

AIKAKELLO- JA PISTOKOEMENETELMAN
VERTAILU

PENTTI NISULA

SUMMARY:

A COMPARISON BETWEEN THE STOP-WATCH METHOD
AND THE RANDOM-SAMPLE METHOD

HELSINKI 1962

AIKAKELLO- JA PISTOKOEMENETELMAN VERTAILU

PENTTI NISULA

SUMMARY:

A COMPARISON BETWEEN THE STOP-WATCH METHOD
AND THE RANDOM-SAMPLE METHOD

HELSINKI 1962

TAMPEREELLA 1963
TAMPEREEN KIRJAPAINO-OSAKEYHTIÖ

Alkulause

Kun kesäkuussa 1956 suoritin istutusvälinekokeiluja Evon hoitoalueessa, huomasin, miten aikakellolla ei voinut mitata lyhyitä työvaiheita. Minun oli pakko yhdistellä työvaiheita suuremmiksi ryhmiiksi, jolloin en voinut saada selville, kuinka paljon työvaiheajoissa oli lyhyen tuokion kestäviä hukka- ja elpymisaikoja. Pohdittuani ongelmaa päädyin ajatukseen, että aikaakin mitattaessa voitaisiin soveltaa pistokoemenetelmää. Saman vuoden lokakuussa tein käytännöllisen kokeen, joka antoi viitteitä siitä, että oli todella mahdollisuuksia pistokoemenetelmää käyttäen erotella lyhyitäkin työliikeaikoja toisistaan.

Silloin luulin oivaltaneeni jotain kokonaan uutta. Myöhemmin kuitenkin selvisi, että teollisuudessa oli jo aikaisemmin käytetty pistokoemenetelmää (engl. ratio-delay study, saks. Multimomentaufnahme) ajankäyttötutkimuksissa, jolloin havaintoja oli tehty sattumanvaraisina aikoina. Alunperin olin kuitenkin kiinnostunut kysymyksestä, minkälaisiin tuloksiin päästäisiin aikaa mitattaessa tasavälisin ajoin tehtyjen pistokokeiden perusteella. Hain menetelmälle laillista suojaa 8. 2. 1957, mutta asiaa käsiteltyään Patentti- ja Rekisterihallitus ilmoitti menetelmän olevan jo ennestään tunnetun saksalaisesta Badische Anilin- & Soda-Fabrikin omistamasta patentista N:o 847985 28. 8. 1952, keksijänään dipl.ins. tohtori RREIDRICH LORENZ, Ludwigshafen/Rhein. Samalla selvisi, että olin keksinyt periaatteessa uuden ajanottomenetelmän, vaikkakin useita vuosia tohtori LORENZIN Saksassa tekemän alkuperäiskeksinnön jälkeen.

Nykyiseltä Helsingin Yliopiston metsäteknologian professorilta KALLE PUTKISTOLTA sain aikatutkimusaineistoa, jossa työvaiheajat seurasivat toisiaan kronologisessa järjestyksessä. Myöhemmin olen saanut häneltä neuvoja ja ohjeita, joista olen kiitollinen. Samalla pyydän kiittää Suomen Metsätieteellistä Seuraa, joka on suonut minulle apurahan tätä tutkimusta varten.

Yliopiston metsäteknologian laitoksen esimiehen, prof. TH. WEGELIUKSEN myötävaikutuksella olen voinut rakennuttaa ajanottokejojen, jota käyttäen on mahdollista käytännössä havaita aikoja tasavälisestä pistokoemenetelmää käyttäen. Hän on myös lukenut käsikirjoituksen ja antanut vartenotettuja neuvoja, joista lausun hänelle parhaat kiitokseni.

Johdanto

Syvällisessä työntutkimuksessa on aineiston tarkka analysointi usein hyvin tarpeellista. Vain sitä tietä voidaan havaita, mitkä työliikkeet ovat todella välttämättömiä ja mitkä työliikkeet taas ovat turhia tai kuinka paljon esim. tarvitaan ns. elpymisaikoja. Esim. työn rationalisointi saattaa kohdata vaikeuksia, ellei työstä ole saatu muodostetuksi yksityiskoh- taista kuvaa (vrt. esim. SÄLLFORS 1945).

PUKKILA (1948) mainitsee, että työerät teollisuudessa ovat yleensä kestoiltaan varsin lyhyitä, aina 0.02 min saakka. Työliikkeet ovat siis vielä lyhyempiä. Mainittua suuruusluokkaa lienevät myös erittäin monet metsätyön työerät ja -tauot. Vasta silloin, kun työn kaikki pienimmätkin osat kyetään mittaamaan, voidaan liikeaikojen yhdistelyn kautta selvittää, kuinka paljon työajasta on kulunut varsinaisiin työliikkeisiin, niitä seuranneisiin elpymisiin ja hukka-aikoihin.

Työajan pirstoutuminen pieniin osiin on aina aiheuttanut monia vaikeuksia aikatutkimuksia suoritettaessa. Tarkkoja tuloksia on voitu saavuttaa vain GILBRECHTIN käytäntöön ottamalla elokuvausmenettelyllä. Tätä menettelytapaa onkin tarkoissa tutkimuksissa paljon käytetty ja viime aikoina yhä huomattavammassa määrin. Menetelmä soveltunee kuitenkin pääasiassa vain teollisuustyöhön, jossa työntekijä koko ajan pysyy paikallaan. Tällöin valaistusolosuhteet voidaan järjestää sopiviksi ja menetelmään kuuluvan mikroaikakello voidaan kiinteästi asettaa työntekijän läheisyyteen. Metsätyössä on vaikeampi soveltaa tällaista tutkimustapaa.

Toistaiseksi metsätyön aikatutkimus ei ole käytäntöä varten löytänyt kelloa soveliaampaa ajan mittausvälinettä. LASSILAN (1930) mukaan käytettävistä sekuntimittareista aika voidaan lukea noin 1/5 sekunnin tarkkuudella, mutta käytännössä ei ole kuitenkaan mahdollisuutta käyttää sekunnin osia. Selvää on kuitenkin, että eräissä työliikkeissä tapahtuu aikalailla paljon yhden sekunninkin kuluessa. Toinen hankaluus LASSILAN mielestä on se, että sekuntimittarin käyttäminen, sen takaisin lyöminen ja uudelleen käyntiin paneminen, vie noin 2/5—1 sek ja että usein voi luulla jo jonkin työvaiheen loppuneen, kun kysymyksessä onkin vain sen satunnaisesta pysähdyksestä. Kelloa käytettäessä ei siis läheskään kaikkia työliikkeitä voida parhaalla tahdollakaan mitata, eikä näin koottu aikatutkimusaineisto olekaan samantapaista kuin esim. metrimittalla mitattu aineisto. Tästä syystä on myös tämäläpisen aineiston käsittely individualisempaa, kuten LASSILA mainitsee ja sen lukuja ei voida käsitellä puhtaasti matemaattisina lukuina.

ARO (1937) esittää tutkimuksessaan koivuhalkojen teosta taulukon, jossa esitetään 1/100-jakoisella sekuntikellolla mitattujen päivittäisten työaikojen prosenttinen poikkeama tavallisella kellolla mitatusta ajasta, jota hän pitää todellisena työaikana. Nämä poikkeamat vaihtelevat työajan kohdalla 0.0—2.7 %. ARON mukaan ”tällaisten aikaerojen syntyminen ei ole aikatutkimuksissa vältettävissä. Ne johtuvat sekuntikellon käynnin epätarkkuudesta, pienistä virheistä juoksevan sekuntiosoitajan lukemisessa ja monasti uusiintuvassa kellon käyntiänpänosssä sekä tavallisen ja sekuntikellon käyntitarkkuuden erosta”.

PUTKISTO (1956) mainitsee lisäksi, että ”usein työvaiheiden vaihtumishetki on siksi epäselvä, että ajanottaja joutuu käytännössä subjektiivisen näkemyksensä mukaan määrittelemään rajakohdan. Niin ikään lyhyitä keskeytyksiä on käytetyillä ajanmittausvälineillä mahdottomuus saada tarkoin erilleen tehollisesta työajasta . . .”

Kellon käyttäminen saattaa siis vaikuttaa siihen, millä tavoin aikatutkimusta on suoritettava, se voi mm. määrätä etukäteen, mitkä työvaiheet tai työvaiheryhvät vielä pystytään mittaamaan. Käytännössä tämä saattaa eräissä tapauksissa johtaa verraten karkeaan työvaihejaotukseen.

SÄLLFORS (1945) puolestaan mainitsee, ettei ”eräaikoja saa valita liian lyhyiksi, koska aikamääräykset täten vaikeutuvat ja niiden varmuus vähennee”.

Teollisuudessa on viime aikoina alettu käyttää pistokoemenetelmää ajankäyttötutkimuksissa. KAUPPISEN (1955) mukaan ”jo vuonna 1935 ehdotti englantilainen L. H. C. TIPPET hukka-aikojen ja hukka-aikalaisen määräämistä tilastollisella menetelmällä, jolloin sitä myös kokeiltiin Englannin tekstiiliteollisuudessa. Amerikkalainen professori L. MARROW on julkaissut siitä erilaisia käyttöesimerkkejä ja D. S. CORREL ja R. M. BARNES ovat tutkineet menetelmän käyttökelpoisuutta ja tarkkuutta. Maassamme on professori E. M. NIINI käyttänyt menetelmää jo v. 1934. Menetelmä on kuitenkin verraten vähän tunnettu ja käytetty. Vasta viime vuosina, kun tilastomatematiikan soveltaminen käytännön tutkimuksiin on muutenkin kehittynyt, on pistokokeisiin perustuvan aikatutkimuksen edut ja käyttökelpoisuus yleisemmin oivallettu ja sitä ryhdytty menestyksellisesti soveltamaan mm. Amerikassa, Englannissa, Ruotsissa ja Suomessa”. Pistokoemenettelyn soveltamistavasta KAUPPINEN mainitsee, että ”liikkuessaan tai valvoessaan muuten osaston toimintaa työjohtaja tekee hetkittäishavaintoja koneesta, toteaa, mikä vaihe kulloinkin on kysymyksessä, sekä merkitsee havainnot muistiin. Havainnontekoaajat hän sovittaa siten, että havaintotilastoa kertyy työpäivän kaikilta osilta.

Havaintohetket, samoin kuin havaintojen väliajat hän valitsee muuten sattuman varaisesti. Koska todennäköisyyslain mukaan pienempi lukumäärä satunnaisia havaintoja pyrkii jakautumaan samalla tavoin kuin suurempikin lukumäärä, pyrkii myös pistokoehavaintojen perusteella saatu prosentuaalinen jakautuminen tulemaan samaksi kuin jatkuvan menetelmän antama jakautuminen”.

Jos pistokoemenetelmää pyritään soveltamaan jonkin yksittäisen työn tutkimisessa, saattanee tuottaa vaikeuksia sijoittaa havaintohetket sattumanvaraisiin ajan kohtiin. Houkuttelevalta tuntuu tällöin myös ajatus sijoittaa havaintohetket tasavälisen aikavälien päähän toisistaan (vrt. NISULA 1957 ja 1959). Kirjoittajan tietoon on tullut pari koetta, missä tällaista menetelmää onkin käytetty (KILANDER 1957 ja LEHTO 1957).

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on erään kellolla mitatun aineiston avulla selvittää, missä määrin tasavälisin havaintovälein suoritettu pistokoemenetelmä antaa samanlaisia mittaustuloksia kuin kellomenetelmä. Tässä ajanottomenetelmässä sovelletaan siis periaatetta, että tutkija saa tasavälisen aikojen kuluttua esim. äänimerkin, jonka kuuluessa hän toteaa, missä työvaiheessa tutkittava kohde, henkilö, kone tms. on tämän merkin sattuessa. Tämän jälkeen tutkija vie merkintälomakkeelle jokaisen saamansa äänimerkin esim. pisteenä asianomaisen työliikkeen tai työvaiheen kohdalle.

Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmä

Tutkimusaineisto käsittää traktorikuljetukseen liittyviä juonto- ja kuormausaikatutkimuksia G. A. Serlachius Oy:n Ristimäen työmaalla Keuruun kunnassa 1954. Aikatutkimustuloksia on kaikkiaan 8 päivän ajalta 4. 3.—18. 3. 1954. Tässä tutkimuksessa on kohteeksi valittu traktorin apumiehen ajan käyttö traktorin juonnon ja kuljetuksen aikana ja on aineiston laajuus kaikkiaan 95 732 cmin.¹⁾

Vaiheajat on mitattu tässä tutkimuksessa tavallisella aikakellolla 1 cmin tarkkuudella palautusmenetelmää käyttäen.

Aineistoa kerättyä on käytetty ryhmätyön tutkimusmenetelmää. Tälle menetelmälle on luonteenomaista mm. symbolien käyttö työvaiheiden nimitysten sijasta. PUTKISTON (1956) väitöskirjassa siv. 66 on esimerkki tällaisen ryhmätyön tutkimuslomakkeesta symboleineen.

¹⁾ 1 cmin = 1/100 minuuttia.

Tutkimusaineiston aikakellohavainnot on muutettu pistokoemenetelmän havainnoiksi taulukosta 1 selviävällä tavalla. Tällöin on pistokoemenetelmään siirryttäessä sovellettu tasavälistä 10 cmin havainnoimisväliä, jolloin pistokoemenetelmän havainnot on saatu siten, että havainnoimisvälin päättyessä on todettu, minkä työvaiheen kohdalla juuri silloin ollaan.

Taulukko 1. Esimerkki aikakelloaineiston muuntamisesta pistokoeaineistoksi.
Table 1. An example of converting the stop-watch material into random-sample material.

Työvaiheen symboli Symbol of element	Kelloaika, cmin Stop-watch time, decimal minutes		Pistokoehavaintoja, kpl Number of random observations	
	Työvaiheittain By elements	Yhteensä Total	Yhteensä Total	Työvaiheittain By elements
1	2	3	4	5
a ₁	392	392	39	39
a ₂	301	693	69	30
a ₃	40	733	73	4
a ₄	74	807	81	8
a ₅	78	885	89	8
a ₆	104	989	99	10

Taulukon 1 toisesta sarakkeesta nähdään kunkin peräkkäisen työvaiheen aika 1/100 minuutteina. Kolmannessa sarakkeessa nämä ajat on jatkuvaa yhteenlaskua soveltaen laskettu yhteen. Tämän jälkeen on laskettu 10 cmin havainnoimisväliä käyttäen, kuinka monta kokonaista 10 cmin sopii kunkin työvaiheen kohdalle sattuvaan siihen saakka yhteenlaskemalla saatujen työvaiheajojen kokonaissummaan. Tulokset nähdään sarakkeessa 4. Vähentämällä sarakkeen 4 kustakin arvosta tämän arvon yläpuolella oleva luku saadaan sarakkeeseen 5 työvaiheeseen kuuluvien pistokoehavaintojen määrä. Tällä tavoin on läpikäyty kaikki tämän tutkimuksen kohteeksi joutuneet aikakellohavainnot, jolloin jokaiselle työvaiheelle on saatu kaksi työajan pituutta osoittavaa tunnusta, nim. kellolla mitattu aika 1/100 minuutteina (sarakkeessa 2) ja pistokoehavaintojen lukumäärä (sarakkeessa 5).

Tutkimustulokset

Menetelmän tarkkuus

Käytäessä lähemmin tarkastelemaan kello- ja pistokoeaikojen välistä tarkkuutta lienee mielenkiintoista todeta, voidaanko tässä tutkimuksessa käytetyllä 10 cmin havainnoimisvälillä saavuttaa suunnilleen samoja tuloksia kuin aikakellollakin mittaamalla. Tätä kysymystä voidaan tarkastella taulukon 2 perusteella, jossa tutkimusmateriaali on ryhmitelty työvaiheittain, lyhyimmistä työvaiheista pisimpään.

Taulukko 2. Aineisto työvaiheittain.

Table 2. The material by elements.

Työvaihe Element	Kelloajat Stop-watch times		Pistokoeajat Random-sample times		Prosenttisten kello- ja pisto- koeaik. ero, % Difference of percentile watch and random-sample times, percent.	Pistokoeajat kelloajoista, % Random-sample times of watch times, percent
	cmin	%	cmin	%		
1	2	3	4	5	6	7
a	102	0.11	100	0.10	+0.01	98.0
b	182	0.19	170	0.17	+0.02	93.4
c	175	0.18	180	0.19	-0.01	102.9
d	221	0.23	220	0.23	±0.00	99.5
e	344	0.36	350	0.37	-0.01	101.7
f	909	0.95	930	0.97	-0.02	102.3
g	1 261	1.32	1 270	1.33	-0.01	100.3
h	1 392	1.45	1 400	1.46	-0.01	100.6
i	1 652	1.73	1 670	1.74	-0.01	101.1
j	1 806	1.89	1 810	1.89	±0.00	99.7
k	1 959	2.05	1 980	2.07	-0.02	101.1
l	2 520	2.63	2 530	2.64	-0.01	100.4
m	2 953	3.08	2 890	3.02	+0.06	97.9
n	3 580	3.74	3 590	3.75	-0.01	100.3
o	4 131	4.31	4 120	4.30	+0.01	99.7
p	4 429	4.62	4 400	4.60	+0.02	99.3
q	5 064	5.29	5 050	5.28	+0.01	99.7
r	5 400	5.64	5 400	5.64	±0.00	99.9
s	5 903	6.17	5 800	6.06	+0.11	98.3
t	6 640	6.94	6 690	6.99	-0.05	100.8
u	7 400	7.73	7 410	7.74	-0.01	100.0
v	10 390	10.85	10 480	10.95	-0.10	100.8
x	10 589	11.08	10 600	11.07	+0.01	100.0
y	16 721	17.46	16 690	17.43	+0.03	99.8
Yht. Total	95 732	100.00	95 730	100.00	—	100.0

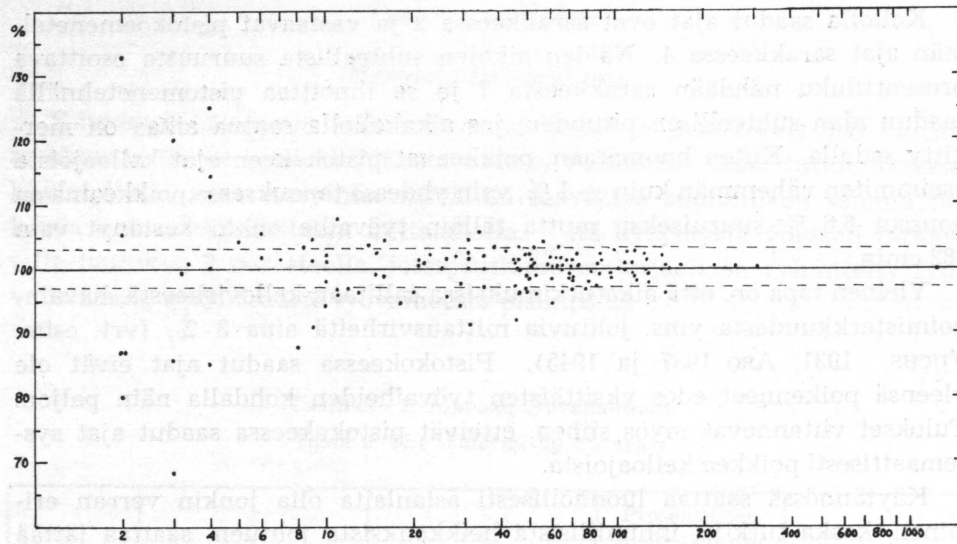
Kellolla saadut ajat ovat sarakkeessa 2 ja vastaavat pistokoemenetelmän ajat sarakkeessa 4. Näiden aikojen suhteellista suuruutta osoittava prosenttiluku nähdään sarakkeesta 7 ja se ilmoittaa pistomenetelmällä saadun ajan suhteellisen pituuden, jos aikakellolla saatua aikaa on merkitty sadalla. Kuten huomataan, poikkeavat pistokokeen ajat kelloajoista useimmiten vähemmän kuin $\pm 1\%$, vain yhdessä tapauksessa poikkeama on noussut 6.6 % suuruisiksi, mutta tällöin työvaihe onkin kestänyt vain 182 cmin.

Yleinen tapa on, että aikatutkimuksissa sallitaan kellovirheestä, havainnoimistarkkuudesta yms. johtuvia mittausvirheitä aina 3 %, (vrt. esim. FUCHS 1931, ARO 1937 ja 1945). Pistokokeessa saadut ajat eivät ole yleensä poikenneet edes yksittäisten työvaiheiden kohdalla näin paljon. Tulokset viittanevat myös siihen, etteivät pistokokeessa saadut ajat systemaattisesti poikkea kelloajoista.

Käytännössä saattaa luonnollisesti asianlaita olla jonkin verran erilainen, koska tutkija, inhimillisistä heikkouksista johtuen, saattaa jättää jonkin havainnon muistiinmerkitsemättä tai tekee useampia merkintöjä kuin on tarpeen. Tämän takia on luonnollisesti pistokoemenetelmää sovellettaessa käytännössä käytettävä rinnalla tavallista kelloa koko työmaajan tarkistamiseksi.

Taulukon 2 neljännestä ja viidennestä sarakkeesta nähdään 10 cmin havainnoimisväliä käyttämällä saatujen aikojen jakaantuminen. Sarakkeeseen kuusi on laskettu aikakellolla saatujen ja pistokokeella saatujen suhteellisten aikojen erotus vähentämällä kolmannen ja viidennen sarakkeen luvut toisistaan. Tällöin on päästy varsin mielenkiintoiseen tulokseen ja huomataan ensiksi, että kuudennen sarakkeen arvot poikkeilevat nollan kummankin puolen. Siis pistokoemenetelmän ajat eivät näytä systemaattisesti poikkeavan aikakellon ajoista puoleen tai toiseen. Toiseksi huomataan, että erot ovat kokolailla pieniä. Suurin poikkeama on -0.11% . Tämän vertailun perusteella voitaneen tulla siihen tulokseen, että jos työliikkeet ryhmitellään työvaiheiksi aikakellolla tapahtuvaa mittaamista varten, voidaan 10 cmin havainnoimisväliä käytettäessä pistokokeella saavuttaa samanarvoisia tuloksia kuin aikakellomenetelmälläkin.

On itsestään selvää, että mitä vähemmän pistokoehavaintoja saadaan, sitä epäluotettavampia tuloksia myös saavutetaan. Kuvassa 1 tarkastellaan päivittäisten pistokoetulosten poikkeamia kelloajoista, joita on pidetty vertailun pohjana ja merkitty arvolla 100. Kuvan pisteet edustavat päivittäisten työvaiheaikojen summaa. X-akselilta voidaan lukea näihin työvaiheaikojen summiin joutuneiden pistokoehavaintojen lukumäärä ja y-akselilta työvaiheen pistokokeella saatu suhteellinen aika silloin, kun kelloaikaa on merkitty sadalla.



Pistokoehavaintojen määrä eri työpäivien työvaiheissa, kpl — Number of random observations per element on different days.

Kuva 1. Työvaiheiden pistokoeaikojen poikkeaminen kelloajasta (= 100 %).

fig. 1. Deviation of random-sample times from stop-watch times (= 100 per cent).

Kuvasta 1 havaitaan, miten pistokokeella saatu aika poikkeaa kelloajasta sitä vähemmän, mitä enemmän työvaiheesta on saatu pistokoehavaintoja. Niissä työvaiheissa, joihin päivän mittaan on sattunut vähintään 80 havaintoa, on poikkeama yleensä jo jäänyt $\pm 3\%$:n vaihtelurajan sisälle. Tämä havaintojen määrä vastaa 8 minuutin työaikaa, joten 10 cmin havaintoväliä käytettäessä, voidaan työvaiheissa, joita on tarkkailtu enemmän kuin 8 minuuttia, odotella $\pm 3\%$ pienempää virhettä kelloajasta laskettuna. Kuvasta voidaan selvästi havaita, että havaintojen lukumäärän kasvaessa päästään yhä tarkempaan tulokseen. Jos taas havaintoja saadaan niukemmin, niin sitä suurempia virheitä on myös odotettavissa. Näyttää ilmeiseltä, että työvaiheista saatujen havaintojen määrän noustessa useampaan sataan, saatetaan pistokokeilla saavuttaa käytännöllisesti katsoen samanarvoisia tuloksia kuin kellomenetelmälläkin. Kuvasta 1 on myös havaittavissa, että aineistossa ei kokonaisuutena katsoen näytä olevan systemaattista poikkeilua, vaan pistokokeella saadut ajat näyttävät poikkeilevan sattumanvaraisesti kellolla saaduista ajoista.

Tahdistuminen

Työvaiheiden tahdistumisella tässä tutkimuksessa ymmärretään sitä, että tutkittavana olevat työvaiheet noudattavat toistuvaa aikarytmiä. Tutkittaessa tasavälisin pistokokein tahdistuneita työliikkeitä saatetaan päätyä tuloksiin, jotka ovat systemaattisesti virheellisiä. Mikäli sovelletaan pistokoeomenetelmää puhtaimmassa muodossaan eli siten, että havainnot sattuvat täysin sattumanvaraisina aikoina, voidaan tahdistumisen haitallinen vaikutus kokonaan välttää ja saavuttaa pistokokeilla oikeita tuloksia.

Silloin, kun pistokoeomenetelmää sovelletaan, kuten tässä tutkimuksessa, jolloin havaintoja on tehty tiettyjen yhtä pitkien väliaikojen (10 cmin) kuluttua, saatetaan tiettyä aikarytmiä noudattavassa työssä joutua sellaiseen systemaattiseen virheeseen, jonka suuruutta ja suuntaa ei täysin tunneta.

Tässä yhteydessä lienee paikallaan lähemmin tarkastella tahdistumiskysymystä käytettäessä 10 cmin havainnoimisväliä. Jos työ muodostuisi esim. työvaiheista, joiden pituudet olisivat 2 tai 5 cmin tai näiden lukujen kerrannaisia, niin pistokoehavainnot asettuisivat vain joka toisen viidennen minuutin kohdalle. Näissä tapauksissa ei kuitenkaan syntyisi lopputuloksiin systemaattista virhettä, koska pistokoehavainnot jakaantuisivat kyllä oikean ajan suhteissa jokaisen työvaiheen kohdalle. Mutta jos ajatellaan, että meillä on kaksi tai useampia työvaiheita, joiden yhteenlaskettu pituus pysyisi koko ajan samana ja päättyisi lukuarvoltaan johonkin edellä mainituista luvuista, niin tilanne muodostuisi jo toisenlaiseksi. Tällöin saattaisi työvaiheryhmän aika muodostua esim. seuraavista ajoista.

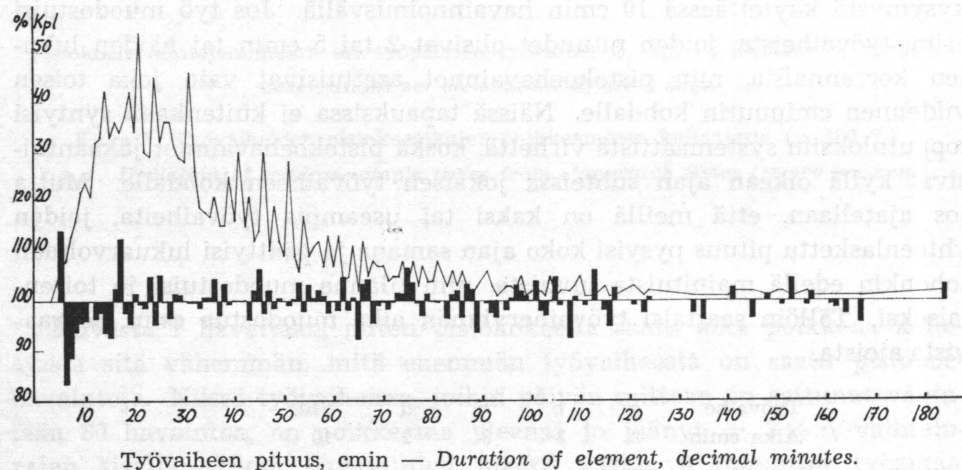
Työvaihe	a	b	c	d	Yht.
Aika cmin	2	3	3	2	10

Jos tahdistuminen olisi aivan täydellinen ja työliikkeet a, b, c ja d seuraisivat ajasta toiseen täsmällisesti saman pituisina toisiaan, niin saisimme havaintoja vain työliikkeestä b, emmekä mitään havaintoja työliikkeestä a, c, d. Tällöin ne jäisivät aineistosta kokonaan pois ja niiden aika tulisi näkyviin vain työvaiheen b ajan lisäyksenä. Päädyttäisiin siis aivan virheellisiin tuloksiin.

Jos ajatellaan tehdastyötä, esim. jonkin koneen osan kokoamista, jolloin koottavat osat saattavat tulla vaikkapa suoraan koneesta, työntekijän on pysyteltävä koneen määräämässä tahdissa. Jos tällaista työtä tutkitaan tasavälisiä pistokoeomenetelmää käyttäen, niin on ainakin teoreettisesti mahdollista päätyä systemaattiseen virheeseen. Sen sijaan metsätyössä työliikkeiden ja työvaiheiden tahdistumisen mahdollisuudet lienevät

vähäiset. Työliikkeiden lukumäärä saattaa tavallisessa metsätyössä nousta satoihin, joskus jopa tuhansiin. Lisäksi työtä vastustavat tekijät, työvaikeudet, vaihtelevat hetkestä toiseen ja työläisen omat mielipiteet ja mieleenjohtumat vaikuttavat päivän mittaan työn tahtiin eri tavoin. Tuskin on ajateltavissa, että tällaisissa olosuhteissa syntyy pitkäaikaista työliikkeiden tahdistumista. Luonnollisesti on kuitenkin tasavälistä pistokoeomenetelmää käytettäessä aina vakuuttavasti siitä, ettei tutkittavaan työhön sisälly tahdistuneita työvaiheita.

Kaikki se, mitä on ilmennyt edellä taulukosta 2 ja kuvasta 1 ei osoita, että aineistossa olisi havaittavissa systemaattisia virheitä. Päinvastoin on voitu havaita, että pistokoeajat ovat poikkeilleet kelloajoista lähinnä samalla tavoin kuin satunnaissuure poikkeilee odotusarvostaan. Kaikki kellolla mitatut työvaiheet on saatu esille pistokokeessakin ja suunnilleen kelloaikansa suuruisina. Kaikki tämä viittaa osaltaan siihen, ettei työvaiheiden tahdistumista olisi olemassa esillä olevassa aineistossa.



Kuva 2. Aineiston jakautuminen eri pituisiin työvaiheisiin (murtoviivadiagrammi) ja niiden pistokoeaikojen poikkeaminen kelloajasta (= 100 %) (pylväsiagrammi).

Fig. 2. Distribution of material into elements of different duration (zigzag line) and deviations of random sample measurements from stop-watch measurements (columns).

Kuvan 2 perusteella voidaan aineiston tahdistumiskysymystä ehkä vielä valottaa. Siitä nähdään ensiksi eri pituisten työvaiheiden jakaantumista osoittava murtoviivadiagrammi. Voidaan havaita, ettei alle 3 cmin aikoja ole aineistossa ollut ensinkään ja alle 10 cmin aikojakin suhteellisen vähän. Jakaantuminen kokonaisuudessaan näyttää olevan vino vasemmalle. Missä määrin lyhyiden kelloaikojen puuttuminen aineistosta riippuu itse aineiston laadusta ja missä määrin siitä, että kellomittauksessa

tulee työliikkeet etukäteen ryhmittää mitattavissa olevan pituisiksi työvaiheiksi, ei voida aineiston perusteella selvittää. Sen sijaan on tarkasteltu, missä määrin pistokoeomenetelmällä on mahdollisuuksia mitata eri pituisia aikoja ja olisiko tämän tarkastelun perusteella löydettävissä jotain seikkoja, jotka viittaisivat tahdistumisilmiöihin aineistossa. Kuvaan piirretyt pylväsiagrammit osoittavat nimittäin, kuinka paljon pistokoeajat poikkeavat kelloajoista. Noin 15 cmin:sta lähtien poikkeamat näyttävät vaihtelevan oikeasta arvostaan puoleen ja toiseen eikä systemaattista poikkeamaa liene havaittavissa. Sen sijaan alle 15 cmin kestävästä ajoista on pistokokeella saavutettu säännöllisesti pienempiä aikoja. Tätä ilmiötä on jonkin verran yritetty tutkia, mutta ei ole saatu selville seikkoja, mistä ilmiö saattaisi johtua. Aineiston perusteella ei ole pääteltävissä, johtuuko systemaattinen poikkeama aineistoon kätkeytyvistä yleisistä seikoista, vai onko poikkeama katsottava tilapäisluontoiseksi. Aineisto käsittää tällä kohtaa nimittäin niin vähän havaintoja, ettei johtopäätöksiä sen perusteella voitane tehdä. Kokonaisuutena katsoen ei analyysin perusteella ole löydetty seikkoja, jotka osoittaisivat tahdistumisilmiöitä ko. aineistossa.

Loppulause

Aineistoa analysoitaessa on siis todettu, että kaikista niistä työvaiheista, joita kellolla mitatussa aineistossa on esiintynyt, on saatu myös havaintoja pistokoeomenetelmää käyttäen ja että pistokoeajat ovat olleet jotakuinkin samaa suuruusluokkaa kuin kelloajatkin. Pistokoeajat ovat lisäksi poikkeilleet kelloajoista siten, ettei systemaattista poikkeamaa ole ollut havaittavissa. Tämän perusteella voitaneen tehdä johtopäätös, ettei aineistossa liene työvaiheiden tahdistumista tai jos sellaista olisi olemassa, niin tahdistumiset ovat tapahtuneet puoleen tai toiseen ja niiden vaikutukset ovat silloin kumonneet toinen toisensa.

Näin on asianlaita sovellettaessa pistokokeessa 10 cmin havainnoimista väliä kellolla mitattuun aineistoon. Kuitenkin silloin, kun aikatutkimusta ryhdytään suorittamaan pistokoeomenetelmää käyttäen, työvaiheiden ajat saattava muodostua jonkin verran toisenlaiseksi kuin kelloa käytettäessä. Pistokoeomenetelmää sovellettaessa ei nimittäin tarvitse sanottavasti kiinnittää huomiota siihen, milloin jokin työvaihe on alkanut tai loppunut, vaan on vain todettava, missä työvaiheessa ollaan havaintohetken satuessa. Työvaiheen alkamisen tai sen loppumisen tarkka määrittäminen saattaa olla juoksevasti aikaa mitattaessa eräissä tapauksissa vaikeampaa kuin pistokoeomenetelmässä, koska pistokoeomenetelmää käytettäessä aina jää koko lailla aikaa tarkkaan punnita, missä työvaiheessa kulloinkin oltiin.

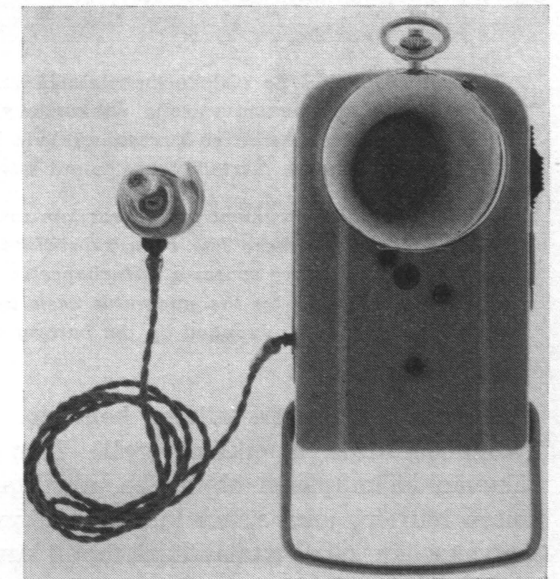
Mikäli pistokoemenetelmää käyttäen lähdetään mittaamaan aivan lyhyitä työaikoja eli sellaisia työaikoja, joita kellolla ei enää pystytä ollenkaan mittaamaan, esim. erottamaan yksittäiset työliikkeet toisistaan, niin ei edellä suoritetun tutkimuksen tuloksia enää voida käyttää hyväksi tällaisia tutkimuksia suunniteltaessa. Sen takia olisi välttämätöntä suorittaa toinen tutkimus, joka selvittäisi, miten tasavälinen pistokoetutkimus soveltuu aivan lyhyiden työliikkeiden, levähdysten yms. mittaamiseen metsätyössä. Tällöin jouduttaisiin analyysi suorittamaan mahdollisesti elokuvamateriaalin perusteella, jossa työliikkeet muodostuvat differentaalisista tuokiokuvista. Tällaisessa elokuvamateriaalissa ovat arkistoituneet tavallaan kaikki kuvat eli siis koko työ ja pistokoetutkimuksessa tarkasteltaisiin vain näistä osaa. Tämän materiaalin perusteella voitaisiin selvittää tasavälisen pistokoemenetelmän soveltuvuutta metsätöihin ja saataisiin myös työliikkeiden tahdistumiskysymyksestä konkreettisia tietoja. Tutkimusta suoritettaessa olisi myös mielekästä selvittää, mikä vaikutus havaintovälin lyhentämisellä tai pidentämisellä on menetelmän tarkkuuteen.

Ajanotto-laite pistokoemenetelmää varten

Alkulauseessa mainittiin, että metsäteknologian laitoksen esimiehen, professori TH. WEGELIUKSEN myötävaikutuksella on kirjoittaja voinut rakennuttaa ajanottokojeen pistokoemenetelmää varten.

Valmista kojetta, joka olisi sovelnut pistokoemenetelmää varten, ei ole ollut saatavissa, lukuunottamatta sähkömoottorilla toimivia laitteita, jotka ovat metsätöiden tutkimiseen soveltumattomia, koska niiden virtalähteenä tulee olla verkostosta saatava virta. Jos tällainen laite järjestetään toimimaan akkumalaattorilla, niin on odotettavissa, että moottorin kierrosluku vaihtelee akkumalaattorin varauksen mukaisesti. Sitäpaitsi eivät mitkään akkumalaattorit kykene toimimaan vakio varauksella ulkolämpötilan vaihdellessa lämpöasteista pakkasasteisiin.

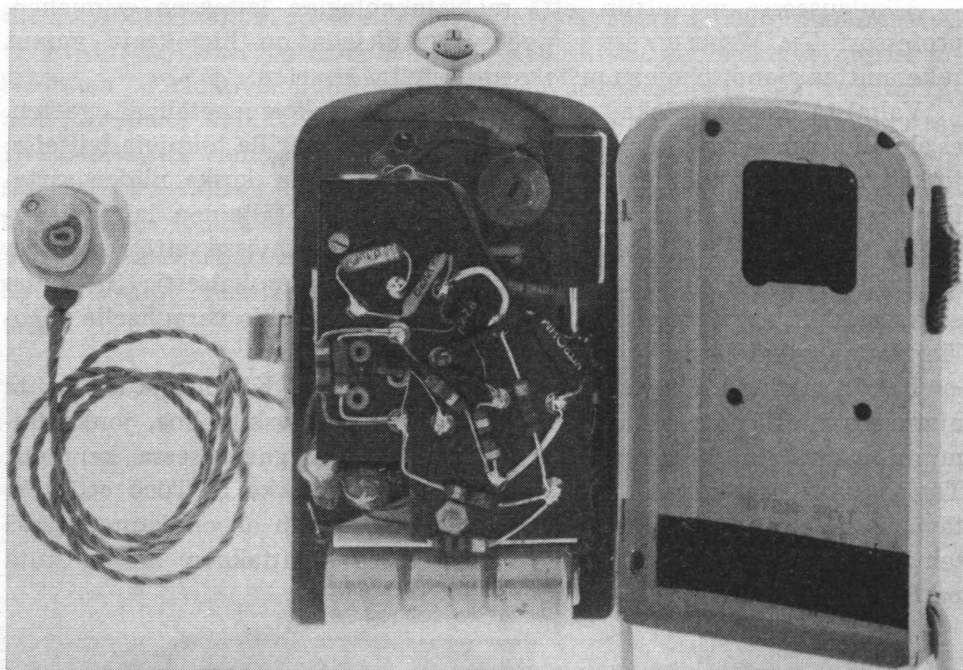
Tämän takia oli löydettävä toisenlainen ratkaisu. Kirjoittaja lähti siitä ajatuksesta, että voimanlähteenä olisi käytettävä taskukelloa, jonka toiminta määräytyi väliajoin aiheuttaisi häiriön magneettisessa kentässä. Tämä ajatus osoittautui käyttökelpoiseksi ja teknikko S. TÖRÖ otti tehtäväkseen perusidean käytännöllisen ratkaisun. Hän on onnistunut tässä tehtävässään, josta hänelle tässä yhteydessä sallittakoon lausua mitä parhaimmat kiitokset.



Kuva 3. Ajanotto-laite pistokoemenetelmää varten. Kun johdon päässä näkyvä korvaistukka kiinnitetään korvaan ja laite pannaan käyntiin, kuullaan joka kymmenesosa minuutin kuluttua äänimerkki.

Fig. 3. A timing instrument for the random-sample method. When the earphone at the end of the wire is fastened on the ear and the apparatus is started, a signal can be heard after each period of 1/10 decimal minute.

Teknikko S. Törön rakentama ajanottolaite pistokoemenetelmää varten nähdään kuvissa 3 ja 4. Kuvassa 3 nähdään laite päältä katsottuna ja siinä voidaan havaita laitteen perusrakenteena oleva tavallinen aikakello. Johdon päässä näkyvä korvaistukka mikrofooneineen kiinnitetään tutkijan korvaan. Kun kello pannaan käyntiin, kuuluu korvaistukasta joka kymmenesosaminuutin kuluttua äänimerkki.



Kuva 4. Ajanottolaite pistokoemenetelmää varten avattuna. Aikakellon viisarit on korvattu kymmenanturaisella ankkurilevyllä, joka aiheuttaa magneettisessa kentässä häiriön, joka sitten kuvassa näkyvin laittein muunnetaan korvalle sopivaksi ääneksi. Virtalähteenä toimii kuvan alaosassa näkyvä patteri.

Fig. 4. A timing instrument for the random-sample method, opened. An armature plate with ten anchors has been substituted for the hands of a time study watch. The armature causes a disturbance in a magnetic field. This is changed into audible sound by the apparatus seen in the photograph. The current is supplied by the battery at the bottom.

Kuvassa 4 nähdään laitteen koneisto. Aikakellon viisarit on korvattu kymmenanturaisella ankkurilevyllä. Kun ankkurin antura kulkee kuvassa näkyvän käämityksen ohitse, se aiheuttaa magneettisessa kentässä sähköisen häiriön, joka sitten kuvassa näkyvin laittein muutetaan korvalle sopivaksi ääneksi. Virtalähteenä toimii kuvan alaosassa näkyvä patteri.

Kirjallisuusluettelo

- ARO, PAAVO. 1937. Aikatutkimuksia koivuhalkojen teosta. Metsätieteellisen Tutkimuslaitoksen julkaisuja 23.4.
- „ 1945. Aikatutkimukset metsätöissä. Metsätehon julkaisuja 1. S. 28—33.
- „ 1954. Uusi ehdotus työn ja työajan jacttelun yhdenmukaistamiseksi metsätyön tutkimuksissa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 44.7.
- FUCHS, O. 1931. Der Zuschlag bei der Zeitstudie. Forstarchiv, s. 370—373. Hannover.
- KAUPPINEN, A. A., 1955. Tilastollinen ajankäyttötutkimus. Tehostaja 5.
- KILANDER, KJELL. 1957. Några synpunkter på den skogliga tidsstudiemetodiken vid studium av virkestransporter. SDA Litt as 8. sept. 1957. 5.
- LASSILA, ILMO. 1930. Työtieteellisiä tutkimuksia metsätyöstä. Acta Forestalia Fennica 36.
- LINDBERG, J. W. 1927. Todennäköisyyslasku ja sen käyttö tilastotieteessä. Helsinki.
- LEHTO, PEKKA. 1957. Tilastollinen tapahtumatutkimus. Tehostaja 4.
- NISULA, PENTTI. 1957. Aikatutkimusmenetelmä ja sen soveltamisessa tarvittava laite. Patenti- ja Rekisterihallitus. Patentihakemus n:o 230, 9.2. 1957.
- „ 1959. Eräs uusi ajanottomenetelmä. Metsämies 6.
- PUKKILA, ARVO. 1948. Aikatutkimuksen tekniikka. Imatra.
- PUTKISTO, KALLE. 1956. Tutkimuksia pyörätraktoreiden käytöstä puutavaran metsäkuljetuksessa. Metsätehon julkaisu 36.
- SÄLLFORS, TARRAS. 1945. Teollisuuden työntutkimukset. Helsinki.

SUMMARY:

A COMPARISON BETWEEN THE STOP-WATCH METHOD
AND THE RANDOM-SAMPLE METHOD

The aim of this study has been to find out to what extent it is possible to time phases of work by making instant observations at regular intervals according to the principles of the method of random samples, and arrive at similar results as obtained by timing continuously with a decimal-minute stop watch. In the first mentioned timing technique the time study man is given a sound signal at even intervals — in this case after each 1/10 minute period; during the signal he records the phase of work (element) a person, a machine etc., is performing at the time of the signal.

The material consists of studies on skidding and loading in connection with transportation by tractor during a period of eight days, from 4th to 18th March in 1954. The object of the study was the use of time by a tractor hand in skidding and hauling. The duration of each element was measured with an ordinary stop watch with the accuracy of 1 decimal minute, using repetitive timing. This material was then converted into random sample material as is shown in Table 1.

The whole material by elements is shown in Table 2.

On analysing the material it was noticed that the method of random samples yielded observations from all phases of work present in the material obtained by measuring with the stop watch. The durations of elements as determined by the random-sample method were of the same order as those determined with the stop watch. In addition, the times obtained by the random-sample method deviated from times obtained with the watch in such a way as not to cause any observable systematic deviation or rhythmic repetition of elements.

An instrument for determining times in the random sample method, designed by the author and Mr. S. Törö, a technician, is shown in Figures 3 and 4. The basic part of the instrument is a stop watch, whose functioning causes a disturbance in a magnetic field at certain intervals. This disturbance is then changed into an audible signal.