden, de gereedschappen en het onderhoud van die gereedschappen. Hierdoor is een belangrijke verlichting van de per boom vereiste lichamelijke inspanning bereikt. Daarnaast heeft de rationalisatie ook geleid tot een betere benutting van de arbeidstijd en een verhoging der productiviteit. Bij zeer zware arbeid blijft daardoor het gevaar bestaan, dat ondanks de rationalisatie de totale inspanning per dag toch groter wordt dan wenselijk of toelaatbaar is.

Een van de doeleinden van het hier beschreven onderzoek was dan ook het

518526

verkrijgen van gegevens over de grootte van de lichamelijke inspanning per arbeidsminuut en per dag in Nederland bij het op rationele wijze verrichten van vellingswerk door goed geschoolde arbeiders.

Gegevens over de lichamelijke inspanning per arbeidsminuut en per arbeidsdag bij het vellingswerk in éénmanswerk zijn in de literatuur zeer schaars. Voor zover er gegevens zijn, betreffen dit resultaten in het buitenland met afwijkende werkmethoden en afwijkende bossen, zodat deze gegevens niet bruikbaar zijn voor het beoordelen van de zwaarte van de arbeid in het Nederlandse bos.

In de tweede plaats had dit onderzoek ten doel de vraag te beantwoorden, of er bij het vellingswerk in groveden met een diameter op 1.30 m van ten hoogste 18 cm een verschil in lichamelijke inspanning bestaat tussen de methode „snoeien met de bijl en schillen met de lichte schilshop” en de methode „snoeien en schillen in één handeling met de verzwaarde Dauner schilshop”.

Het hier beschreven onderzoek omvat:

2.1. Een onderzoek bij het vellingswerk in éénmanswerk bij Japanse lariks. Hierbij werd uitsluitend gewerkt met de methode „snoeien en schillen in één handeling”. Als maatstaven voor lichamelijke inspanning werd de door de arbeid veroorzaakte toename van het energieverbruik en van de polsfrequentie genomen. Deze toename werd uitgedrukt in arbeidscalorieën per minuut en aantal arbeidspolsslagen per minuut of arbeidspols. Bij de ene helft van de vellingen werden energieverbruik en polsfrequentie tegelijkertijd bepaald, bij de andere helft alleen de polsfrequentie.

2.2. Een onderzoek bij het vellingswerk in éénmanswerk in groveden. Hierbij werden de beide bovengenoemde methoden van snoeien en schillen vergeleken. Bij dit onderzoek werd alleen de polsfrequentie bepaald.

Voor beide onderdelen van het onderzoek worden eerst de uitvoering en de resultaten van het arbeidsfysiologisch onderzoek besproken en daarna de opstand- en tijdstudiegegevens voor zover deze bij het beoordelen van de arbeidsfysiologische resultaten nodig zijn.

2. ARBEIDSFYSIOLOGISCH ONDERZOEK

2.1. ARBEIDSFYSIOLOGISCH ONDERZOEK BIJ JAPANSE LARIKS (*Larix leptolepis* GORD.)

2.1.1. Uitvoering van het onderzoek

Voor dit onderzoek waren 7 goed geschoolde en met een goede arbeidstechniek werkende proefpersonen beschikbaar. Deze proefpersonen waren regelmatig met vellingswerk bezig en dus zeer goed getraind. Het vellingswerk werd in éénmanswerk verricht. Snoeien en schillen geschiedde in één handeling met een verzwaarde Dauner schilshop. De proefpersonen werden geheel vrijgelaten in hun tempo van werken. Er werd steeds de nadruk op gelegd, dat ieder in zijn „normale” tempo moest werken.

Iedere proefpersoon werd op 2 verschillende dagen onderzocht (de „eerste” en de „tweede” onderzoekdag). Ieder onderzoek begon met ten minste een half uur zittend rusten in een als rijdend laboratorium ingerichte bus. Daarna werden in drie proeven, die telkens door een rustperiode van elkaar gescheiden waren, tegelijkertijd energieverbruik en polsfrequentie bepaald. Iedere proef bestond uit het onmiddellijk achter elkaar vellen en opwerken van 2 bomen en de onmiddellijk op de tweede boom aansluitende herstelperiode (10 minuten zittend

rusten in de bus). Op de herstelperiode volgde dan nog 15–20 minuten zitten. Daarna werd aan de volgende proef begonnen.

Na de herstelperiode van de derde proef werd weer 15–20 minuten zittend gerust. Vervolgens werd alleen de polsfrequentie bepaald gedurende een langere werktijd, n.l. het vellen en opwerken van 6 of meer bomen.

Het energieverbruik werd gemeten met behulp van de draagbare droge gasmeter van MÜLLER & FRANZ (1952) op de door STREEF (1954 en 1956a) beschreven wijze. Bij deze „respiratieproeven” wordt met behulp van een in- en uitademingsventiel en een mondstuk met neusklem of een halfmasker uitsluitend buitenlucht ingeademd, terwijl alle uitgeademde lucht via de als een rugzak op de rug gedragen gasmeter ontwijkt. Automatisch wordt hierbij een klein percentage van de uitgeademde lucht in een monsterzak gepompt. De gasmonsters worden direct na afloop van de proef overgebracht in luchtleidige glazen ampulles en later op het laboratorium met de HALDANE-techniek geanalyseerd. Op het moment, waarop aan de eerste boom begonnen werd, werd de gasmeter ingeschakeld. Zodra de proefpersoon met de eerste boom klaar was werd de gasmeter snel afgelezen en werd overgeschakeld op de tweede monsterzak. Direct daarop werd aan de tweede boom begonnen. Zodra de proefpersoon met de tweede boom klaar was werd de gasmeter opnieuw afgelezen en werd er overgeschakeld op de derde monsterzak. Direct daarop liep de proefpersoon naar het rijdende laboratorium voor de herstelperiode.

Iedere proef omvat dus 3 bepalingen: het energieverbruik tijdens het vellen en opwerken van de eerste boom, het energieverbruik bij de tweede boom en het energieverbruik tijdens de 10 minuten durende herstelperiode. Voor het een ogenblik stilstaan bij het aflezen en overschakelen en voor het teruglopen naar de bus werden correcties aangebracht.

Het snel overschakelen op een volgende monsterzak was mogelijk gemaakt door aan de voor de monsternamen bestemde zijbuis van de gasmeter een soort revolver, analoog aan de revolver van een microscoop, aan te brengen. Hieraan konden 6 monsterzakken aangesloten worden. Vooral voor het onderzoek in land- en bosbouw is het van groot belang praktisch zonder onderbreking een reeks metingen van het energieverbruik te kunnen verrichten.

De gasanalyse geeft ons de hoeveelheden opgenomen zuurstof en afgegeven koolzuur per liter uitgeademde lucht. Uit de door de tijdwaarnemer afgelezen tijden, het volume van de uitgeademde lucht en de resultaten van de gasanalyse wordt het totale calorieënverbruik per proefperiode (eerste boom, tweede boom, herstelperiode) berekend en eveneens het totale calorieënverbruik per minuut voor iedere periode. Na aftrek van de berekende grondstofwisseling en na correctie voor de specifiek dynamische werking en voor de korte perioden van stilstaan tijdens het aflezen van de meter en het teruglopen naar de bus werd het aantal arbeidscalorieën per boom en het verhoogde calorieënverbruik tijdens de herstelperiode (afgeloste arbeidscalorieën-schuld of zuurstofschuld) berekend. Het aantal arbeidscalorieën per minuut is vervolgens berekend volgens de integrale methode (STREEF, 1956a): men neemt de som van het aantal arb. cal. voor de 1e boom + idem voor de 2e boom + arb. cal. herstelperiode en deelt dit totaal door de arbeidstijd in minuten voor de 1e + 2e boom.

Voor de bepaling van de polsfrequentie werd uitgegaan van de actiestromen van het hart, zoals ook geschiedt bij de registratie van het electrocardiogram. De 3 elektroden werden op de borst geplaatst en met een rubberband gefixeerd.

Een dunne 3-aderige kabel van 100 of 200 meter lengte verbond de proefpersoon met de elektronische versterkerapparatuur. Het begin van deze kabel werd op de rug van de proefpersoon aan zijn kleding bevestigd. Op een paar meter afstand bevond zich een helper om het eerste deel van de kabel te dragen en te verplaatsen.

Op deze wijze ondervond de proefpersoon volstrekt geen hinder van de kabel. Zo nodig zorgde een tweede helper op grotere afstand van de proefpersoon voor het verleggen van de rest van de kabel. Het electrocardiogram werd in een speciaal voor dit soort onderzoek gebouwde versterkerapparatuur versterkt. De R- of S-toppen van het electrocardiogram werden met een telefoon relaisteller geteld (STREEF 1956a en 1956b; STREEF & VAN VOLLENHOVEN 1958). De complete apparatuur kan zowel op droge batterijen als op accu's met een omvormer werken.

De rustwaarde van de polsfrequentie werd afzonderlijk bepaald. Vóór de aanvang van de arbeid moest de proefpersoon 30-45 minuten in de bus rusten. Daarna werd de polsfrequentie zittend bepaald gedurende enige perioden van 5 minuten. Het laagste gemiddelde over 5 minuten werd als rustwaarde genomen. Deze rustwaarde werd voor alle waarnemingen bij de betreffende proefpersoon gebruikt.

Onder aantal arbeidspolsslagen per minuut of arbeidspols wordt verstaan de door de arbeid veroorzaakte toename van het aantal polsslagen boven de rustwaarde, omgerekend per minuut arbeid. Bij het begin van de arbeid loopt de polsfrequentie zeer snel op. Reeds in de tweede minuut wordt een betrekkelijk constant niveau bereikt. Bij de opeenvolgende bomen blijft de polsfrequentie om deze waarde schommelen. Voor dit na de snelle stijging van het begin volgende betrekkelijk constante polsniveau gebruiken wij de term polsfrequentie tijdens arbeid.

Bij het gaan rusten daalt de polsfrequentie aanvankelijk wel vrij snel, maar blijft toch nog enige tijd verhoogd. Voor het aantal polsslagen, dat in deze herstelperiode optreedt boven het aantal dat met de rustwaarde overeenkomt, wordt de term polsschuld of herstelpolssom gebruikt.

De polsschuld geeft de achterstand in de bloedvoorziening van de spieren aan, die in de herstelperiode ingehaald wordt.

Het aantal arbeidspolsslagen per minuut kan, op dezelfde wijze als het aantal arb. cal./minuut, zowel bepaald worden volgens de integrale als volgens de partiële methode. Bij deze zware arbeid is echter een herstelperiode van 10 minuten beslist onvoldoende voor een terugkeer van de polsfrequentie tot de rustwaarde. Een betrekkelijk korte arbeidstijd, gevolgd door een lange herstelperiode, maakt echter de bepaling van de arbeidspols volgens de integrale methode niet alleen tijdrovend maar ook veel minder nauwkeurig. Voor de bepaling van de polsfrequentie tijdens arbeid en van de arbeidspols is daarom de partiële methode gebruikt.

Bij de proeven waarin bepaling van energieverbruik en polsfrequentie gecombineerd werden, werd voor de polsfrequentie tijdens arbeid de gemiddelde polsfrequentie tijdens het vellen van de tweede boom genomen. Bij de proeven zonder meting van het energieverbruik werd voor de polsfrequentie tijdens arbeid de gemiddelde polsfrequentie voor alle bomen exclusief de eerste boom genomen. In beide gevallen krijgt men de arbeidspols of het aantal arbeids polsslagen per minuut door van de polsfrequentie tijdens arbeid de rustwaarde af te trekken.

Het gebruik van de partiële methode voor de berekening van arbeidscalorieën

en arbeidspols is strikt genomen alleen toelaatbaar indien er tijdens het onderzoek een werkelijke „steady state” bestaat.

Bij de proeven, waarin energieverbruik en polsfrequentie samen werden bepaald, werd in de herstelperiode een belangrijke polsschuld gevonden. Voor de tweede onderzoekdag bedroeg deze polsschuld gemiddeld 200 slagen, terwijl het aantal arbeidspolsslagen voor de eerste boom gemiddeld slechts circa 40 lager was dan voor de tweede boom. Deze belangrijke polsschuld pleit er voor, dat de betrekkelijk constante polsfrequentie, welke tijdens de langer durende arbeid gevonden werd, de behoefte toch niet geheel dekte, zodat de werkelijke arbeidspols wellicht nog één of enkele slagen hoger was dan de door ons met de partiële methode bepaalde waarde.

2.1.2. Uitkomsten van het onderzoek

a. *Energieverbruik*

In tabel 2.1-I zijn de gegevens betreffende de proefpersonen samengevat. In tabel 2.1-II zijn voor alle bepalingen van het energieverbruik de diameter, de arbeidstijd per boom en het aantal arbeidscalorieën opgegeven. Kolom 10 van deze tabel bevat de volgens de integrale methode berekende arbeidscalorieën per minuut voor alle groepen van 2 bomen. In tabel 2.1-III is van iedere proefpersoon het gemiddelde aantal arbeidscalorieën op de eerste en tweede onderzoekdag opgegeven.

Het aantal arbeidscalorieën per minuut bedraagt voor alle proeven samen 8.40. In tegenstelling tot wat bij de polsfrequentie gevonden wordt, vertoont het calorieënverbruik geen regelmatig verschil tussen de eerste en de tweede onderzoekdag. Het gemiddelde voor alle eerste dagen is 8.37 arb. cal./min. en dat voor alle tweede dagen 8.43. De gemiddelden zijn dus practisch gelijk.

Verder valt op, dat de uitkomsten van de verschillende proeven bij één proefpersoon over het algemeen niet erg uiteenlopen. De gemiddelden voor de verschillende proefpersonen lopen zelfs opvallend weinig uiteen. Voor beide onderzoekdagen samen is het laagste gemiddelde 8.18 en het hoogste 8.71 arb. cal./min., dus een verschil van slechts 6%. Deze opvallend geringe spreiding hangt voor een deel wellicht samen met de gelijkmatige bouw van de gevulde boomsoort: lariks. Een andere factor, die tot deze geringe spreiding bijgedragen heeft, is waarschijnlijk dat onze proefpersonen een zeer homogene groep vormen wat werktempo, arbeidstechniek en geoeffendheid betreft.

Het bepalen van de arbeidscalorieën met de integrale methode, zoals door ons gedaan is, heeft het bezwaar dat men de proefpersoon vooraf voldoende moet laten rusten en dat men na afloop van de onderzochte arbeidsperiode het onderzoek nog uit moet strekken over de herstelperiode. De partiële methode heeft deze bezwaren niet, maar is alleen toe te passen bij betrekkelijk gelijkmatige arbeid en bovendien moet er hierbij practisch een „steady state” bestaan, d.w.z. dat de zuurstofschuld niet voortdurend op blijft lopen. Doordat het energieverbruik tijdens het vellen en opwerken van iedere 2e boom afzonderlijk bepaald is (zie kolom 8 van tabel 2.1-II), geeft dit ons tegelijkertijd het aantal arbeidscalorieën per minuut volgens de partiële methode. Bij het vergelijken van de uitkomsten in kolom 8 (partiël) en kolom 10 (integraal) moet men bedenken, dat kolom 10 berust op het vellen en opwerken van beide bomen samen en kolom 8 slechts het energieverbruik voor de tweede boom geeft. Een betere indruk omtrent het al dan niet toelaatbaar zijn van de partiële methode voor

vellingswerk krijgt men door voor iedere proefpersoon de gemiddelde waarden volgens beide methoden te vergelijken. Dit is gedaan in tabel 2.1-IV. Voor alle proeven samen is de partiël bepaalde waarde voor arb. cal./min. slechts 0.18 arb. cal. of 2 % lager dan de integraal bepaalde waarde. Ook voor iedere proefpersoon afzonderlijk is de overeenstemming zeer bevredigend. Hoewel wij voor zulk zwaar werk als het vellingswerk aan de integrale methode de voorkeur geven, wijst het bovenstaande resultaat er op, dat voor de bepaling van het verbruik aan arbeidscalorieën per minuut of per boom bij het vellingswerk de partiële methode wel te gebruiken is, mits twee of meer bomen achter elkaar geveld worden en de eerste boom buiten beschouwing wordt gelaten.

In energetisch opzicht blijkt het vellingswerk, zoals dit door ons onderzocht is, zeer zwaar te zijn. Het door ons gevonden verbruik van circa 8.4 arbeidscalorieën per minuut vellingswerk of een totaal energieverbruik van circa 10 kcal. per minuut betekent een zuurstofopname van ruim 2 liter per minuut.

Volgens ÅSTRAND (1952, 1953/54) bedraagt de maximale zuurstofopname voor goed getrainde jongere mannen gemiddeld circa 4 liter per minuut en mag bij zware arbeid gegaan worden tot een zuurstofopname van ten hoogste 50 % van de maximale opname. Wij bevinden ons dus wel aan de bovengrens van wat voor goed getrainde mannen toelaatbaar is. Uit de zeer bevredigende overeenstemming tussen de integrale en de partiële bepaling van het energieverbruik blijkt echter, dat onze proefpersonen tijdens de arbeid toch praktisch een „steady state” bereikten. Bij de bespreking van de polsfrequentie wordt hierop nog teruggekomen.

Het is in dit verband ook van belang te letten op de herstelperiode: de arbeidscalorieënschuld, d.w.z. het aantal calorieën dat tijdens de herstelperiode meer verbruikt wordt dan er zonder de voorafgaande arbeid verbruikt zou zijn. Dit is een maat voor de tijdens deze herstelperiode afgeloste zuurstofschuld. In ons onderzoek varieert deze schuld van 4.0 tot 11.3 kcal. en bedraagt gemiddeld 7.3 kcal. (kolom 9 van tabel 2.1-II). Dit komt overeen met een zuurstofschuld van $1\frac{1}{2}$ liter. Ook dit wijst op zeer zware arbeid, maar het ligt nog belangrijk beneden de maximale zuurstofschuld voor jongere mannen met een zeer goede trainingstoestand.

Uit het bovenstaande volgt wel, dat voor het vellingswerk alleen die personen geschikt zijn, die een hoge maximale zuurstofopname-capaciteit en een hoge maximale zuurstofschuld hebben.

Energieverbruik per dag

Behalve het energieverbruik tijdens de zuivere arbeidstijd is ook de grootte van het energieverbruik over de gehele werkdag zeer belangrijk. Bij het vellingswerk in éénmansarbeid, zoals door ons onderzocht werd, bedragen de algemene tijden circa 30 %. Deze algemene tijden bestaan voor ongeveer $\frac{3}{5}$ uit zitten (verbruik aan arbeidscalorieën te verwaarlozen) en voor $\frac{2}{5}$ uit lopen en staan (verbruik aan arbeidscalorieën te schatten op ongeveer 2.0 per minuut). Dit wordt dus gemiddeld 0.8 arb. cal./min. voor alle algemene tijden samen.

Wij kunnen nu voor de totale 8-urige werkdag de volgende schatting maken:

370 minuten van 8.4 arb. cal. = 3108 arb. cal.

110 minuten van 0.8 arb. cal. = 88 arb. cal.

In totaal dus 3200 arb. cal. per werkdag of 400 arb. cal. per uur of 6.7 arb. cal. per minuut. Op grond van deze schatting is het totale energieverbruik voor onze

proefpersonen te stellen op $3200 + 2300$ (ruststofwisseling + vrije tijd besteding) = 5500 kcal. per dag.

b. *Polsfrequentie*

Tabel 2.I-V bevat de gemiddelde polsfrequentie per boom en per proefpersoon en de arbeidspols voor alle proeven waarin energieverbruik en polsfrequentie tegelijkertijd bepaald zijn. Voor alle gecombineerde proeven samen bedraagt de polsfrequentie tijdens arbeid gemiddeld 142 voor de eerste en 136 voor de tweede onderzoekdag. De arbeidspols bedraagt gemiddeld 74 voor de eerste en 67 voor de tweede onderzoekdag.

Van de proeven, waarin uitsluitend de polsfrequentie bepaald is, zijn in Tabel 2.1-VI de gemiddelde waarden per persoon gegeven voor de polsfrequentie tijdens arbeid en voor de arbeidspols. Door het groter aantal bomen, dat per proef geveld is, is het verschil tussen de gemiddelde polsfrequentie van alle bomen en van alle bomen exclusief de eerste boom zeer gering. Toch is het nauwkeuriger om voor de polsfrequentie tijdens arbeid, die immers het uitgangspunt is voor de berekening van de arbeidspols, het gemiddelde exclusief de eerste boom (of eventueel exclusief de eerste minuut na het begin en na iedere pauze) te nemen. Voor de eerste onderzoekdag bedroegen polsfrequentie tijdens arbeid en arbeidspols gemiddeld resp. 138 en 70 en voor de tweede onderzoekdag resp. 127 en 59.

Voor de proeven zonder energiemeting is in tabel 2.1-VII de gemiddelde polsfrequentie per boom gegeven voor de verschillende bomen, welke in één proef achtereenvolgens geveld zijn. In tabel 2.1-VIII zijn voor dezelfde proeven voor iedere proefpersoon de hoogste en laagste waarde van de gemiddelde polsfrequentie per boom (exclusief de 1e boom) voor de in één proef geveld bomen gegeven.

De polsfrequentie op de eerste en tweede onderzoekdag

In overeenstemming met vroegere ervaringen blijkt er ook bij deze proeven een duidelijk verschil te bestaan tussen de gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid op de eerste en op de tweede onderzoekdag. Voor de proeven zonder energiemeting ligt bij alle proefpersonen de gemiddelde polsfrequentie per boom op de tweede dag bij bijna alle bomen lager dan op de eerste dag. Voor alle gecombineerde proeven samen is het verschil gemiddeld 6 slagen en voor alle proeven zonder energiemeting is het verschil gemiddeld zelfs 11 slagen. Hier tegenover staat, dat het gemiddelde aantal arb. cal./minuut voor beide dagen praktisch gelijk is. Dit pleit er sterk voor dat de hogere polsfrequentie op de eerste onderzoekdag door nerveuze factoren veroorzaakt wordt. De proefpersonen moeten gelegenheid hebben te wennen aan het voor hen vreemde instrumentarium en de onbekende waarnemers. Zelfs het bezoek van de houtvester of van andere belangstellenden doet bij verschillende proefpersonen de polsfrequentie oplopen. Voor het bepalen van de normale polsfrequentie tijdens arbeid en de normale arbeidspols zijn de gegevens van een eerste onderzoekdag dus niet te gebruiken.

Het bepalen van de rustwaarde van de polsfrequentie eist eveneens gewenning en volledige rust en afwezigheid van bezoek.

Deze „nerveuze” moeilijkheden gelden niet of veel minder bij de bepaling van het energieverbruik. Het aantal arb. cal./min. vertoonde praktisch geen verschil tussen 1e en 2e dag. Bij arbeidsfysiologisch onderzoek bij zwaardere landarbeid werd dezelfde ervaring opgedaan.

Het al of niet combineren van de bepaling van de polsfrequentie met het meten van het energieverbruik

De bepaling van de polsfrequentie is voor een deel verricht in combinatie met het meten van het energieverbruik in proeven waarin 2 bomen achter elkaar geveld werden. Daarnaast is de polsfrequentie bepaald in langere proeven zonder meting van het energieverbruik; hierbij werden als regel 6 bomen achter elkaar geveld. Over het algemeen is de polsfrequentie tijdens arbeid in de gecombineerde bepaling iets hoger. Voor de proeven op de tweede onderzoekdag is de gemiddelde polsfrequentie voor de gecombineerde meting 136 en voor de proeven zonder energiemeting 127, maar individueel is dit verschil zeer uiteenlopend. Bij een andere reeks metingen bij een tweetal proefpersonen, die veel meer gewend waren als proefpersonen te fungeren, werd gemiddeld slechts een klein verschil gevonden (127 bij de gecombineerde metingen tegenover 125 bij de proeven waarin alleen de polsfrequentie bepaald werd). Dit pleit er wel sterk voor, dat de respiratieproeven op zich zelf geen noemenswaardige fysieke verzwaring van de arbeid geven en dat de hogere polsfrequentie bij de gecombineerde proeven v.n.l. een nerveuze oorzaak heeft: het wat gehinderd worden door mondstuk of masker en door de gasmeter. De gevonden verschillen tonen echter wel de noodzakelijkheid aan om voor het vinden van de normale waarden van polsfrequentie tijdens arbeid en arbeidspols de polsfrequentie *alleen* te bepalen en dit voor dit doel niet te combineren met de respiratieproeven.

De polsfrequentie bij 1e, 2e en volgende bomen

Uit tabel 2.1-V blijkt duidelijk, dat bij de gecombineerde bepalingen de gemiddelde polsfrequentie voor de tweede boom hoger is dan voor de eerste boom. Zowel voor de 1e als voor de 2e onderzoekdag is dit verschil gemiddeld 6 slagen per minuut. Voor de bepaling van de arbeidspols is daarom bij de gecombineerde proeven uitsluitend de polsfrequentie bij de tweede boom gebruikt.

Bij de langer durende proeven met alleen bepaling van de polsfrequentie is er als regel ook een verschil tussen de 1e en de 2e boom. Gemiddeld was dit verschil 4 slagen (zie tabel 2.1-VII). Vanaf de tweede boom blijft de polsfrequentie echter om een constant niveau schommelen. Er wordt dus praktisch een „steady state” bereikt. Voor de bepaling van de arbeidspols kan daarom de partiële methode gebruikt worden.

Aangezien de polsfrequentie pas in de 2e minuut het niveau van de „steady state” bereikt, moet men of het gemiddelde van de 2e en volgende boom nemen, of de eerste minuut na het begin en na iedere rust voor de berekening van het gemiddelde buiten beschouwing laten.

Voor de tweede onderzoekdag is op de eerstgenoemde wijze een gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid gevonden van 127 slagen, overeenkomend met een arbeidspols van 59.

Variaties in polsfrequentie tijdens arbeid en in arbeidspols

De variaties in polsfrequentie voor de opeenvolgende bomen (de 1e boom buiten beschouwing gelaten) zijn niet erg groot. Tabel 2.1-VIII geeft voor de verschillende proefpersonen de hoogste en laagste gemiddelde polsfrequentie per boom tijdens één proef. Het verschil tussen deze uitersten varieert voor de tweede onderzoekdag van 3 tot 11 slagen (gemiddeld 6 slagen). In % van de arbeidspols liggen de uitersten bij één proef tussen +11 % en -9 %. Dit wijst er op, dat de proefpersonen met een betrekkelijk constante inspanning gewerkt

hebben en zich automatisch vrij goed aan wisselingen in de zwaarte van de arbeid aangepast hebben.

De verschillen tussen de gemiddelden van de 7 proefpersonen zijn evenmin erg groot. Voor de tweede onderzoekdag varieert de gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid en de gemiddelde arbeidspols per persoon van 122 tot 138, resp. van 53 tot 68, dus slechts 16 resp. 15 slagen of van -10% tot $+15\%$ van de gemiddelde arbeidspols voor de gehele groep. Deze verschillen zijn slechts weinig groter dan de verschillen tussen de gemiddelden per persoon voor het aantal arb. cal./minuut.

Gemiddelde arbeidspols over de gehele werkdag

Evenals voor het energieverbruik willen wij ook voor de arbeidspols komen tot een schatting van de gemiddelde arbeidspols over de 8-urige werkdag.

Voor de algemene tijden is de invloed van het zitten ($3/5$ van de algemene tijden) te verwaarlozen. Voor het staan en het lopen is de gemiddelde arbeidspols te schatten op resp. 10 en 25 slagen. Voor de algemene tijden in hun geheel is de arbeidspols te schatten op ± 8 slagen per minuut. Hiervan uitgaande komen wij tot de volgende schatting:

voor de zuivere werktijd $370 \times 59 = 21\,830$ slagen,

voor de algemene tijden $110 \times 8 = 880$ slagen,

samen $22\,710$ slagen in 480 minuten = 47 slagen per minuut.

Als gemiddelde over de gehele 8-urige werkdag komen wij dus tot de schatting van een arbeidspols van 47 slagen en een polsfrequentie van 115 slagen per minuut.

Verhouding arbeidspols/arbeidscalorieën

Deze verhouding hangt samen met het gunstiger of ongunstiger karakter van de arbeid. Naarmate een arbeid ongunstiger is (groter statische component, meer hitte-belasting, relatief te zwaar voor de betrokkene, enz.), zal de polsfrequentie sterker verhoogd zijn dan het energieverbruik en zal de bovengenoemde verhouding dus groter zijn. Hierbij zal ook eerder vermoeidheid optreden.

Voor onze proeven bij Japanse lariks vonden wij als gemiddelde een verhouding van 7.0 . Dit is een zeer gunstige verhouding. Zij wijst op een in verhouding tot de zwaarte van de arbeid laag zijn van de statische belasting en dus op een gunstige vorm van arbeid en een goede arbeidstechniek en arbeidsmethodiek. Bij vroegere proeven in groveden, waarbij zowel het vellingswerk in zijn geheel als het zagen, het snoeien en het schillen afzonderlijk onderzocht werden, vonden wij voor deze drie afzonderlijke handelingen een verhouding arbeidspols/arbeidscalorieën van resp. 7.4 , 6.7 en 7.2 en voor de arbeid in zijn geheel 7.2 . Het zagen geschiedde door deze proefpersonen rustend op één knie in tegenstelling tot de proeven met Japanse lariks waar in gebukte houding werd gezaagd.

2.2. ARBEIDSFYSIOLOGISCH ONDERZOEK BIJ GROVEDEN (*Pinus sylvestris* L.)

Het voornaamste doel van dit onderzoek was het beantwoorden van de vraag, of er bij het vellingswerk in groveden met een diameter op 1.30 m van ten hoogste 18 cm al dan niet een verschil in lichamelijke inspanning bestaat tussen de methode „snoeien met de bijl en schillen met de lichte schilshop” (afgekort:

Sn + S) en de methode „snoeien en schillen in één handeling met de verzwaarde Dauner schilshop” (afgekort: Sn/S).

2.2.1. Uitvoering van het onderzoek

Aangezien het moeilijk is een groep proefpersonen te vinden, die twee verschillende werkwijzen in gelijke mate beheersen, werden voor deze proeven twee zoveel mogelijk gelijkwaardige groepen proefpersonen gekozen, waarvan de ene groep (de proefpersonen A t/m F) gewend was volgens de methode Sn/S te werken, terwijl de andere groep (K t/m P) gewend was volgens de methode Sn + S te werken. Tijdens de proeven werkte iedere groep alleen volgens de methode, welke deze groep gewend was toe te passen.

Beide groepen bestonden uit 6 arbeiders van verschillende leeftijd. De groepen werden zo gekozen, dat zij in gemiddelde leeftijd en in verdeling der leeftijden goed overeen kwamen. Alle proefpersonen werkten met een goede arbeidstechniek en waren in de aan de proeven voorafgaande periode regelmatig in het vellingswerk werkzaam geweest en daardoor in een goede trainingstoestand.

De te verrichten arbeid bestond in het in éénmanswerk vellen, snoeien en schillen van groveden in een kaalslag zonder ondergroei. Alle bomen met een diameter op 1.30 m van meer dan 18 cm waren gemerkt en werden of vooraf geveld, of door onze proefpersonen overgeslagen, aangezien deze bomen als te zwaar voor de methode Sn/S werden beschouwd.

Ook bij dit onderzoek waren de proefpersonen geheel vrij in hun tempo van werken en in de duur en de verdeling der rustpauzes. Er werd steeds de nadruk op gelegd, dat ieder in zijn eigen normale tempo moest werken. Weliswaar werden steeds 2 proefpersonen tegelijkertijd geregistreerd, maar door de grote ongelijkheid van boomdikte, enz. en door de onderlinge afstand waren de proefpersonen niet in staat elkaars vorderingen te beoordelen, zodat er geen gevaar voor een elkaar opjagen bestond.

Als maatstaf voor de lichamelijke inspanning werd de polsfrequentie tijdens de arbeid genomen.

De bepaling geschiedde op de onder 2.1.1. beschreven wijze. Het electrocardiogram van beide proefpersonen werd met de reeds genoemde versterkerapparaatuur versterkt en met een 2-kanaals penschrijver geregistreerd tezamen met een tijdlijn. Versterkers en penschrijver werkten op een door 4 auto-accu's gevoede 12 Volt omvormer. Na afloop van de proeven werden de R-toppen op het laboratorium uitgeteld.

Deze methode voor de bepaling van de polsfrequentie tijdens arbeid voldeed ook bij het vellingswerk zeer goed. Bij een aantal proefpersonen werd de curve in het geheel niet door actiestromen van de spieren gestoord. Bij andere proefpersonen waren bij het zagen wat actiestromen van de spieren in de curve te vinden. Bij een derde groep werden ook bij andere onderdelen van de arbeid actiestromen van de spieren geregistreerd, maar het was toch altijd mogelijk de R-toppen te onderscheiden van de andere uitslagen. De registratie met de penschrijver is beslist betrouwbaarder dan de tellende apparatuur. Bovendien worden nu ook de tijden vastgelegd. Hier komt nog bij, dat de bediening van de apparatuur met penschrijver voor de onderzoeker veel minder inspannend is dan het voortdurend aflezen van de polsteller.

Alle proefpersonen werden op 2 kort op elkaar volgende dagen onderzocht. Om de invloed van klimaatswisselingen uit te schakelen werden steeds één volgens Sn/S werkende proefpersoon en één ongeveer even oude volgens Sn + S

werkende proefpersoon tegelijkertijd onderzocht. De proefpersonen waren in ploegen van 2 + 2 personen ingedeeld. Op de eerste dag van zo'n ploeg (de „oefendag”) werd bij ieder van de 4 proefpersonen de polsslslag gedurende gemiddeld ruim 75 minuten arbeid geregistreerd, ten einde hem aan de proefneming te gewennen. Daarop volgde dan voor ieder tweetal de eigenlijke onderzoekdag (de „tweede dag”). Op deze dag werd de polsfrequentie ononderbroken geregistreerd gedurende een volledige middag (gemiddeld gedurende ruim 200 minuten). In deze periode werden per proefpersoon gemiddeld 22 bomen geveld. Iedere proefpersoon moest systematisch alle niet gemerkte bomen in zijn strook vellen tot op het moment, dat het werk in verband met de tijd gestaakt moest worden. De proefpersonen hadden dus geen keus wat de bomen betreft. Er werd in 2 aan elkaar grenzende stroken geveld. Iedere dag wisselden de Sn/S-groep en de Sn + S-groep van strook, zodat beide groepen even vaak de ene strook als de andere strook toegewezen kregen. Bij het bewerken van het waarnemingsmateriaal zijn alleen de bepalingen van de tweede onderzoekdag als normale waarden beschouwd en verwerkt.

De rustwaarde van de polsfrequentie werd aanvankelijk bepaald na $\frac{3}{4}$ -1 uur zittend rusten bij proefpersonen, die in het begin van de ochtend circa $1\frac{1}{2}$ uur vellingswerk verricht hadden. Het bleek echter, dat na deze arbeid een uur zittend rusten niet voldoende is om een betrouwbare rustwaarde te krijgen. Daarom werden alle rustwaarden op afzonderlijke dagen bepaald na ten minste $\frac{3}{4}$ uur zittend rusten en zonder voorafgaande arbeid.

De polsfrequentie werd dan zittend bepaald gedurende 3 of meer opeenvolgende perioden van 5 minuten. Het laagste gemiddelde over een periode van 5 minuten werd als rustwaarde genomen.

De polsfrequentie tijdens arbeid is bepaald volgens de partiële methode. Wanneer na een rust weer met de arbeid begonnen werd, dan liep de polsfrequentie in de eerste minuut zo snel op, dat in de tweede minuut reeds weer een plateau bereikt werd. Deze snelle stijging wordt mede veroorzaakt, doordat het zagen grotendeels in de tweede helft van de eerste minuut valt en bij het zagen de polsfrequentie snel stijgt. Bovendien is tijdens rust, vooral tijdens kortere pauzes, de polsfrequentie niet zo sterk gedaald. Bij het bepalen van de gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid werd daarom alleen de eerste minuut na iedere pauze buiten beschouwing gelaten.

Uit de straks nog nader te bespreken langzame terugkeer van de polsfrequentie tot de rustwaarde (zie tabel 2.2-VIII) volgt, dat de polsschuld zeer groot is. Zoals reeds onder 2.1.2. uiteengezet is, geeft de partiële methode bij de bepaling van de polsfrequentie tijdens arbeid dus waarschijnlijk nog iets te lage waarden, maar door de lange tijd welke voor herstel nodig is en de betrekkelijke onnauwkeurigheid van de rustwaarde is de integrale methode niet goed toe te passen en naar onze mening ook niet betrouwbaarder.

Het al dan niet significant zijn van de gevonden verschillen is nagegaan met behulp van „Student's t-test”, bij een betrouwbaarheid van 95 %.

2.2.2. Uitkomsten van het onderzoek

In tabel 2.2-I zijn verschillende gegevens te vinden betreffende de proefpersonen. De groep A t/m F heeft met de methode Sn/S gewerkt, de groep K t/m P met de methode Sn + S. Gelijktijdig zijn onderzocht: A en K, B en L, enz. De twee groepen vertonen een bevredigende overeenstemming. Het verschil in de

gemiddelde rustwaarde van de polsfrequentie is niet significant (63 en 66; $t = 1.18 < t(0.05)$).

Voor de verschillende proefpersonen zijn in tabel 2.2-II voor beide onderzoekdagen de gemiddelde waarden opgegeven van de polsfrequentie tijdens arbeid, de arbeidspols, de arbeidstijd per boom, en de boomdiameter.

Tabel 2.2-III geeft voor de tweede onderzoekdag de gemiddelde polsfrequentie voor alle achtereenvolgens gevelde bomen, benevens de momenten waarop gepauzeerd is. Hierin zijn dus de schommelingen in de gemiddelde polsfrequentie per boom en de eventuele invloed van een pauze op de polsfrequentie te zien. Om de grootte van deze schommelingen beter te kunnen beoordelen zijn in tabel 2.2-IV voor de proeven op de tweede onderzoekdag van iedere proefpersoon opgegeven het hoogste en het laagste aantal polsslagen per minuut over de gehele onderzoekdag (de eerste minuut na een rust is buiten beschouwing gelaten), de hoogste en de laagste gemiddelde polsfrequentie per boom, het verschil tussen deze hoogste en laagste waarden en hun afwijkingen van het gemiddelde voor de gehele onderzoekdag in % van de gemiddelde arbeidspols.

Resultaten bij de 12 proefpersonen gezamenlijk

Vergelijking van de polsfrequentie op de eerste en op de tweede onderzoekdag

In overeenstemming met het onder 2.1. beschreven onderzoek bij Japanse lariks zijn ook hier bij de groep Sn/S de gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid en de gemiddelde arbeidspols op de eerste dag (de oefendag) hoger dan op de tweede dag. Voor de groep Sn/S zijn deze waarden 138 en 75 op de oefendag tegenover 132 en 69 op de tweede onderzoekdag. Voor de groep Sn + S zijn de gemiddelden echter praktisch gelijk: 143 en 76 tegenover 142 en 75. Voor alle proefpersonen samen is er een verschil van 3-4 slagen tussen beide dagen. Het verschil is veel kleiner dan bij het vorige onderzoek en het is ook niet bij alle proefpersonen aanwezig. Noch voor de 12 proefpersonen samen, noch voor de groep Sn/S is het verschil tussen oefendag en tweede dag significant. Bij de verdere bespreking van het onderzoek worden echter ook nu weer alleen de gegevens van de tweede onderzoekdag gebruikt.

De gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid en de gemiddelde arbeidspols

De hiervoor gevonden waarden liggen zeer hoog. Voor de groep Sn/S zijn de gemiddelde waarden 132 en 69 en voor de groep Sn + S zelfs 142 en 75. Wanneer het verschil in werkwijze buiten beschouwing gelaten wordt, dan komen wij voor de 12 proefpersonen samen voor de gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid tot een gemiddelde van 137 slagen per minuut, overeenkomende met een arbeidspols van 72. De prestatiegraad bij het werk was gemiddeld circa 110. Zelfs voor de gunstigste groep (Sn/S) ligt de polsfrequentie tijdens arbeid nog 5 slagen hoger dan bij de op dezelfde wijze werkende groep bij Japanse lariks. Dit pleit er voor dat of het vellingswerk in groveden nog ietwat zwaarder is dan dat in Japanse lariks, of de voor het onderzoek in groveden gebruikte proefpersonen gemiddeld nog wat harder werkten dan de voor het onderzoek bij lariks gebruikte groep. Tegen het laatste alternatief pleit, dat de prestatiegraad bij beide onderzoekingen op een gemiddelde van circa 110 geschat werd.

Een mogelijkheid is ook dat het verschil geheel of ten dele wordt veroorzaakt

door het feit dat de velling en opwerking van de groveden plaats vond in de winter, dus buiten de vegetatieperiode en de velling en opwerking van lariks in de vegetatieperiode. Tijdens de werkzaamheid van het cambium laat de schors gemakkelijk los en ten gevolge hiervan wordt mogelijk het schillen minder inspannend.

Gemiddelde polsfrequentie en arbeidspols over de gehele werkdag

Op overeenkomstige wijze als dit bij het eerste onderzoek geschied is, kunnen wij ook hier trachten een schatting te maken van de gemiddelde polsfrequentie over de gehele werkdag. Voor de algemene tijden nemen wij weer 30 % en gemiddeld 8 arbeidsslagen per minuut. Dan komen wij voor de groep Sn/S tot $(370 \times 69) + (110 \times 8) = 26410$ arbeidsslagen in 480 minuten of 55 arbeidspolsslagen per minuut, overeenkomend met een polsfrequentie van $55 + 63 = 118$ als gemiddelde voor de gehele werkdag. Voor de groep Sn + S komen wij tot $(370 \times 75) + (110 \times 8) = 28630$ arbeidsslagen in 480 minuten of 60 arbeidspolsslagen per minuut, overeenkomend met een polsfrequentie van $60 + 66 = 126$ als gemiddelde voor de gehele werkdag.

Vergelijking van de groep Sn/S en de groep Sn + S

Voor de tweede onderzoekdag is de gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid voor de twee groepen resp. 132 en 142 en de gemiddelde arbeidspols per minuut resp. 69 en 75 (tabel 2.2-II). Beide waarden zijn dus bij de groep Sn/S lager dan bij de groep Sn + S. De hoogste en laagste waarden per minuut en per boom voor iedere proefpersoon liggen bij de groep Sn/S gemiddeld ook lager dan bij de groep Sn + S (tabel 2.2-IV). De verschillen in gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid en gemiddelde arbeidspols tussen beide groepen zijn echter niet significant. Voor het verschil in polsfrequentie is $t = 1.13$ en voor het verschil in arbeidspols is $t = 0.77$ (voor 95 % betrouwbaarheid zou $t = 2.23$ moeten zijn).

Voor de tweede onderzoekdag is de gemiddelde boomdiameter voor beide groepen praktisch gelijk (12.9 en 13.0 cm). De gemiddelde arbeidstijd per boom is echter bij de groep Sn/S kleiner dan bij de groep Sn + S (7.13 tegenover 7.54 min.). Dit verschil is niet significant. Samen met het verschil in gemiddeld aantal arbeidspolsslagen per minuut tussen de beide groepen geeft dit verschil in gemiddelde arbeidstijd echter een vrij groot verschil in gemiddeld aantal arbeidspolsslagen per boom (488 bij Sn/S tegenover 569 bij Sn + S; $t = 1.34$, dus ook niet significant).

Bij een vrijwel gelijke gemiddelde boomdiameter bij beide groepen zien wij bij de groep Sn/S gemiddeld zowel een kortere arbeidstijd per boom als een lagere polsfrequentie en lager aantal arbeidspolsslagen per minuut en een lager aantal arbeidspolsslagen per boom. Geen enkel verschil is echter significant.

Dit niet significant zijn van de gevonden verschillen tussen de twee groepen hangt samen met de grote verschillen in gemiddelde waarden tussen de proefpersonen van iedere groep onderling. Daarnaast was voor iedere proefpersoon de variatie van de polsfrequentie per minuut en van de gemiddelde polsfrequentie per boom ook nog vrij groot. De gevonden spreiding was groter dan naar aanleiding van het onderzoek bij lariks verwacht werd. Bij een dergelijke spreiding en zulke betrekkelijk kleine verschillen tussen de twee groepen zou het aantal proefpersonen ten minste drie maal zo groot moeten zijn om significante verschillen te mogen verwachten.

De grote spreiding is ten dele een gevolg van de voor de proef gebruikte boomsoort. Bij groveden kan door verschillende factoren de per boom benodigde tijd en inspanning ook bij een gelijke boomdiameter sterk variëren. Daarnaast is er nog een andere factor. Bij de indeling van beide groepen in een helft met de grootste variatie in gemiddelde polsfrequentie per boom en aantal polsslagen per minuut tijdens arbeid en een helft met de kleinste variaties hierin, wordt voor deze helften ook een verschil gevonden in gemiddeld aantal arbeidspolsslagen per minuut. Voor de helft met de grootste spreiding (C+D+E van de groep Sn/S en M+N+O van de groep Sn+S) is het gemiddelde aantal arbeidspolsslagen per minuut voor Sn/S 80 en voor Sn+S 83; voor deze 6 proefpersonen samen 81. Voor de helften met de kleinste spreiding is dit gemiddeld voor Sn/S 58 en voor Sn+S 68 en voor de 6 proefpersonen samen 63. Dit verschil is significant ($t = 3.29 > t(0.05)$). Hieruit blijkt dat er een verband bestaat tussen grotere schommelingen in de polsfrequentie in het verloop van de werktijd en een gemiddeld hogere arbeidspols. Beide zouden samen kunnen hangen met een iets minder gunstige arbeidstechniek. Arbeidsfysiologisch gezien lijkt het bij deze zware arbeid gunstiger met een meer constante inspanning te werken (d.w.z. de inspanning steeds goed aan te passen aan de zwaarte van het werk) dan met een sterk wisselende inspanning. Wellicht is bij het voor ons onderzoek gebruikte diametertraject de wijze van werken van de houthakker belangrijker dan de keuze tussen Sn/S en Sn+S.

Variaties in de gemiddelde polsfrequentie per boom bij de opeenvolgende bomen

Het volgen de partiële methode bepalen van de polsfrequentie tijdens arbeid en van de arbeidspols is alleen toelaatbaar, indien er tijdens de periode van onderzoek een „steady state” bestaat of althans een praktisch op constant niveau blijven van de polsfrequentie. Een systematisch toenemen van de polsfrequentie en/of een toename van de arbeidstijd per boom zou wijzen op een toenemende vermoeidheid in de loop van de middag.

De gemiddelde polsfrequentie per boom vertoont bij de achtereenvolgens gevelde bomen vrij grote variaties in beide richtingen. Een duidelijke toename in de loop van de middag is er echter niet. Het gemiddelde van alle eerste bomen (129 en 144) wijkt zelfs praktisch niet af van het gemiddelde voor alle bomen (132 en 142 voor resp. Sn/S en Sn+S). Er is evenmin een duidelijke toename te vinden wanneer men voor de 6 proefpersonen van iedere groep samen de gemiddelde polsfrequentie per boom neemt voor de 1e boom, de 2e boom, enz. of wanneer men deze waarden tot gemiddelden voor 4 opeenvolgende bomen samenvat (zie tabel 2.2-III).

Om nog nader na te kunnen gaan of er in de loop van de middag een systematische verandering in werktempo en/of polsfrequentie opgetreden is, werd voor iedere proefpersoon de middag in 3 enigszins gelijke, door pauzes gescheiden delen gesplitst: tot de eerste grotere pauze, tot de tweede of laatste grotere pauze en na deze pauze. In tabel 2.2-V zijn voor iedere proefpersoon de gemiddelde boomdiameter, de gemiddelde arbeidstijd per boom en de gemiddelde arbeidspols voor ieder der drie delen van de middag opgegeven. De gemiddelde arbeidspols was in het eerste deel van de middag bij 8 van de 12 proefpersonen zelfs iets hoger dan het gemiddelde over de gehele middag. Gemiddeld was het verschil in arbeidspols voor de drie gedeelten van de middag echter slechts gering.

Ten opzichte van het gemiddelde van de gehele middag bedroeg de afwijking

voor de 12 proefpersonen samen gemiddeld +2, -1 en 0. Er is dus geen toename van de polsfrequentie in het laatste deel van de middag.

Het verband tussen arbeidstijd en diameter van iedere boom werd voor iedere proefpersoon in een puntenveld uitgezet met verschillende kleuren voor de 3 delen van de middag. Over het algemeen waren de 3 kleuren gelijkmatig over het puntenveld verdeeld. Alleen bij M en N was er een aanduiding van kortere tijden in het derde deel van de middag (eindsput?) en bij E juist een langer worden van de tijden (vermoeidheid?). Proefpersoon E heeft met een zeer hoge arbeidspols gewerkt; de afname van de arbeidspols in het laatste deel van de middag is duidelijk geringer dan de toename van de arbeidstijd. De polsfrequenties voor de opeenvolgende bomen (tabel 2.2-III) geven echter de indruk, dat E in het eerste deel van de middag met een eigenlijk te hoge inspanning gewerkt heeft en later terugzakt tot een meer normale inspanning.

Noch in de arbeidspols, noch in de arbeidstijden is dus een duidelijke aanwijzing te vinden voor een toenemende vermoeidheid in de loop van de middag.

Invloed van boomdiameter en arbeidstijd op de polsfrequentie

Om de invloed van deze factoren na te gaan, werden voor iedere proefpersoon de bomen gesplitst in de helft met kleinere en de helft met grotere diameter, resp. de helft met kortere en de helft met langere arbeidstijd/boom. De samenvatting van de resultaten van deze splitsingen is te vinden in tabel 2.2-VII.

In vrijwel alle gevallen is de gemiddelde polsfrequentie bij de dikkere helft iets groter. Bij de helft met de langere arbeidstijd is het verschil wisselend. Het verschil bedraagt echter gemiddeld slechts 2 slagen bij een gemiddelde diameter van 14.8 tegenover 11.1 cm en 1 slag bij een gemiddelde arbeidstijd van 8.48 minuten tegenover 6.01 minuten. Hierbij valt op, dat bij de groep Sn+S bij de helft met de langere arbeidstijden de gemiddelde polsfrequentie per boom zelfs lager was dan bij de helft met de kortere arbeidstijden.

Uit het bovenstaande blijkt nogmaals, dat bij de in onze proeven voorkomende diameters de goed geoefende arbeider zijn werk onbewust dusdanig regelt, dat een zwaardere boom geen belangrijke toename van de polsfrequentie en dus van de inspanning per minuut geeft.

Invloed van rustpauzes op de polsfrequentie

Het aantal, de duur en de verdeling der rustpauzes werd geheel aan de proefpersonen overgelaten. Sommige proefpersonen namen slechts 2 grotere pauzes, andere daarentegen namen naast een langere theepauze nog een aantal kortere pauzes. Enkele keren werd gepauzeerd in verband met een technische storing. De pauzes werden op de normale wijze doorgebracht.

Ten einde de invloed van de rustpauzes op de polsfrequentie na te gaan en omgekeerd een eventueel verband tussen polsfrequentie en rustpauze te vinden (b.v. het vooral nemen van een rustpauze na een periode met hogere polsfrequentie = grotere inspanning), zijn in tabel 2.2-VI de gemiddelden gegeven van de polsfrequentie tijdens arbeid voor:

- a. 3 opeenvolgende bomen direct voorafgaande aan een pauze;
- b. de laatste boom vóór een pauze en de eerste boom erna;
- c. 4 opeenvolgende bomen bij het begin van een proef en na iedere pauze.

De eerste boom na de pauze geeft gemiddeld een iets lagere polsfrequentie dan de laatste boom ervoor, maar er zijn talrijke uitzonderingen. Voor alle proefpersonen samen is het verschil slechts 1 polsslag per minuut.

Er zijn in deze tabel ook geen aanwijzingen te vinden van een duidelijk toegenomen polsfrequentie (vermoeidheid) direct vóór de pauze of van een voortgaande stijging na de tweede boom na de pauze. Wel is er een verschil in werktipe tussen de groepen Sn/S en Sn+S: Sn+S begint direct na de rust met een hoge polsfrequentie, pakt dus direct extra flink aan. Bij Sn/S loopt de polsfrequentie bij de eerste bomen na een rust meer geleidelijk op. Dit verschil in type is zowel in tabel 2.2-III als in tabel 2.2-VI te zien.

Om het verband tussen de duur van de pauze en de afname van de polsfrequentie na te gaan, werd voor iedere pauze de duur van de pauze en de maximale afname van de polsfrequentie genoteerd. Voor deze afname werd het verschil genomen tussen de gemiddelde polsfrequentie per boom van de aan de pauze voorafgaande boom en de laagste waarde per minuut welke tijdens de pauze bereikt werd. De op deze wijze verkregen gegevens zijn in tabel 2.2-VIII samengevat.

De afname van de polsfrequentie blijkt aanvankelijk sterk toe te nemen met de duur van de pauze. Vanaf de 5e tot de 15e minuut treedt een sterke vervlaking op. Bij een nog langere pauze gaat de polsfrequentie nog verder dalen. In 2 pauzes van 38–39 minuten werd een afname van 58, resp. 66 slagen gevonden; de polsfrequentie lag toen nog 5 resp. 10 slagen boven de rustwaarde van de betrokkene.

Voor dit verband tussen de afname van de polsfrequentie T en de duur van de pauze d was de best aangepaste lijn een derdegraadskromme: $T = 14.25 + 7.80d - 0.70d^2 + 0.02d^3$. Deze lijn vertoont eveneens een vrijwel horizontaal gedeelte van ca 6 tot ca 16 minuten.

Uit het bovenstaande blijkt, dat een rustpauze van 5–6 minuten een belangrijk herstellend effect heeft en dat dit effect niet noemenswaard vergroot wordt door de duur van de pauze tot ca 15 minuten te verlengen. Het is daarom zeer gewenst een groot aantal pauzes van 5–6 minuten in te lassen, b.v. na iedere 45–55 minuten arbeid.

Polsschuld

Hoewel gedurende de gehele middag de polsfrequentie tijdens arbeid praktisch op het zelfde niveau blijft, laten de gegevens van tabel 2.2-VIII duidelijk zien dat er toch een grote polsschuld bestaat. Aan de hand van het uit deze tabel af te leiden gemiddelde tempo van terugkeer van de polsfrequentie naar de rustwaarde is te berekenen, dat de gemiddelde polsschuld meer dan 500 slagen bedraagt, waarvan meer dan 300 in de eerste 10 minuten afgelost worden. Deze schuld ligt nog wat hoger dan de polsschuld in het onderzoek bij Japanse lariks.

Bovendien blijkt dat de rust van 30 minuten onvoldoende is voor een terugkeer tot de rustwaarde.

Het bepalen van de rustwaarde behoort te geschieden vóór de proefpersoon op die dag met het vellingswerk begint.

Vergelijking van de resultaten van de proeven bij Japanse lariks met die van de proeven bij groveden.

Het vellingswerk in Japanse lariks is verricht in éénmanswerk met de werkwijze Sn/S. Hierbij valt de geringe spreiding op van het gemiddelde aantal arbeidscalorieën per minuut bij de verschillende proefpersonen en van de gemiddelde arbeidspols per boom, zowel voor de verschillende bomen van één

proefpersoon als voor de gemiddelden per persoon. Bij het vellingswerk in groveden is de spreiding belangrijk groter.

Bij de Japanse lariks varieerde het verschil tussen hoogste en laagste gemiddelde polsfrequentie per boom op de tweede onderzoekdag voor de verschillende proefpersonen van 11 tot 4 (tabel 2.1-VIII). Bij de proeven met groveden varieerden deze verschillen voor de groep Sn/S van 31 tot 7 en voor de groep Sn+S van 39 tot 16 (tabel 2.2-IV). Bij beide groepen is de spreiding dus veel groter dan bij de Japanse lariks. Dit verschil in spreiding hangt wellicht voor een belangrijk deel samen met de gevelde boomsoort (lariks tegenover groveden).

De gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid en de gemiddelde arbeidspols waren bij het vellingswerk in groveden belangrijk hoger dan bij het vellingswerk in Japanse lariks (132 en 69 voor de groep Sn/S en 142 en 75 voor de groep Sn+S tegenover 127 en 59 voor de proeven bij Japanse lariks). Het verschil in gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid tussen Sn/S groveden en Sn/S lariks is niet significant ($t = 0.75 < t(0.05)$). Echter pleit het verschil er toch wel voor, dat het vellingswerk in groveden nog inspannender is dan dat in Japanse lariks.

Aangezien wij hier te maken hebben met het verrichten van gelijksoortige arbeid door vergelijkbare groepen proefpersonen, mogen wij uit de resultaten van de bepaling der polsfrequentie wel de conclusie trekken, dat het energieverbruik bij het door ons onderzochte vellingswerk in groveden minstens gelijk geweest zal zijn aan dat bij het vellingswerk in Japanse lariks.

2.3. DISCUSSIE

Vergelijking van de methode „snoeien en schillen in één handeling” (Sn/S) met de methode „snoeien met de bijl en schillen met de lichte schilshop” (Sn+S).

De resultaten van het vergelijkend onderzoek bij groveden pleiten er wel sterk voor, dat voor het in ons onderzoek betrokken diameter-traject de methode Sn/S in groveden gelijk aan of zelfs gunstiger is dan de methode Sn+S. Het verschil in gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid tussen beide groepen bleek echter vrij klein te zijn. Bovendien waren de variaties in polsfrequentie, zowel bij de opeenvolgende bomen van één proefpersoon als de gemiddelde waarden voor de verschillende proefpersonen, betrekkelijk groot.

Hierdoor bleek het aantal proefpersonen te klein te zijn om significante verschillen te vinden. Het zou beter geweest zijn eerst een kleine „pilot investigation” (b.v. 2 dagen, waarop 2×2 personen onderzocht zouden zijn) te houden, om daarna aan de hand van deze voorlopige resultaten te besluiten tot of geen verder onderzoek, of een veel uitgebreider onderzoek of een andere opzet. Hierbij wordt gedacht aan het laten uitvoeren van beide werkmethoden door dezelfde proefpersonen. Voorwaarde is dan echter dat de proefpersonen beide methoden in gelijke mate beheersen.

Zwaarte van de arbeid

Uit het door ons gevonden energieverbruik blijkt nogmaals dat vellingswerk zeer zware arbeid is. Bij het vellingswerk in Japanse lariks is een gemiddeld energieverbruik van 8.4 arb. cal. per minuut gevonden. Hieruit is bij 30 % algemene tijden en een 8-urige werkdag voor de gehele werkdag een arbeidscalorieënverbruik van 6.7 arb. cal./min. = 400 arb. cal./uur = 3200 arb. cal. per werkdag en een totaal calorieënverbruik van 5500 per dag te berekenen. Uit de

bij vellingswerk in Japanse lariks en in groveden gevonden gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid mag worden geconcludeerd, dat het energieverbruik bij het vellingswerk in groveden ten minste gelijk is aan de hier gegeven cijfers.

De door ons gevonden waarden liggen op een niveau, dat overeenkomt met de in Scandinavië (LUNDGREN) en in Canada (GIBSON) bij éénmanswerk gevonden waarden (LUNDGREN 1956). Iets oudere Duitse publicaties (LEYENDEKKER, 1950; KAMINSKY, 1952; GLÄSER, 1954; IRMISCHER, 1954, 1955) komen tot 5-6 arb. cal./min. of 300-350 arb. cal./uur, maar deze lagere cijfers hebben ten dele betrekking op tweemanswerk.

De resultaten van de bepaling van de polsfrequentie tijdens arbeid onderstrepen eveneens de zwaarte van het vellingswerk.

Gegevens over de polsfrequentie bij op normale wijze gedurende een langer tijdsbestek uitgevoerd vellingswerk zijn in de literatuur niet te vinden, zodat vergelijkingsmateriaal ontbreekt.

Energieverbruik, polsfrequentie tijdens arbeid en polsschuld liggen belangrijk hoger dan de voor continue industriële arbeid toelaatbaar geachte bovengrenzen. Bij deze vergelijking moet er echter rekening mede gehouden worden, dat vellingswerk meer het karakter draagt van seizoenarbeid. Hierbij worden hogere waarden voor energieverbruik en polsfrequentie toelaatbaar geacht (LEHMANN, 1953). Bovendien is de arbeider bij het vellingswerk vrij in het zelf kiezen van zijn werktempo en zijn rustpauzes en het aanpassen van zijn werktempo aan de wisselende zwaarte van de arbeid. Dit zijn ongetwijfeld gunstige factoren, die er eveneens toe bijdragen dat de toelaatbare bovengrens hoger genomen mag worden.

Uit de goede overeenstemming tussen integrale en partiële methode bij het bepalen van het energieverbruik blijkt, dat er bij de 2e boom praktisch een „steady state” bestond en de arbeid voor onze proefpersonen in energetisch opzicht toch niet te zwaar was. Ook de resultaten van de bepaling van de polsfrequentie pleiten er voor, dat de door ons bestudeerde arbeid op korte termijn bezien niet te zwaar was voor de betrokkenen.

De verhouding arbeidspols/arbeidscalorieën is vrij laag, nl. 7.0. Dit wijst op een gunstige vorm van arbeid, d.w.z. relatief weinig statische belasting en een relatief niet te zwaar zijn voor de betrokkene.

De polsfrequentie tijdens arbeid voor de achtereenvolgens gevelde bomen vertoonde geen oplopen in de loop van de middag, dus geen aanwijzing voor geleidelijk toenemende vermoeidheid. Het laatste deel van de middag vertoonde geen ongunstiger beeld wat prestatie of polsfrequentie betreft dan de rest van de middag.

Er zijn in ons onderzoek dan ook geen aanwijzingen gevonden, dat de arbeid voor onze proefpersonen op korte termijn bezien te zwaar zou zijn.

3. OPSTAND- EN TIJDSTUDIEGEGEVENS

3.1. JAPANESE LARIKS

Opstand

Het arbeidsfysiologisch onderzoek is uitgevoerd in een 22-jarige dunningsopstand van Japanse lariks, met enige ondergroei van eik en prunus, in de boswachterij „Emmen” (vak 29) van het Staatsbosbeheer.

De gemiddelde diameter op borsthoogte (d 1.30 m) van de te vellen bomen was ongeveer 13 cm.

De betakking van het bos was „normaal”, de terreingesteldheid vlak. De velling en opwerking van de lariks vond plaats in de vegetatieperiode.

Werkmethode

De proefpersonen A t/m G werkten geheel in éénmanswerk. De arbeidsvolgorde was:

lopen – stam vrijmaken – spintkap maken – voorbereiden zagen – zagen – ten val brengen – baard verwijderen – voorbereiden snoeien/schillen – snoeien/schillen – kantelen – voorbereiden snoeien/schillen – snoeien/schillen.

Alle proefpersonen maakten gebruik van de werkmethode „snoeien/schillen in één handeling”, uitgevoerd met de verzwaarde Dauner schilschop.

Het zagen gebeurde in gebukte houding.

Gereedschap

Alle proefpersonen werkten met de éénmansbeugelzaag (zaagblad Otso 51) en de verzwaarde Dauner schilschop (gewicht 2.5–3 kg). Enkele arbeiders gebruikten de bijl (Säter banko 900 gr) voor het hakken van een valkerf.

De meeste proefpersonen maakten een spintkap met de schilschop.

Prestatie

De proefpersonen A t/m G hebben volgens subjectieve schatting van de tijdwaarnemers harder gewerkt dan op de grond van de „normaal- prestatie” wordt verwacht.

De prestatiegraad van de groep A t/m G is gemiddeld geschat op 110–115; d.w.z. dat de waargenomen arbeidstijden met 10–15 % zouden moeten worden verhoogd om het „normaal-niveau” aan te geven.

3.2. GROVEDEN

Opstand

Het onderzoek vond plaats in een 43-jarige opstand van groveden (kaalslag, zonder ondergroei) op vlak terrein in de boswachterij Ughelen (vak 83) van het Staatsbosbeheer.

De gemiddelde diameter (d 1.30 m) van de te vellen bomen was ongeveer 13 cm.

De stammen waren, in verhouding tot de diameter, bezet met veel dunne takken. Velling en opwerking gebeurden *buiten* de vegetatieperiode bij een temperatuur om het vriespunt.

Werkmethode

De proefpersonen werkten geheel in éénmanswerk. De arbeidsvolgorde bij

de groep A t/m F (snoeien/schillen in één handeling) was: lopen – stam vrij maken – valkerf hakken – voorbereiden zagen – zagen – eventueel ook wiggen – ten val brengen – baard verwijderen – voorbereiden snoeien/schillen – snoeien/schillen – kantelen – voorbereiden snoeien/schillen – snoeien/schillen.

Bij de groep K t/m P (snoeien en schillen in afzonderlijke handelingen): lopen – stam vrij maken – valkerf hakken – voorbereiden zagen – zagen – eventueel ook wiggen – ten val brengen – baard verwijderen – voorbereiden snoeien – snoeien – kantelen – voorbereiden snoeien – snoeien – voorbereiden schillen – schillen – kantelen – voorbereiden schillen – schillen.

Bij de groep A t/m F is dus éénmaal gekanteld, bij de groep K t/m P in het algemeen tweemaal.

Het zagen gebeurde door sommige proefpersonen in gebukte-, door andere in knielende houding.

Gereedschap per arbeider

ARBEIDER	ZAAGBLAD	BIJL	SCHILSCHOP	
A	Otso	–	verzw. Dauner	2600 g
B	Jiri	–	idem	
C	Sandviken 21	–	idem	
D	Sandviken 21	–	idem	
E	Jiri	–	idem	
F	Sandviken 21	–	idem	
K	Sandviken 51	Iltis 900 g	Dauner	1500 g
L	Orsia	idem	Dauner	1500 g
M	Sandviken 21	idem	Ideal	1200 g
N	Jiri	idem	Ideal	1200 g
O	Orsia	idem	Dauner	1500 g
P	Sandviken 51	idem	Dauner	1500 g

Tijdstudies

De opbouw van de totale arbeidstijd per boom voor „vellen + snoeien + schillen” en voor „vellen + snoeien/schillen” uit de tijden voor de afzonderlijke handelingen is weergegeven in figuur 1.

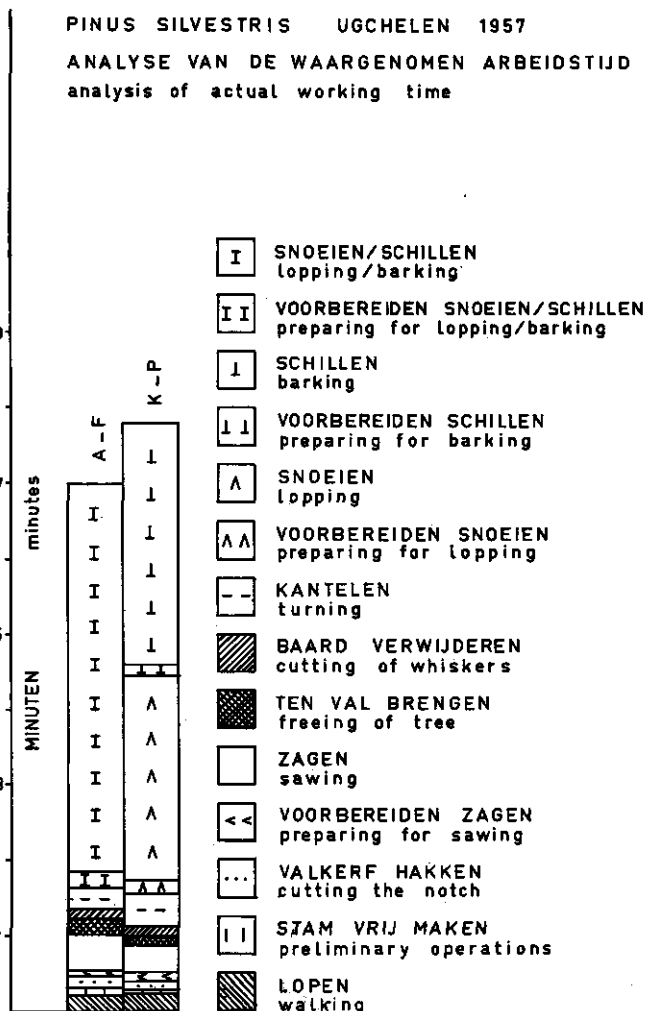
De tijden zijn gemiddelden voor de groep A t/m F en K t/m P van „oefendag” en „tweede dag”.

Figuur 1 laat zien dat de som van de tijden voor lopen, stam vrij maken, valkerf hakken, voorbereiden zagen, zagen, eventueel ook wiggen, ten val brengen, baard verwijderen en kantelen voor de groepen A t/m F en K t/m P nagenoeg gelijk is.

Om een inzicht te krijgen in de benodigde arbeidstijden voor de methoden „snoeien/schillen” en „snoeien + schillen” is per arbeider en per groep een lineaire regressielijn berekend voor het verband: Kwadraat diameter op borsthoogte in cm en de totaaltijd voor „vellen + snoeien/schillen” of „vellen + snoeien + schillen”. Dit verband is weergegeven in de figuren 2 (vellen + snoeien/schillen) en 3 (vellen + snoeien + schillen).

De regressielijn van de groep A t/m F en die van de groep K t/m P zijn in figuur 4 nog eens weergegeven. Bij de berekening van deze regressielijnen is uitgegaan van de „waargenomen tijden” op de „tweede dag”.

FIGUUR 1



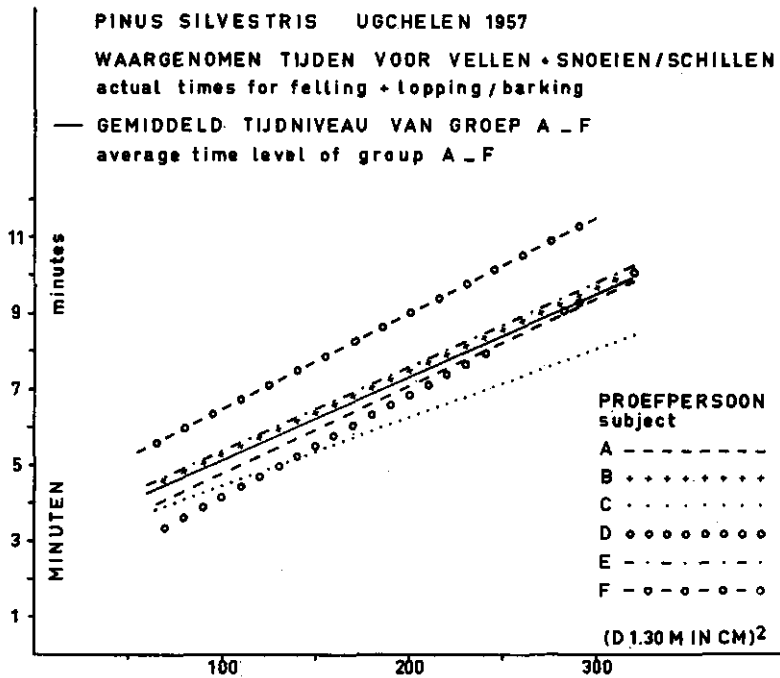
Prestatie

Een niveau verschil tussen de beide regressielijnen van figuur 4 kan worden veroorzaakt door de invloed van werkmethode en/of door verschil in geleverde prestatie.

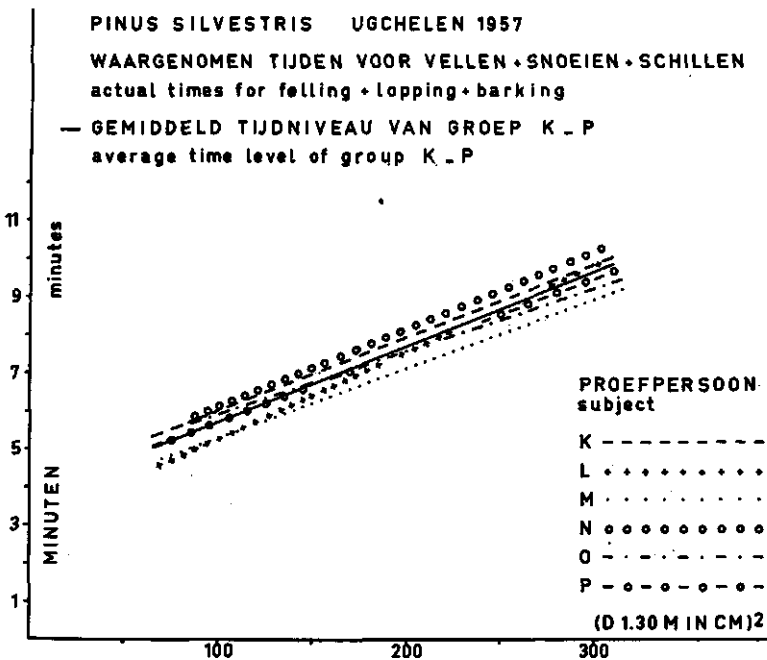
Volgens de tijdwaarnemers, die de prestatie per boom hebben geschat ten opzichte van een voor het gevoel van de waarnemer „normaal-niveau”, zou de gemiddelde prestatie voor de groep A t/m F liggen bij een prestatiegraad van 106 d.w.z. dat volgens deze waarnemers gemiddeld 6% boven het normale niveau is gewerkt.

Voor de groep K t/m P ligt de gemiddelde geschatte prestatie op ongeveer 112.

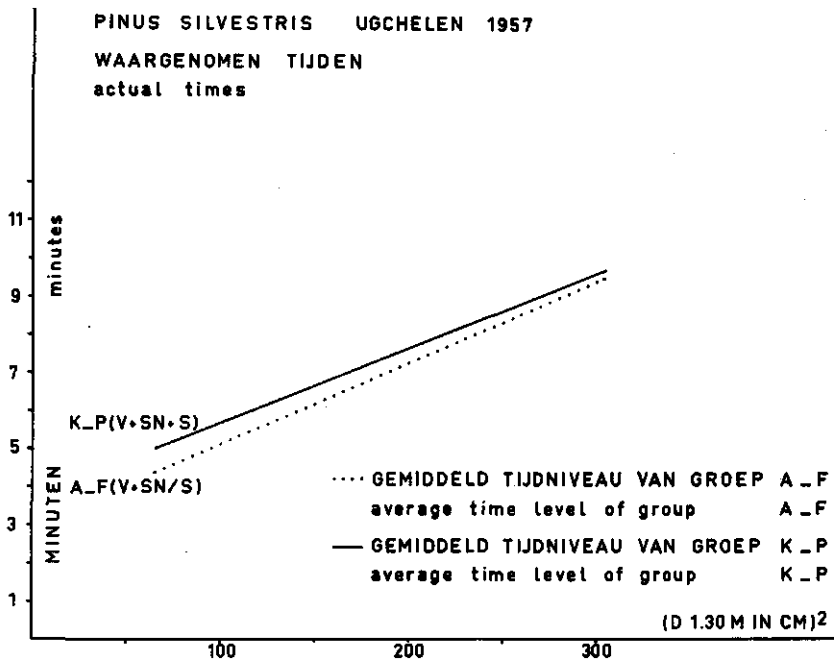
Worden de waargenomen tijden m.b.v. de geschatte prestatiegraden gecorrigeerd tot het normale niveau dan wordt het niveau-verschil tussen de beide regressielijnen groter.



FIGUUR 2



FIGUUR 3



FIGUUR 4

Een overzicht van boomdiameters, waargenomen tijden, geschatte prestatiegraden en normaaltijden is per arbeider gegeven in tabel 3.2-I. (p. 39)

Uit tabel 3.2-I blijkt dat de werkmethode snoeien + schillen gemiddeld 7% meertijd gekost heeft dan de werkmethode snoeien/schillen bij vergelijking van de waargenomen tijden (720 cmin. t.o.v. 673 cmin), of gemiddeld 14% bij vergelijking van de normaaltijden (810 cmin. t.o.v. 712 cmin.).

Deze verschillen blijken echter statistisch (bij $P = 95\%$) niet betrouwbaar te zijn. Door de grote spreiding in de arbeidstijden, zowel bij dezelfde arbeider als tussen verschillende arbeiders, is het moeilijk om statistisch betrouwbare verschillen aan te tonen die in de orde van grootte van 5-15% liggen. De gebruikte proefopzet, het vergelijken van groepen proefpersonen, leent zich daartoe alleen als zeer veel arbeiders in het onderzoek worden betrokken.

Voortgezet tijdstudieonderzoek heeft aangetoond dat het verschil tussen de werkmethoden „snoeien/schillen” en „snoeien + schillen” statistisch betrouwbaar is. Bij deze latere proeven is echter gewerkt met proefpersonen die beide werkmethoden uitvoerden. Voorwaarde voor een dergelijke proefopzet is dat de proefpersonen beide werkmethoden in gelijke mate beheersen. Om aan deze eis te voldoen zal in sommige gevallen een trainingsperiode van de proefpersonen, voorafgaande aan het onderzoek, noodzakelijk zijn.

4. SAMENVATTING

1. Er is een onderzoek verricht naar de lichamelijke inspanning bij het vellingswerk in éénmanswerk in Japanse lariks. Als maatstaven voor de lichamelijke

inspanning zijn genomen het energieverbruik en de polsfrequentie tijdens arbeid.

2. Tijdens het vellingswerk werd een energieverbruik van 8.4 arb. cal./min. gevonden. Rekening houdend met 30 % algemene tijden geeft dit over de gehele werkdag een energieverbruik van 6.7 arb. cal./min. = 400 arb. cal./uur = 3200 arb. cal. per werkdag of 5500 totaal-calorieën per dag.
3. Bij het vellingswerk in Japanse lariks werd een gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid gevonden van 127 slagen per minuut.
De hieruit berekende gemiddelde arbeidspols bedraagt 59 slagen per minuut. Als gemiddelde over de gehele werkdag is hieruit berekend een arbeidspols van 47 slagen en een polsfrequentie van 115 slagen per minuut.
4. Er is een vergelijkend onderzoek verricht naar de lichamelijke inspanning bij vellingswerk in éénmanswerk in groveden bij werken met:
 - a. de methode „snoeien en schillen in één handeling met de verzwaarde Dauner schilshop” (Sn/S);
 - b. de methode „snoeien met de bijl en schillen met de lichte schilshop” (Sn+S).

Voor dit onderzoek werd gebruik gemaakt van 2 gelijkwaardige groepen proefpersonen; iedere groep werkte alleen op de bij die groep normaal in gebruik zijnde methode. Als maatstaf voor de lichamelijke inspanning werd de polsfrequentie tijdens arbeid genomen.

5. Zowel voor de polsfrequentie tijdens arbeid en de arbeidspols per minuut als voor het aantal arbeidspolsslagen per boom was het gemiddelde bij de groep Sn/S iets lager dan bij de groep Sn+S. De gemiddelde boomediameter was voor beide groepen praktisch gelijk. De gemiddelde arbeidstijd/boom was bij de groep Sn/S iets korter. Al deze verschillen zijn weliswaar niet significant, maar de resultaten van ons onderzoek pleiten er toch wel voor, dat bij het onderzochte materiaal (groveden met een diameter tot maximaal 18 cm) de methode Sn/S arbeidsfysiologisch gelijk aan of gunstiger dan de methode Sn+S is.
6. De tijdstudies tonen aan dat de methode Sn/S uit een oogpunt van benodigde arbeidstijd gunstiger is dan de methode Sn+S. Het verschil was bij deze proef niet significant, maar voortgezet tijdstudieonderzoek heeft bewezen dat het tijdverschil tussen beide werkmethoden statistisch betrouwbaar is.
7. Bij het vellingswerk in groveden waren de polsfrequentie tijdens arbeid en de arbeidspols gemiddeld resp. 132 en 69 voor de groep Sn/S (dit is de groep met dezelfde methodiek als in Japanse lariks toegepast is) en 142 en 75 voor de groep Sn+S. De verschillen in polsfrequentie tijdens arbeid en in arbeidspols tussen Japanse lariks en groveden zijn niet significant, maar wijzen er wel op, dat het vellingswerk in groveden mogelijk nog iets inspannender is dan dat in Japanse lariks.
Mogelijk wordt het verschil ook geheel of ten dele veroorzaakt door het feit dat de velling en opwerking van groveden gebeurde *buiten* de vegetatieperiode, terwijl de lariksvelling plaats vond *in* de vegetatieperiode, dus tijdens de cambiumwerkzaamheid waardoor misschien het schillen minder inspannend wordt.
8. Het aantal arbeidscalorieën is berekend volgens de integrale methode. De op de eerste onderzoekdag verkregen waarden wijken niet noemenswaard af van die van de tweede onderzoekdag. Bij het achter elkaar afwerken van

2 bomen is een berekening volgens de partiële methode ook wel bruikbaar, mits de eerste boom buiten beschouwing gelaten wordt.

9. Voor de bepaling van de *normale* polsfrequentie tijdens arbeid en de *normale* arbeidspols mogen de resultaten van de eerste onderzoekdag niet gebruikt worden en evenmin de tegelijk met de respiratieproeven bepaalde polsfrequentie. Polsfrequentie tijdens arbeid en arbeidspols kunnen volgens de partiële methode bepaald worden, mits òf de eerste boom van de onderzoekperiode, òf de eerste minuut na het begin en na iedere rust buiten beschouwing gelaten wordt.

Vóór het bepalen van de rustwaarde mag de proefpersoon geen vellingswerk verrichten.

10. Bij de Japanse lariks vertoonde het gemiddelde aantal arbeidscalorieën per minuut van de verschillende proefpersonen slechts een geringe spreiding. De variaties in gemiddelde polsfrequentie per boom voor de opeenvolgende bomen van één proefpersoon zijn ook niet erg groot.

Bij de groveden zijn de variaties in gemiddelde polsfrequentie per boom voor de opeenvolgende bomen van één proefpersoon duidelijk groter. Bij de proefpersonen met de grootste variaties hierin werd ook de hoogste gemiddelde arbeidspols gevonden.

11. De gemiddelde polsfrequentie per boom (exclusief de 1e boom) vertoont geen systematisch verschil voor de opeenvolgende bomen. Ook de gemiddelde arbeidspols en veltijd in het eerste, tweede en derde deel van de middag leverden geen aanwijzingen op voor een toenemende vermoeidheid in het laatste deel van de middag.
12. De gemiddelde polsfrequentie per boom was voor de dikkere bomen gemiddeld slechts 2 slagen hoger dan voor de dunnere bomen. Voor de bomen met een langere, resp. kortere arbeidstijd was er geen duidelijk verschil in gemiddelde polsfrequentie.
13. Het herstellend effect van rustpauzes is bij een duur van de pauze van 5–6 minuten reeds zeer belangrijk en neemt bij rustpauzes tot ± 15 minuten niet noemenswaard toe. Het verdient daarom ten zeerste aanbeveling de langere theepauzes te vervangen door of aan te vullen met een groter aantal rustpauzes van 5–6 minuten.

SUMMARY

In order to have an objective measure on the strains of logging in Dutch forestry, physiological studies were carried out in stands of Japanese larch (*Larix leptolepis* GORD.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.).

The physiological tests included measurements of energy expenditure (with the portable dry gas-meter of MÜLLER and FRANZ) and pulse rate (by counting the R-or S-waves of the electrocardiogram).

The increase of energy expenditure and pulse rate caused by the work was expressed in work calories per minute and work pulse rate.

Logging in *Japanese larch*, carried out by seven subjects, consisted of felling, lopping and barking in one-man-labour. Lopping and barking were done in one operation, using a heavy type of barking spade (weight 2.5–3 kg). The average diameter at breast height (d 1.30) of the felled trees was about 13 cm. Both energy expenditure and pulse rate were measured at the same time with half of

the felled trees. With the other felled trees only the pulse rate was determined.

The results of this investigation are given in tables 2.1-I/VIII. The average number of work calories for both investigation-days, calculated according to the integral method, amounts to 8.4 (table 2.1-III). Making allowance for 30 % "general times" (partly rest-times) the energy expenditure during the whole working-day can be estimated on 6.7 work calories/min. = 400 work calories/hour = 3200 work calories/working-day or 5500 gross calories per day.

As the energy expenditure referring to each second tree is separately determined (column 8, table 2.1-II), it is possible to compare the work calories calculated according to the integral and the partial method (table 2.1-IV). The difference between both methods was only 0.18 work calories, which means that it is possible to use the partial method to determine the energy expenditure, provided that two or more trees are felled consecutively and the first tree is left out of account. The energy expenditure of 8.4 work calories provides convincing evidence that logging is very strenuous. The agreement between integral and partial method indicates however that during work a steady state is reached.

The mean pulse rate during work, determined with the partial method, was 127 beats per minute, which means a mean work pulse rate of 59 beats/min. (table 2.1-VI). Making allowance for 30 % "general times", the mean pulse rate over the whole working-day can be estimated on 115 beats/min. and the mean work pulse rate on 47 beats/min.

To determine the *normal* pulse rate during work and the *normal* work pulse rate one should not use the results of the first investigation-day, as on the first investigation-day the pulse rate is almost always higher than on the second day. (table 2.1-V and VI). However the average number of work calories per minute is about the same on both days (table 2.1-III). This indicates that the higher pulse rate on the first investigation-day is caused by nervous factors.

The pulse rate determined in the combined experiments of pulse rate and energy expenditure measurements (table 2.1-V) was higher than in the experiments where only the pulse rate was measured. This indicates that, to determine the *normal* pulse rate, it is better to exclude not only the results of the first day but just as well those of the combined experiments.

In the stand of *Scotch pine* two working-methods (both one-man-labour) were compared with each other.

Lopping and barking was carried out in one action (Sn/S) with a heavy barking spade (weight 2600 gr) by the subjects A-F; the subjects K-P used an axe for lopping and a normal barking spade (weight 1200-1500 g) for barking (Sn+S). The average diameter at breast height of the trees to be felled was about 13 cm.

In this investigation (results in tables 2.2-I/VIII) only the pulse rate, calculated with the partial method, was measured. Pulse rate during work, work pulse rate/min. and work pulse rate/tree were somewhat lower for the group Sn/S, as compared with the group Sn+S (table 2.2-II). The differences are statistically not significant (tested with Students t-test at the 5 % level), but the conclusion can be drawn that the working-method Sn/S is physiological equal or favourable to the working method Sn+S.

The same conclusion can be drawn from the timestudies which were carried out at this investigation. The time-difference is not significant, nevertheless the

registered times are somewhat lower (table 3.2-I, page 39) for the working-method Sn/S (lopping/barking).¹⁾

The pulse rate during work and the work pulse rate amount to 132 resp. 69 (table 2.2-II) for the group Sn/S (A-F) and 142 resp. 75 for the group Sn+S (K-P).

Comparing the figures for the group Sn/S with those found by logging in Japanese larch (127 resp. 59), the conclusion may be drawn that there is a slight indication that logging in Scotch pine is possibly still more strenuous than logging in Japanese larch of about the same diameters.

There is no indication that an increasing fatigue appears in the latter part of the working-day (tables 2.2-III, V and VI). The difference between pulse rate per tree for the bigger and smaller trees (table 2.2-VII) can be neglected. It appears that rest pauses of 5-6 minutes already have an important recovery-effect (table 2.2-VIII) and that this effect practically does not increase in longer rest pauses up to about 15 minutes.

¹⁾ Timestudies in other stands proved that there is a statistical significant difference, in regard to time, between both working-methods in favour of working-method Sn/S.

LITERATUUR / REFERENCES

- ÅSTRAND, P. O. (1952) – Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age, Kopenhagen.
ÅSTRAND, P. O. (1953/54) – *Arbeitsphysiologie* **15**, 251-254.
GLÄSER, H. (1954) – Die Ernte des Holzes, Neuwied/Rhein.
IRMISCHER, F. (1954) – Geffa-Fachtagung Hann.-Münden.
IRMISCHER, F. (1955) – Untersuchungen über die körperliche Beanspruchung im Holzeinschlag insbesondere bei der Einmannarbeit, Diss. Göttingen.
KAMINSKY, G. (1952) – *Forstarchiv* **23**, 123.
LEHMANN, G. (1953) – *Praktische Arbeitsphysiologie*, Stuttgart.
LEYENDEKKER, H. (1950) – Geffa-Fachtagung Nürnberg-Buchenbühl.
LUNDGREN, N. P. V. (1956) – 12th IUFRO Congress 56/32/101, Oxford.
MÜLLER, E. A. en H. FRANZ (1952) – *Arbeitsphysiologie* **14**, 499-504.
STREEF, G. M. (1954) – *Landbouwk. Tijdschr.* **66**, 804-816.
STREEF, G. M. (1956a) – *Landbouwk. Tijdschr.* **68**, 795-807.
STREEF, G. M. (1956b) – 12th IUFRO Congress 56/32/6, Oxford.
STREEF, G. M. en E. VAN VOLLENHOVEN (1958) – *Acta Physiol. Pharmacol. Neerl.* **7**, 514-516.

TABELLEN/TABLES*

TABEL 2.1-I. Gegevens betreffende de proefpersonen
TABLE 2.1-I. *Data referring to subjects*

Proefpersoon <i>Subject</i>	Leeftijd (jaren) <i>Age (years)</i>	Lichaamslengte (cm) <i>Bodylength (cm)</i>	Lichaamsgewicht (kg) <i>Bodyweight (kg)</i>	Rustwaarde van de polsfrequentie <i>Resting pulse rate</i>
A	36	182	72	67
B	23	172	62	76
C	31	169	62	70
D	17	174	72	64
E	21	173	64	66
F	23	166	58	66
G	28	183	88	70
Gemiddeld <i>Mean value</i>	26	174	68	68

TABEL 2.1-II. Zie p. 29 - TABLE 2.1-II. *See p. 29.*

TABEL 2.1-III. Gemiddeld aantal arbeidscalorieën per minuut
TABLE 2.1-III. *Average amount of work calories/min.*

Proefpersoon <i>Subject</i>	1e onderzoekdag <i>first investigation-day</i>	2e onderzoekdag <i>second investigation-day</i>	Beide dagen samen <i>first and second day</i>
A	7,62	8,98	8,44
B	8,36	8,12	8,24
C	8,27	8,08	8,18
D	8,25	8,66	8,46
E	8,54	7,87	8,20
F	9,06	8,12	8,59
G	8,22	9,19	8,71
Gemiddelde <i>Mean value</i>	8,37	8,43	8,40

TABEL 2.1-IV. Vergelijking van de integrale en de partiële bepaling van het aantal arbeidscalorieën per minuut

TABLE 2.1-IV. *Comparison of integral and partial determination of amount of work calories/min.*

Proefpersoon <i>Subject</i>	Arbeidscalorieën per minuut ¹ <i>Work calories/min.¹</i>		
	Integraal <i>Integral</i>	Partiël <i>Partial</i>	Verschil in % t.o.v. integraal <i>Difference with regard to integral</i>
A	8,44	7,93	-6%
B	8,24	8,06	-2%
C	8,18	8,13	-1%
D	8,46	8,48	0
E	8,20	7,92	-3%
F	8,59	8,48	-1%
G	8,71	8,51	-2%
Gemiddeld/ <i>Mean value</i>	8,40	8,22	-2%

¹ Gemiddelde van alle bepalingen bij de betrokken proefpersoon.

¹ *Mean value of all determinations per subject.*

* According to dutch use, the decimal sign in the numbers in the following tables is represented by (,) instead of by (.) .

TABEL 2.1-II. Diameter, arbeidstijd per boom en arbeidscalorieën per minuut voor de afzonderlijke bomen

TABLE 2.1-II. Tree diameter at breast height (*d* 1,30), working time per tree and work calories per minute for the separate trees

Proefpersoon Onderzoekdag Subject-Day	Boom Tree	1e boom - first tree			2e boom - second tree			Arbeids- cal. tijdens herstel- periode Work cal. during recovery period	Arbeids- cal. per min. 1e + 2e boom integr. Work cal./min first + second tree (integr.)
		<i>d</i> 1,30 cm	Arbeids- tijd per boom in min. Working time/ tree (min.)	Arbeids- cal. per min. Work cal./ min.	<i>d</i> 1,30 cm	Arbeids- tijd per boom in min. Working time/ tree (min.)	Arbeids- cal. per min. Work cal./ min.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A. 1e dag/1st day	1+2	14,0	7,94	5,15	13,9	8,00	5,96	9,12	6,12
	3+4	16,3	7,91	8,57	12,4	5,03	8,31	8,30	9,11
A. 2e dag/2nd day	1+2	13,3	5,11	8,10	10,5	4,66	8,79	8,61	9,31
	3+4	12,0	5,93	7,77	13,2	7,71	7,73	9,32	8,43
	5+6	10,9	3,94	7,38	11,2	4,45	8,87	8,73	9,21
B. 1e dag/1st day	1+2	11,6	3,83	6,28	12,5	3,21	8,49	4,02	7,86
	3+4	12,7	4,39	7,41	14,8	6,79	7,36	8,76	8,16
	5+6	15,8	6,62	8,08	14,2	6,22	9,04	6,55	9,05
B. 2e dag/2nd day	1+2	13,5	6,66	7,28	10,5	4,65	7,47	8,12	8,12
	3+4	13,3	5,43	7,45	11,0	3,35	8,25	5,54	8,39
	5+6	12,5	4,98	7,16	12,0	4,67	7,72	4,16	7,86
C. 1e dag/1st day	1+2	11,9	5,03	4,46	10,8	4,86	6,80	8,24	6,44
	3+4	12,5	6,29	7,83	14,3	7,58	8,40	10,25	8,88
	5+6	14,2	6,10	8,20	13,8	5,69	9,49	7,85	9,49
C. 2e dag/2nd day	1+2	13,7	6,67	7,51	12,1	5,08	8,72	6,02	8,55
	3+4	10,2	3,98	6,45	10,4	5,43	7,81	6,61	7,94
	5+6	8,9	3,29	6,35	12,0	6,32	7,56	5,83	7,75
D. 1e dag/1st day	1+2	11,2	6,74	6,51	10,1	5,07	8,27	4,42	7,64
	3+4	12,3	5,38	7,66	16,4	8,49	7,95	5,73	8,25
	5+6	8,4	3,27	7,28	13,3	6,82	8,82	5,33	8,85
D. 2e dag/2nd day	1+2	8,0	3,83	7,52	12,2	6,77	8,81	4,10	8,73
	3+4	11,8	7,15	7,91	12,5	7,31	8,30	5,84	8,51
	5+6	11,6	5,85	7,88	16,6	9,54	8,75	5,13	8,75
E. 1e dag/1st day	1+2	14,4	7,97	7,60	11,3	5,10	8,64	7,74	8,60
	3+4	13,0	5,94	7,92	11,5	5,06	8,38	7,02	8,77
	5+6	11,8	4,95	7,32	11,3	4,55	7,96	6,03	8,26
E. 2e dag/2nd day	1+2	13,7	8,98	8,05	12,3	7,06	7,62	7,40	8,32
	3+4	10,3	6,15	6,64	13,1	7,86	7,36	7,29	7,56
	5+6	14,5	8,40	6,85	16,8	12,78	7,57	9,32	7,72
F. 1e dag/1st day	1+2	13,0	6,97	8,32	13,1	6,97	9,46	9,49	9,57
	3+4	9,0	3,57	7,12	14,4	7,56	8,62	9,36	8,98
	7+8	10,6	5,34	7,71	12,5	7,43	8,29	7,55	8,64
F. 2e dag/2nd day	2+3	16,5	10,28	7,56	10,5	5,62	7,72	4,92	7,93
	4+5	15,1	8,10	7,10	13,9	7,86	8,38	8,14	8,24
	6+7	13,3	6,47	7,06	13,4	5,73	8,44	5,76	8,18
G. 1e dag/1st day	1+2	13,5	8,28	7,85	13,5	7,79	8,70	7,97	8,76
	3+4	10,5	5,55	6,83	12,8	7,39	7,42	7,21	7,72
	5+6	12,4	7,13	7,04	15,4	8,59	8,23	7,66	8,18
G. 2e dag/2nd day	1+2	11,0	5,08	7,96	9,3	4,26	9,10	9,91	9,54
	3+4	13,0	6,10	8,33	11,7	6,24	8,74	11,27	9,45
	5+6	12,7	7,78	7,13	12,2	6,65	8,84	9,64	8,59
Gemiddelde 1e dag Mean value 1st day	20+20	12,5	5,96	7,26	13,1	6,41	8,23	7,43	8,37
Gemiddelde 2e dag Mean value 2nd day	20+21	12,4	6,20	7,40	12,3	6,38	8,22	7,22	8,43

TABEL 2.1-III en 2.1-IV zie p. 28. TABLES 2.1-III and 2.1-IV see p. 28.

TABEL 2.1-V. Polsfrequentie tijdens arbeid en arbeidspols. Bepaling van energieverbruik en polsfrequentie gecombineerd

TABLE 2.1-V. Pulse rate during work and work pulse rate. Combined determination of energy expenditure and pulse rate

Proefpersoon Subject	Rustwaarde v. d. pols- frequentie Resting pulse rate	Eerste onderzoekdag First investigation-day				Tweede onderzoekdag Second investigation-day			
		Polsfrequentie tijdens arbeid Pulse rate during work			Arbeidspols Work pulse rate	Polsfrequentie tijdens arbeid Pulse rate during work			Arbeidspols Work pulse rate
		1e boom 1st tree	2e boom 2nd tree	1e + 2e boom gemiddeld 1st + 2nd tree mean value		1e boom 1st tree	2e boom 2nd tree	1e + 2e boom gemiddeld 1st + 2nd tree mean value	
A		142 142 128	143 137 133	143 140 131	76 70 66	136 130 128	137 132 135	136 131 132	70 65 68
Gem./Mean value	67	137	138	138	71	131	135	133	68
B		137 121 134	137 129 144	137 126 139	61 53 68	129 132 129	136 137 132	132 134 130	60 61 56
Gem./Mean value	76	131	137	134	61	130	135	132	59
C		141 152 150	144 157 155	142 155 152	74 87 85	142 142 136	152 150 144	147 146 140	82 80 74
Gem./Mean value	70	148	152	150	82	140	149	144	79
D		123 128 128	130 134 129	126 133 129	66 70 65	120 125 126	127 132 137	124 129 132	63 68 73
Gem./Mean value	64	126	131	129	67	124	132	128	68
E		143 145 134	154 149 140	147 147 137	88 83 74	131 127 124	135 133 142	133 130 135	69 67 76
Gem./Mean value	66	141	148	144	82	217	137	133	71
F		145 150 139	155 155 146	150 153 143	89 89 80	145 138 127	139 141 132	143 140 129	73 75 66
Gem./Mean value	66	145	152	149	86	137	137	137	71
G		113 126 129	135 139 144	124 133 137	65 69 74	110 123 120	119 129 126	114 126 123	49 59 56
Gem./Mean value	70	123	139	131	69	118	125	121	55
A-G									
Gem./Mean value	68	136	142	139	74	130	136	133	67

TABEL 2.1-VI. Polsfrequentie tijdens arbeid en arbeidspols. Gemiddelden van de proeven zonder energiemeting

TABLE 2.1-VI. Pulse rate during work and work pulse rate. Mean values of experiments without energy measurement

Proefpersoon Subject	Rustwaarde van de polsfrequentie Resting pulse rate	Arbeidstijd per boom (min.) Working time/tree (min.)	d 1,30 cm	Polsfrequentie Pulse rate		Arbeidspols Work pulse rate	Verschil t.o.v. 1e onder- zoekdag Difference with regard to 1st day
				Gemiddelde van alle bomen Mean value of all trees	Gemiddelde excl. de eerste boom Mean value excl. the first tree		
Eerste onderzoekdag/First investigation-day							
A	67	6,92	14,4	126	126	59	
B	76	5,67	14,8	145	145	69	
C	70	7,93	14,9	147	147	77	
D	64	7,30	14,1	133	134	70	
E	66	7,58	12,8	130	130	64	
F	66	6,37	14,8	147	146	80	
G	70	7,78	14,1	138	139	69	
Gemiddeld Mean value	68	7,08	14,3	138	138	70	
Tweede onderzoekdag/Second investigation-day							
A	67	6,22	13,3	122	122	55	-4
B	76	5,78	15,1	133	134	58	-11
C	70	7,08	12,6	137	138	68	-9
D	64	7,08	12,3	125	126	62	-8
E	66	8,13	12,5	124	125	59	-5
F	66	8,60	13,4	121	122	56	-24
G	70	7,08	12,6	122	123	53	-16
Gemiddeld Mean value	68	7,14	13,1	126	127	59	-11

TABEL 2.1-VII. Gemiddelde polsfrequentie per boom bij de opeenvolgende bomen

TABLE 2.1-VII. Mean pulse rate per tree for the different trees

Proefpersoon Subject	1e boom 1st tree	2e boom 2nd tree	3e boom 3rd tree	4e boom 4th tree	5e boom 5th tree	6e boom 6th tree	7e boom 7th tree	8e boom 8th tree
Eerste onderzoekdag/First investigation-day								
A	129	126	128	126	123	125		
B	144	150	140					
C	144	150	142	148	149	145		
D	127	136	131	129	134	138		
E	131	127	128	124	140	133		
F	147	149	143					
G	130	141	137	140	139	138		
Gemiddeld ¹ Mean value ¹	132	136	133	133	137	136		
Tweede onderzoekdag/Second investigation-day								
A	121	121	124	121	120	122		
B	127	131	131	133	140	139		
C	132	133	139	136	140	141	136	139
D	123	127	125	124	126	126		
E	118	126	123	127	126	125		
F	119	121	120	120	117	128		
G	112	123	124	124	125	121		
Gemiddeld Mean value	122	126	127	126	128	129		

¹ Voor de eerste onderzoekdag exclusief B en F.

¹ For the first day, excl. B and F.

TABEL 2.1-VIII. Maximale variatie in gemiddelde polsfrequentie per boom (excl. de 1e boom) gedurende één onderzoekdag

TABLE 2.1-VIII. Maximal variation of mean pulse rate per tree (1st tree excl.) during one day

Proefpersoon Subject	Polsslagen per minuut (gemiddelde per boom) Pulse beats/min. (mean value tree)						Maximale afwijking van het gem. in % van de arbeidspols Maximal deviation of the mean in % of work pulse rate
	Eerste onderzoekdag First investigation-day			Tweede onderzoekdag Second investigation-day			
	Hoogste polsfreq. Highest pulse rate	Laagste polsfreq. Lowest pulse rate	Verskil Difference	Hoogste polsfreq. Highest pulse rate	Laagste polsfreq. Lowest pulse rate	Verskil Difference	
A	128	123	5	124	120	4	+ 4 - 4
B	150	140	10	140	131	9	+ 10 - 5
C	150	142	8	141	133	8	+ 4 - 7
D	138	129	9	127	124	3	+ 2 - 3
E	140	124	16	127	123	4	+ 3 - 3
F	149	143	6	128	117	11	+ 11 - 9
G	141	137	4	125	121	4	+ 4 - 4
Gemiddeld Mean value			8			6	+ 5 - 5

TABEL 2.2-I. Gegevens betreffende de proefpersonen.

TABLE 2.2-I. Data referring to subjects

Proefpersoon Subject	Leeftijd (jr) Age (years)	Lichaamslengte (cm) Bodylength (cm)	Lichaamsgewicht (kg) Bodyweight (kg)	Rustwaarde van de polsfrequentie Resting pulse rate
-------------------------	------------------------------	--	---	--

Methode Sn/S / Method Sn/S (= lopping/barking)

A	53	173	66	67
B	34	174	78	64
C	19	178	76	64
D	18	176	64	59
E	39	169	68	64
F	27	182	85	61
Gemiddeld Mean value	32	175	73	63

Methode Sn + S / Method Sn + S (= lopping + barking)

K	53	170	84	60
L	37	173	83	62
M	25	170	64	66
N	18	176	68	67
O	45	173	66	76
P	25	177	78	68
Gemiddeld Mean value	34	173	74	66

TABEL 2.2-II. Gemiddelde polsfrequentie en arbeidstijd, boomdiameter en arbeidstijd per boom van de proefpersonen
 TABLE 2.2-II. Mean pulse rate and work pulse rate, tree-diameter and working time/tree of the subjects

Proef- persoon Subject	Rustwaarde v. d. polsfrees. Resting pulse rate	Oefendag Training-day				Tweede dag Second day				Verschil per min. t.o.v. oefendag Difference min. with regard to training-day		
		Gem. d 1,30 Mean d 1,30	Gem. arbeidstijd per boom Mean working- time/tree	Polstfrec. tijdens arbeid Pulse rate during work	Arbeidspols Work pulse rate per min. per boom per tree	Gem. d 1,30 Mean d 1,30	Gem. arbeidstijd per boom Mean working time/tree	Polstfrec. tijdens arbeid Pulse rate during work	Arbeidspols Work pulse rate per min. per boom per tree			
A	67	13,7	7,99	141	74	518	12,1	6,55	121	54	355	-20
B	64	12,3	8,30	132	68	564	12,1	6,75	136	72	485	+ 4
C	64	12,4	6,79	144	80	545	13,3	6,10	149	85	519	+ 5
D	59	15,2	9,03	139	80	725	14,2	7,48	126	67	502	-13
E	64	12,1	7,33	154	90	656	13,1	7,40	152	88	648	- 2
F	61	11,2	6,07	118	57	348	12,8	8,50	110	49	420	- 8
Gem. voor de groep Sn/S	63	12,8	7,58	138	75	559	12,9	7,13	132	69	488	- 6
K	60	13,0	8,88	131	71	628	12,4	7,38	122	62	456	- 9
L	62	12,2	8,46	129	67	564	12,1	7,24	135	73	526	+ 6
M	66	14,4	8,12	141	75	604	13,7	7,10	141	75	530	0
N	67	13,5	9,19	151	84	770	14,4	8,44	159	92	780	+ 8
O	76	12,3	7,74	161	77	662	12,5	7,16	157	81	577	- 4
P	68	13,5	8,13	145	77	625	13,1	7,89	137	69	547	- 8
Gem. voor de groep Sn+S	66	13,2	8,42	143	76	642	13,0	7,54	142	75	569	- 1

TABEL 2.2-III. Gemiddelde polsfrequentie voor de opeenvolgende bomen. Cijfer cursief betekent een pauze na die boom
 TABLE 2.2-III. Mean pulse rate for the different trees. *Italic figure means a pause after that tree*

Boom/Tree	Tweede onderzoekdag/Second day											Groep Sn+S Group Sn+S							
	Groep Sn/S Group Sn/S											K	L	M	N	O	P	1)	2)
	A	B	C	D	E	F	1)	2)											
1	120	126	137	136	143	111	129	118	138	132	179	151	145	144	146				
2	125	128	144	143	148	113	134	123	144	136	181	164	143	148					
3	128	135	147	140	159	113	137	131	136	139	166	169	140	147					
4	128	137	149	136	157	<i>110</i>	136	129	129	137	161	140	140	143	141				
5	128	138	150	135	162	112	138	132	128	140	154	159	135	141					
6	127	134	145	130	153	111	133	132	130	131	153	162	138	141					
7	125	136	143	127	156	112	133	122	128	134	151	164	140	140	140				
8	123	130	145	124	160	108	132	126	133	137	151	162	138	141					
9	116	129	145	116	159	<i>107</i>	129	120	132	138	147	165	135	140					
10	115	135	148	122	153	109	130	116	134	133	142	164	136	138	140				
11	114	140	157	122	149	<i>107</i>	132	114	143	138	143	159	139	139					
12	117	144	154	120	143	106	131	119	140	138	160	158	139	142					
13	121	141	154	122	142	107	131	118	135	138	164	156	142	142	141				
14	123	139	152	112	143	110	130	118	130	144	156	152	138	140					
15	122	133	154	115	149	<i>110</i>	130	113	136	147	159	155	136	141					
16	115	131	145	122	156	110	130	118	136	142	164	152	136	141	145				
17	116	138	151	127	156	111	133	119	140	145	157	162	132	144					
18	117	137	154	128	154	<i>113</i>	134	120	148	150	167	156	134	146					
19	121	137	155	126	149	117	134	121	137	152	169	156	134	146	145				
20	119	152	124	126	152	118	138	124	124	152	169	156	135	146					
21	119	153	126	126	152	118	138	129	129	154	156	153	135	145					
22	121	147	126	126	144	117	134	129	150	154	154	154	134	146	145				
23	121	151	121	121	148	117	134	129	150	154	154	154	134	146					
24	123	148	120	120	146	117	136	129	150	154	154	154	134	146					
25		153	124	124	146	117	136	129	150	154	154	154	134	146	145				
26		153	124	124	146	117	136	129	150	154	154	154	134	146					
		153	124	124	146	117	136	129	150	154	154	154	134	146					
Gem. polsfrequentie	121	136	149	126	152	110	132	122	135	141	159	157	137	142					
Mean pulse rate	67	64	64	59	64	61	63	60	62	66	67	76	68	66					
Gem. rustwaarde	54	72	85	67	88	49	69	62	73	75	92	81	69	75					
Mean resting pulse rate																			
Gem. arbeidspols																			
Mean work pulse rate																			

1) Gemiddelde van alle 1e bomen, alle 2e bomen, enz./Mean value of all first trees, all second trees, etc.
 2) Gemiddelde voor groepen van 4 opeenvolgende bomen (laatste groep alleen boom 21-22-23).
 Mean value of groups of 4 consecutively felled trees (for the last group only trees 21-22-23).

TABEL 2.2-IV. Hoogste en laagste waarden voor het aantal polsslagen per minuut tijdens arbeid en voor de gemiddelde polsfrequentie per boom

TABLE 2.2-IV. Highest and lowest values of number of pulse beats per minute during work and the mean pulse rate per tree

Tweede onderzoekdag/Second day							
Proefpersoon/Subject	A	B	C	D	E	F	Gem. Mean value
Aant. polsslagen/min. tijdens arbeid: <i>Number of pulse beats/min. during work:</i>							
Maximum	132	148	164	149	169	121	147
Minimum	111	121	133	109	135	101	118
Vershil/Difference	21	27	31	40	34	20	29
Gemiddelde polsfrequentie <i>Mean pulse rate</i>	121	136	149	126	152	110	132
Gemiddelde arbeidspols <i>Mean work pulse rate</i>							
	54	72	85	67	88	49	69
Gemiddelde polsfrequentie/boom: <i>Mean pulse rate/tree:</i>							
Maximum	128	144	157	143	162	113	141
Minimum	114	126	137	112	142	106	123
Vershil/difference	14	18	20	31	20	7	18
Vershil in % van de arbeidspols <i>Difference in % of work pulse rate</i>	+13%	+11%	+9%	+25%	+11%	+6%	+12%
	-13%	-14%	-14%	-21%	-11%	-8%	-14%
Proefpersoon/Subject	K	L	M	N	O	P	Gem. Mean value
Aant. polsslagen/min. tijdens arbeid: <i>Number of pulse beats/min. during work:</i>							
Maximum	138	154	160	189	172	151	161
Minimum	106	113	126	138	134	124	124
Vershil/Difference	32	41	34	51	38	27	37
Gemiddelde polsfrequentie <i>Mean pulse rate</i>	122	135	141	159	157	137	142
Gemiddelde arbeidspols <i>Mean work pulse rate</i>							
	62	73	75	92	81	69	75
Gemiddelde polsfrequentie/boom <i>Mean pulse rate/tree</i>							
Maximum	132	144	154	181	169	145	154
Minimum	113	128	131	142	142	129	131
Vershil/Difference	19	16	23	39	27	16	23
Vershil in % van de arbeidspols <i>Difference in % of work pulse rate</i>	+16%	+12%	+17%	+24%	+15%	+12%	+16%
	-15%	-10%	-13%	-18%	-18%	-12%	-14%

TABEL 2.2-V. Gemiddelde polsfrequentie tijdens arbeid gedurende het eerste, tweede en derde deel van de middag
 TABLE 2.2-V. Mean pulse rate during work, during the first, second and third part of the afternoon
 Tweede onderzoekdag/Second day

Proefpersoon Subject	1e deel van de middag 1st part of the afternoon				2e deel van de middag 2nd part of the afternoon				3e deel van de middag 3rd part of the afternoon					
	Rustwaarde van de pols- frequentie Resting pulse rate	Gemiddelde over de Polstreq. tijdens arbeid Mean value over the whole afternoon	d 1,30 gemiddeld Mean value	Arbeids- tijd per boom, Workingtime/ree	Polstreq. tijdens arbeid Mean value	d 1,30 gemiddeld Mean value	Arbeids- tijd per boom, Workingtime/ree	Polstreq. tijdens arbeid Mean value	d 1,30 gemiddeld Mean value	Arbeids- tijd per boom Workingtime/ree	Polstreq. tijdens arbeid Mean value	d 1,30 gemiddeld Mean value	Arbeids- tijd per boom Workingtime/ree	Polstreq. tijdens arbeid Mean value
A	67	121	12,4	6,00	125	12,3	6,19	118	11,4	5,73	119	5,73	119	-2
B	64	136	12,0	6,12	133	12,6	6,72	137	11,4	6,01	135	6,01	135	-1
C	64	149	13,5	6,00	145	12,5	5,44	150	13,9	6,36	151	6,36	151	+2
D	59	126	14,1	7,01	134	13,3	6,53	121	15,6	8,42	124	8,42	124	-2
E	64	152	11,4	5,95	154	13,6	6,97	152	13,4	8,27	148	8,27	148	-4
F	61	110	10,9	6,77	112	13,3	8,55	109	13,8	9,07	113	9,07	113	+3
Gemiddeld Mean value	63	132	12,4	6,31	134	12,9	6,73	131	13,2	7,31	132	7,31	132	0
K	60	122	12,3	6,33	127	12,0	6,80	118	12,8	7,43	121	7,43	121	-1
L	62	135	12,5	6,59	133	10,8	5,82	136	12,9	7,31	137	7,31	137	+2
M	66	141	14,8	7,63	137	14,3	8,03	135	13,0	6,24	146	6,24	146	+5
N	67	159	14,1	8,19	164	14,7	8,87	155	14,5	7,67	162	7,67	162	+3
O	76	157	12,1	6,15	161	12,0	6,34	159	13,0	7,70	153	7,70	153	-4
P	68	137	13,8	7,78	141	12,9	7,38	138	12,6	7,19	132	7,19	132	-5
Gemiddeld Mean value A/P	66	142	13,3	7,11	144	12,8	7,21	140	13,1	7,26	142	7,26	142	0
Gemiddeld Mean value	65	137	12,8	6,71	139	12,9	6,97	136	13,2	7,28	137	7,28	137	0

TABEL 2.2-VI. Gemiddelde polsfrequentie per boom voor

TABLE 2.2-VI. Mean pulse rate per tree of

- a. 3 opeenvolgende bomen direct voorafgaande aan een pauze;
3 consecutively felled trees, preceding a pause;
- b. de laatste boom vóór een pauze en de eerste boom na de pauze¹;
the last tree before a pause and the first tree after the pause¹;
- c. 4 opeenvolgende bomen (1e t/m 4e boom) bij het begin van een proef en na iedere pauze.
4 consecutively felled trees (1st-4th tree) at the start of an experiment and after every pause.

Tweede dag/Second day

Proefpersonen Subjects	Gemiddelde polsfrequentie per boom Mean pulse rate per tree				
	(a) Op 2 na laatste boom voor pauze last tree but two before a pause	(a) Op 1 na laatste boom voor pauze last tree but one before a pause	(a) Laatste boom voor pauze last tree before a pause	(b) Laatste boom voor pauze last tree before a pause	(b) Eerste boom na pauze first tree after a pause
A-F	134	133	133	134	131
K-P	142	141	140	141	141
Alle proefpersonen samen All subjects together	138	137	137	137	136

Proefpersonen Subjects	(c)			
	1e boom 1st tree	2e boom 2nd tree	3e boom 3rd tree	4e boom 4th tree
A-F	130	133	135	135
K-P	144	146	145	142
Alle proefpersonen samen All subjects together	137	139	140	139

¹ b omvat ook enkele pauzes, waaraan slechts het zonder onderbreking vellen van 2 bomen voorafging.

¹ b includes also some pauses preceded by only two trees, felled without interruption.

TABEL 2.2-VII zie p. 38. TABLE 2.2-VII see p. 38.

TABEL 2.2-VIII. Verband tussen de duur van de rustpauze en de afname van de polsfrequentie

TABLE 2.2-VIII. Relation between duration of rest pause and decrease of pulse rate

Duur van de pauze Duration of pause	Aantal gevallen Number of cases	Gemiddelde afname van de polsfrequentie Mean decrease of pulse rate
± 1 min.	5	20
± 3 min.	10	34
± 5 min.	13	38
± 7 min.	12	41
± 10 min.	9	41
± 15 min.	10	42
± 20 min.	5	50

TABLE 2.2-VII. Verband tussen diameter of arbeidstijd per boom en gemiddelde polsfrequentie per boom
 TABLE 2.2-VIII. Relation between diameter or working time/tree and mean pulse rate/tree

Tweede onderzoekdag/Second day

Proefpersonen Subjects	Diameter 1,30						Arbeidstijd per boom Working time/tree						
	Kleinere diameter Smaller diameter			Grotere diameter Larger diameter			Kortere velthijd Shorter working-time			Langere velthijd Longer working-time			Verschil in polsfreq. t.o.v. kl. kortere velthijd Difference in pulse rate with regard to shorter working- time
	Aantal bomen Number of trees	Gem. diameter Mean diameter	Gem. polsfreq. Mean pulse rate	Aantal bomen Number of trees	Gem. diameter Mean diameter	Gem. polsfreq. Mean pulse rate	Aantal bomen Number of trees	Gem. diameter Mean diameter	Gem. polsfreq. Mean pulse rate	Aantal bomen Number of trees	Gem. diameter Mean diameter	Gem. polsfreq. Mean pulse rate	
	Verschil in polsfreq. t.o.v. kl. diameter Difference in pulse rate with regard to smaller diameter												
A	12	10,4	120	11	13,8	122	12	5,51	120	11	7,70	122	
B	9	9,7	132	9	14,4	138	10	5,47	132	8	8,36	139	+6
C	12	11,0	150	13	15,4	149	13	4,97	150	12	7,32	149	-1
D	12	11,7	124	13	16,4	127	12	5,53	123	13	9,27	128	+3
E	12	11,4	151	12	14,7	152	11	6,10	150	13	8,50	153	+1
F	10	11,2	110	9	14,6	111	9	6,63	110	10	8,52	113	+1
Totaal/Total Gemiddeld Mean value	67	10,9	131	67	14,9	133	67	5,70	131	67	8,24	134	+2
K	11	10,8	121	10	14,2	123	10	6,29	123	11	8,38	121	+2
L	8	10,1	133	9	13,8	136	8	5,67	136	9	8,63	134	+3
M	11	11,8	140	11	15,7	142	11	5,96	142	11	8,24	140	+2
N	11	12,8	158	13	15,9	160	13	7,30	160	11	9,79	159	+2
O	13	10,8	156	13	14,1	158	13	6,19	159	13	8,14	155	+2
P	10	11,2	137	11	14,9	138	10	6,52	137	11	9,14	137	+1
Totaal/Total Gemiddeld Mean value	64	11,2	141	67	14,8	143	65	6,32	143	66	8,72	141	+2
A-P Totaal/Total Gemiddeld Mean value	131	11,1	136	134	14,8	138	132	6,01	137	133	8,48	138	+2

TABEL 2.2-VIII zie p. 37. TABLE 2.2-VIII see p. 37.

TABEL 3.2-I. Gemiddelde boomdiameter, waargenomen tijd, prestatiegraad en „normaaltijd” per proefpersoon

TABLE 3.2-I Mean tree diameter, actual time, performance level and “normal time” per subject

Proefpersoon Subject	d 1,30 in cm	Waargenomen tijd voor vellen + snoeien/schillen in centiminuten Actual time for felling + lopping/barking (1/100 min.)	Gem. prestatiegraad Mean performance level	„Normaaltijd” voor vellen + snoeien/schillen in centiminuten “Normal time” for felling + lopping/barking (1/100 min.)
A	12,1	593	104	617
B	12,1	629	110	693
C	13,3	595	115	684
D	14,2	715	104	744
E	13,1	707	99	701
F	12,8	819	109	894
Gemiddeld Mean value	13,3	673	106	712
K	12,4	681	112	760
L	12,1	647	107	690
M	13,7	704	109	765
N	14,4	837	111	927
O	12,5	686	120	822
P	13,1	741	116	856
Gemiddeld Mean value	13,3	720	113	810

Opmerking: De in de figuren 1 t/m 4 en in tabel 3.2-I verwerkte en vermelde diameters en tijden wijken iets af van die in hoofdstuk 2. Dit is het gevolg van het feit dat de tijdstudies, behalve bij de bij het arbeidsfysiologisch onderzoek geveldde bomen, ook nog zijn uitgevoerd bij enige andere bomen uit de opstand. Bovendien hebben de resultaten van de tijdstudies betrekking op de „zuivere arbeidstijd” terwijl de meting van arbeidscalorieën en polsfrequentie om technische redenen ook handelingen kan omvatten die buiten de zuivere arbeidstijd vallen.

Remark: The small differences between table 3.2-I and tables 2.2-I t/m VIII with regard to diameters and times are due to the fact that the time studies have been carried out with a slightly greater number of trees.