

Fil.maist. Ilkka Virtanen

SIMULOINTIPELI KONEIDEN HUOLLON VAATIMIEN
TYÖVOIMARESSURSSIEN OPTIMOIMISEKSI

Simulointi on viime aikoina nopeasti muodostunut erääksi tärkeäksi päätöksenteon apuvälineeksi yrityksen eri toiminnoissa. Vaikka se menetelmänä ei olekaan mitenkään uusi, sen aikaisemman laajamittaisen käytön rajoituksena on ollut menetelmän vaatimien aritmeettisten laskutoimitusten verrattain suuri määrä. Tietokoneiden nopean kehityksen ja yleistymisen ansiosta tämä este on nyt poistunut.

Simulointia käytettäessä laaditaan malli, joka mahdollisimman hyvin jäljittelee ("simuloi") sitä todellista tilannetta, jota on tarkoitus tutkia. Malli sisältää tavallisesti myös matemaattisia ja tilastollisia aineksia. Menetelmän suurena etuna on nyt, että malliin sisältyville esim. tilastollisille aineksille asetetaan tuskin mitään rajoituksia. Siten on samantekevää, noudattavatko käytetyt jakautumat tarkasti jotain teoreettista jakautumaa vai ovatko ne puhtaasti empiirisiä. Simulointimenetelmän käyttö ei sinänsä edellytä ehdottomaan optimiin pääsemistä. Se vain ilmoittaa miten käy, jos noudatetaan mallin mukaisia pelisääntöjä ja malliin sisältyvillä vakioilla ja parametreilla on annetut arvot. Käyttäjän tehtävänä on vaihdella näitä niin, että eri tulosten joukosta voidaan valita mahdollisimman hyvä.

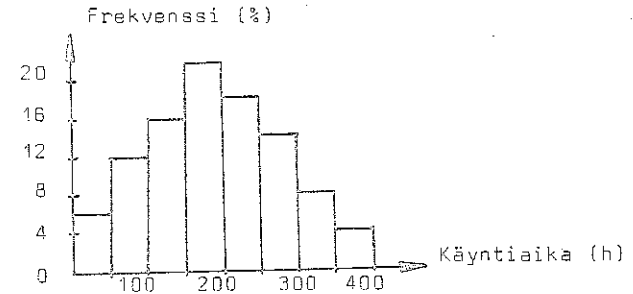
Simulointi on usein sangen käyttökelpoinen tilanteissa, joissa ei saada aikaan menetelmää, minkä avulla suoraan voitaisiin määrätä paras toimintatapa. Toisaalta simulointi on myös vaihtoehto käytännössä suoritettaville, useasti varsin pitkäaikaisille ja kalliille kokeiluille. Voidaan kulkea samaa "yrityksen ja erehdyksen" tietä kuin kuljettaisiin todellisuudessaakin, nyt vain murto-osa-ajassa ja murto-osakustannuksin.

Seuraavassa esitetään eräs yksinkertainen kunnossapitotoiminnan alaan kuuluva esimerkki simulointimallista. Malli on paljolti yksinkertaistettu, koska se on tarkoitettu käsityönä suoritettavaksi, eräänlaisena simulointipelinä pelattavaksi. Se toivottavasti pystyy kuitenkin jossain määrin valaisemaan simuloinnin perusideoita ja niitä vaiheita, jotka menetelmää käytettäessä on läpikäytävä.

Oletetaan, että tehtävänä on huolehtia jonkin tuotantolaitoksen automaattikoneiden kunnossapidosta. Halutaan nimenomaan tietää, mikä olisi kunnossapitomiehistön koon oltava, jotta toisaalta miehistölle maksettavat palkat eivät muodostuisi kohtuuttoman suuriksi ja toisaalta seisokkiaika ja siten myös seisokkikustannukset voitaisiin pitää kurissa. Oletetaan, että koneet käyvät toisistaan riippumatta, niin että yhden rikkoutuminen ei vaikuta toisten toimintaan. Edelleen oletetaan, että vain yksi mies voi osallistua rikki menneen koneen korjaukseen ja kaikki korjaustyöt suoritetaan normaalina työaikana. Mallin rakentaminen ja itse simulointi suoritetaan nyt vaiheittain seuraavasti:

1) Koneiden häiriöttömien käyntiaikojen ja korjausaikojen jakautumat on tunnettava tai ne on hankittava.

Yksityisen koneen käyntiajan jakautuma voi olla esim. kuvan 1 kaltainen.



Kuva 1

Tämä kone siis on käynyt 6 %:issa tapauksista alle 50 h, 12 %:issa tapauksista 50...100 h jne., ennen kuin se on tarvinnut huoltoa. Seuraavassa oletetaan, että kaikki koneet ovat samaa tyyppiä ja että niillä niin ollen on myös samat

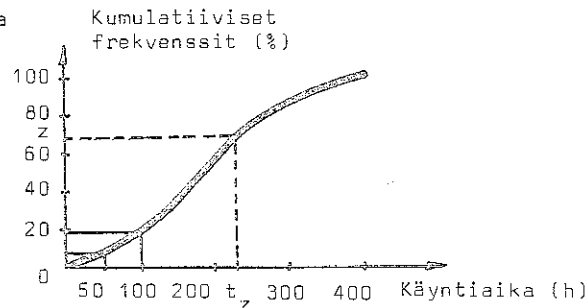
jakautumat. Vastaavasti oletetaan koneiden korjausajat saman jakautuman mukaan jakautuneiksi. Korjausaikaan käsitetään tässä yhteydessä kuuluvaksi

- aika, joka mekaanikolta kuluu varsinaisen korjaustyön valmisteluihin (työkalujen ja varaosien haku, työpiirustusten odottelu jne)
- itse korjaukseen kuluva aika
- korjauksen jälkeinen "sisäänajoaika"

ts. kaikki se aika, jonka kone on poissa tuotannosta.

2) Frekvenssijakautumista muodostetaan vastaavat summa- eli kumulatiiviset jakautumat.

Kuvan 1 frekvenssijakautumaa esim. vastaa kumulatiivinen jakautuma



Kuva 2

Kuvasta 2 nähdään nyt, että kone on käynyt alle 50 h 6 %:issa tapauksista, alle 100 h 6 + 12 = 18 %:issa tapauksista jne. Samaa tapaan muodostetaan korjausajalle kumulatiivinen jakautuma.

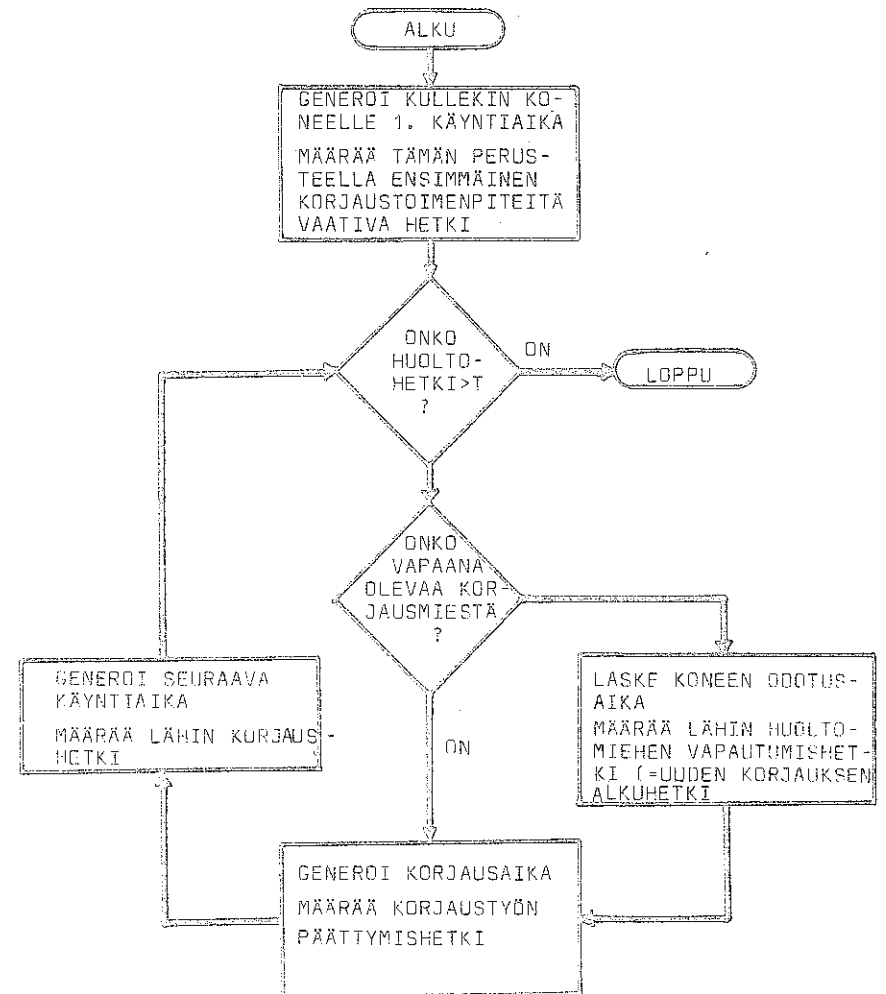
3) Generoidaan edellä muodostettujen jakautumien mukaisesti jakautuneita käynti- ja korjausaikoja.

Tarkastellaan esimerkkinä käyntiaikojen generointia. Koska käyntiajan jakautuma tavallisesti on täysin empiirinen eikä siten useinkaan noudata tarkasti mitään tunnettua jakautumaa, ei käyntiaikoja ole suoraan mistään taulukosta saatavissa. Tämän vuoksi edellä laadittiin ao. kumulatiiviset

jakautumat. Valitaan nyt esim. satunnaislukujen taulukosta väliltä 0...100 oleva satunnaisluku z. Etsitään kuvan 2 osoittamalla tavalla lukua z vastaava käyntiaika t_z. Näin saatavat luvut t_z ovat annetun käyntiajan jakautuman mukaisesti jakautuneita.

4) Suoritetaan varsinainen toiminnan simulointi.

Tämä on lyhyesti esitetty kuvan 3 lohkokaavioesityksessä.



Kuva 3

Ennen simuloinnin alkua on päätettävä, mikä valitaan korjausmiehistön suuruudeksi ja kuinka kauan toimintaa jatketaan. Riittävän tarkkoja tuloksia yleensä saadaan, kun systeemi on ollut toiminnassa muutamia tuhansia tunteja (lokkoviossa toiminta-aika = T). Suorituksen aikana pidetään kirjaa kunkin koneen käynti-, korjaus- ja odotusajoista sekä kunkin huoltomiehen korjaus- ja muuhun työhön käyttämästä ajasta. Tuloksina saadaan tietoja mm. seuraavista seikoista:

- miten paljon kukin kone on ollut toiminnassa ja miten paljon seisonut
- miten paljon seisokista on aiheutunut siitä, että kaikki korjaajat ovat olleet varattuina muiden koneiden korjauksen takia
- miten korjausmiehistön aika on jakautunut korjausten ja muiden töiden osalle
- miten suuren osan ajasta 0, 1, 2 ... konetta on ollut yhtä aikaa rikki jne.

Kun tunnetaan korjausmiesten palkat ja yhdestä seisokitunnista aiheutuvat kustannukset, voidaan palkka- ja seisokkikustannusten yhteissummasta toiminta-aikana laskea. Tämä tai jokin muu toimintaa kuvaava suure (toimintavarmuus, seisokkiaika) voidaan valita toiminnan tulosten hyvyden kriteeriksi. Kun simulointi suoritetaan useaan kertaan, korjausmiehistön kokoa välillä muuttaen, saadaan selville se miehistön kokoonpano, jolla päästään parhaaseen tulokseen.

1. Optimin määräämisperusteista

Kuten jo edellä todettiin, voidaan optimin kriteeri määrittellä useallakin eri tavalla riippuen siitä, mihin suoritettavalla kunnossapitotoiminnalla pyritään. Tavallisimmin kysymykseen tulleita lienevät ainakin seuraavat kolme toiminnan tavoitetta:

1) Minimoidaan kunnossapitotoimintaan liittyvät kustannukset.

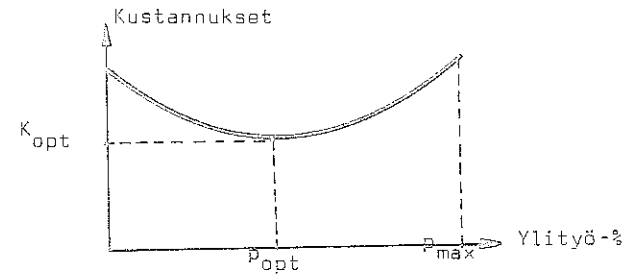
Kustannuksiin tarvitsee tässä yhteydessä lukea vain palkat ja seisokkikustannukset, sillä muut kustannukset ovat mal-

2. Mallin muista käyttömahdollisuuksista

Edellä tarkasteltiin mallin käyttöä korjausmiehistön koon optimoinnissa, kun koneiden lukumäärä sekä käynti- ja korjausaikojen jakautumat olivat tunnetut. Mallia voidaan nyt kuitenkin käyttää, joko sellaisenaan tai siihen joitakin lisätekiäjiä liittämällä, apuvälineenä mm. seuraavanlaisten tekijöiden vaikutuksia tutkittaessa. Esityksen yksinkertaistamiseksi oletetaan tästä lähtien aina, että toiminnan tavoitteena on kustannusten minimointi. Tämä ei tietenkään ole mikään rajoitus, sillä mallin käytön kannalta ei ole olennaista eroa, mikä valitaan optimin kriteeriksi.

2.1 Ylitöiden vaikutus kustannuksiin

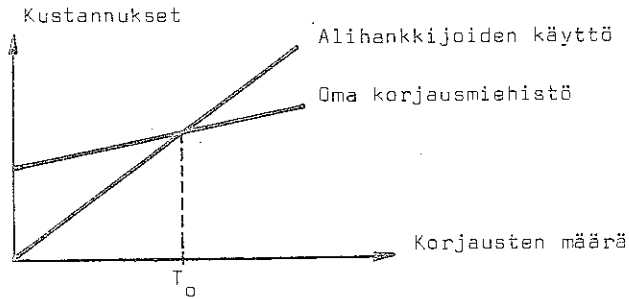
Alkuperäisessä mallissa oletettiin, että kaikki korjaustyöt suoritettiin normaalina työaikana. Nyt on kuitenkin ilmeistä, että useimmissa tapauksissa on edullisempaa käyttää jossain määrin hyväkseen ylitöiden tekoa. Malliin onkin helposti liitettävissä sääntö, jonka mukaan töistä tehdään ylitöinä tietty osuus p %. Edullisin ylityöprosentti on tällöin mallin avulla mahdollista löytää, kun vaihdellaan tätä prosenttilukua nollasta tiettyyn rajaan p_{max} saakka, määrätään kussakin tapauksessa optimaalinen korjauspolitiikka ja tätä vastaavat kustannukset sekä vihdoin etsitään vaihtoehdoista se, joka johtaa edullisimpaan tulokseen. Tilannetta voidaan tarkastella myös kuvion avulla:



Kuva 7

2.2 Alihankkijoiden käyttö

Verrataan oman kunnossapitomiehistön pidosta ja alihankkijoiden käytöstä aiheutuvia kustannuksia toisiinsa. Mikäli oletetaan, että omalla miehistöllä on korjaustöiden väliaikoina tietty kiinteä palkka ja itse korjaustöissä edellistä korkeammat ansiot (urakat, ylityöt jne.), riippuvat korjauskustannukset tehtävästä työmäärästä suurin piirtein kuvan 8 esittämällä tavalla:



Kuva 8

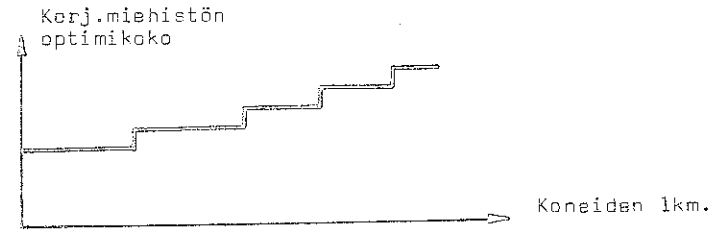
Kuvan esittämässä tapauksessa alihankkijoiden käyttö on edullisempää rajaan T_0 saakka, tästä eteenpäin tulee oman miehistön käyttö edullisemmaksi. Yleisesti tarkasteltuna paras vaihtoehto lienee saavutettavissa em. toimintatapojen sopivana kombinaationa.

2.3 Konetyyppien vertailu

Mallia voidaan myös käyttää apuna vertailtaessa toisiinsa eri konetyyppejä, jotka ovat erilaisia hinnaltaan, tehokkuudeltaan, toimintavarmuudeltaan jne. Mikäli eri koneista tunnetaan nyt niiden käynti- ja korjausaikojen jakautumat, voidaan kullekin konetyypille määrätä kunnossapitokustannukset. Jos vielä tunnetaan koneiden hinnat, tuotantomäärät ym. asiaan vaikuttavat seikat, on mahdollista suorittaa edullisuusvertailuja niiden kesken.

2.4 Koneiden lukumäärän vaikutus

Joskus (esim. laajennusvaiheessa) on hyödyllistä tietää, miten tuotannossa mukana olevien koneiden lukumäärä vaikuttaa tarvittavaan kunnossapitomiehistöön. Tämä kysymys voidaan mallin avulla selvittää etukäteen ja näin suunnitella tarkoituksenmukaiset työhönnotto- ja koulutusohjelmat. Saadaan kuvio:



Kuva 9

2.5 Käyntiajan jakautuman vaikutus

Voidaan tutkia, mikä vaikutus kustannuksiin on sillä, että käyntiaikaa pystytään jollain tavalla pidentämään. Tällaisena toimenpiteenä on ennen kaikkea otettava huomioon ennakkohuolto. Ennakkohuollon kustannuksia verrataan pidentyneestä käyntiajasta johutuviin säästöihin. Tämän perusteella on mahdollista määrittää kunnossapitotyön tarkoituksenmukainen jako ennakkohuollon ja varsinaisen korjaustyön kesken.

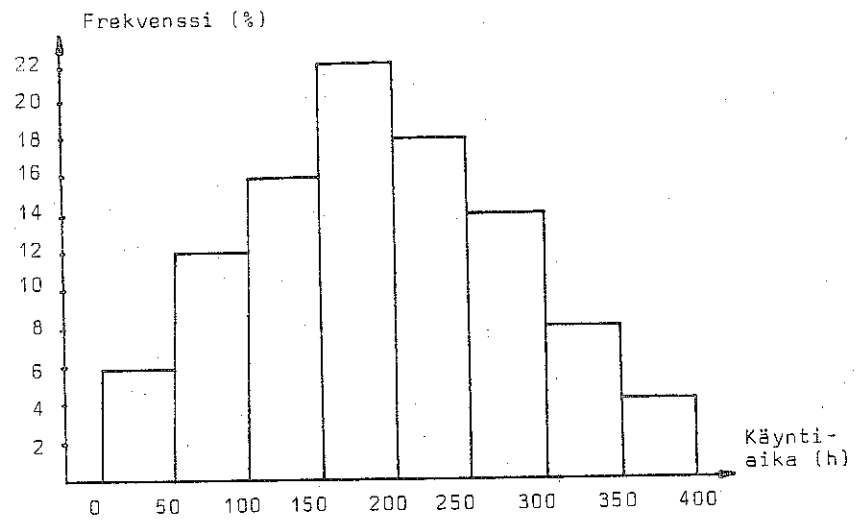
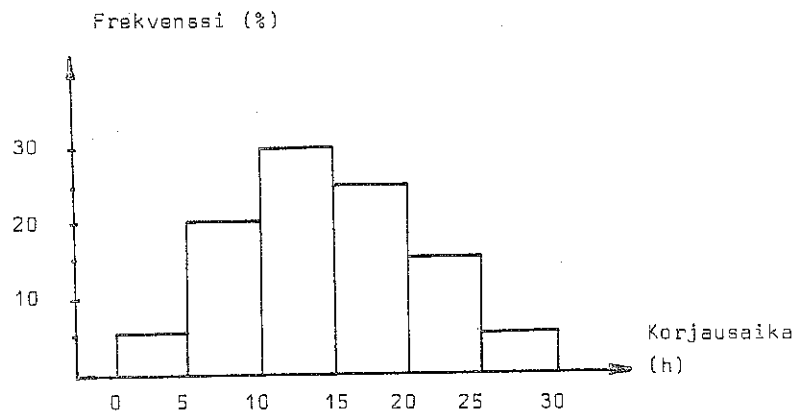
2.6 Korjausaajan jakautuman vaikutus

Vastaavasti kuin edellisessä kohdassa voidaan tutkia, onko mahdollista alentaa kustannuksia kiinnittämällä huomiota korjausaikojen ja samalla seisokkiaikojen lyhentämiseen. Tässä yhteydessä tulevat lähinnä kysymykseen korjaustöiden suunnittelu ja esi-valmistelu.

2.7 Varakoneen käyttö

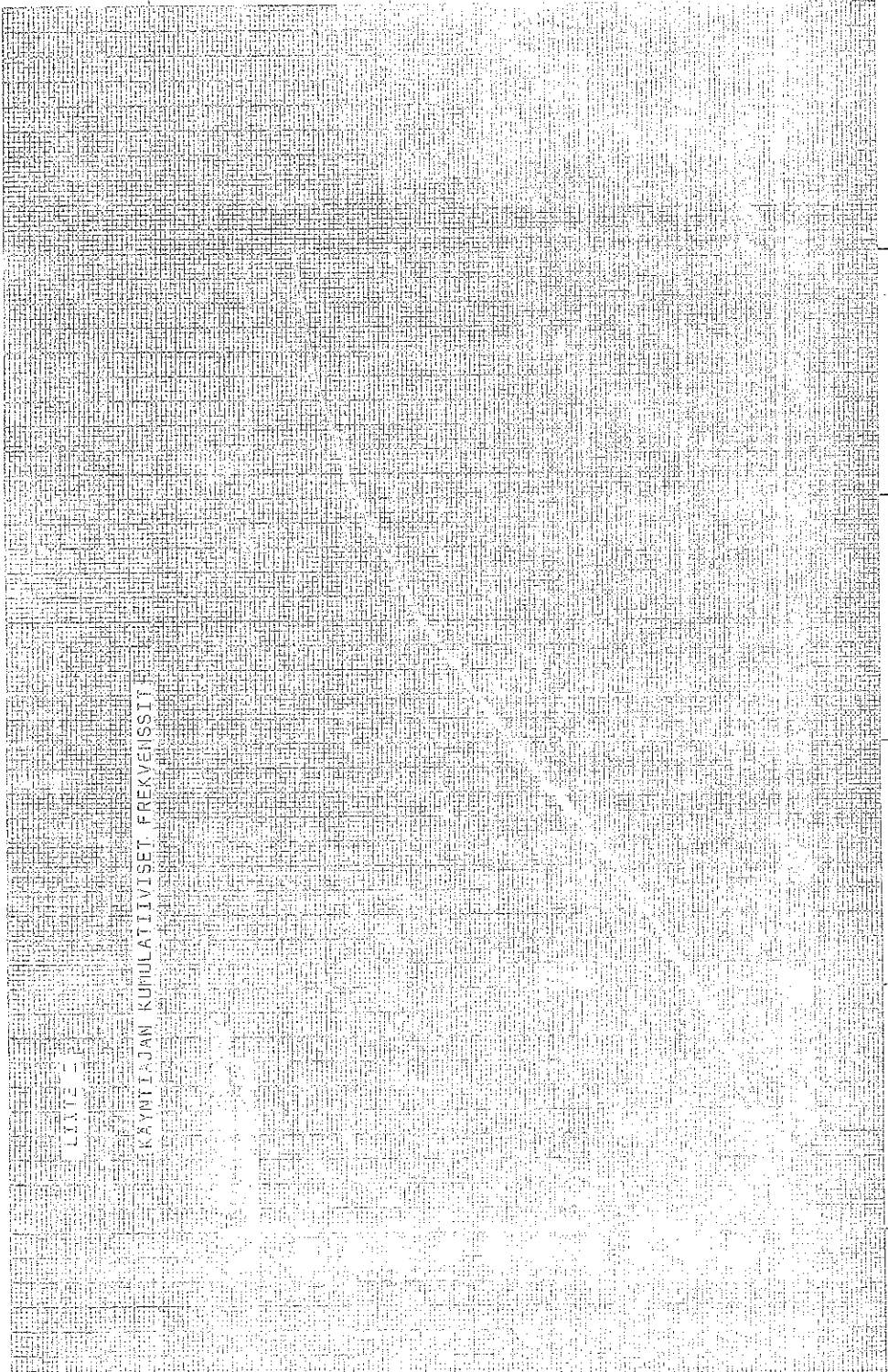
Eräänä tärkeänä tutkimuskohteena on tässä yhteydessä vielä mainittava varakoneen käyttö. Varakoneen olemassaolo aiheuttaa tietysti kustannuksia, mutta vastapainona ovat seisokkien vähe-

nemisestä syntyvät säästöt. Malliin on helppo liittää mukaan yksi tai useampia tällaisia varakoneita. Malli toimii muuten aivan samoin kuin alussa esitettiin, paitsi että nyt ei jokainen konerikko merkitsekään ilman muuta seisokkia, vaan toimintaa on mahdollista jatkaa varakoneen avulla, kunnes korjaus on suoritettu. Vertailu ilman varakonetta ja yhden tai useamman varakoneen kanssa suoritettun simuloinnin tulosten välillä antaa hyviä viitteitä tällaisen mahdollisuuden hyväksikäytön suhteen.

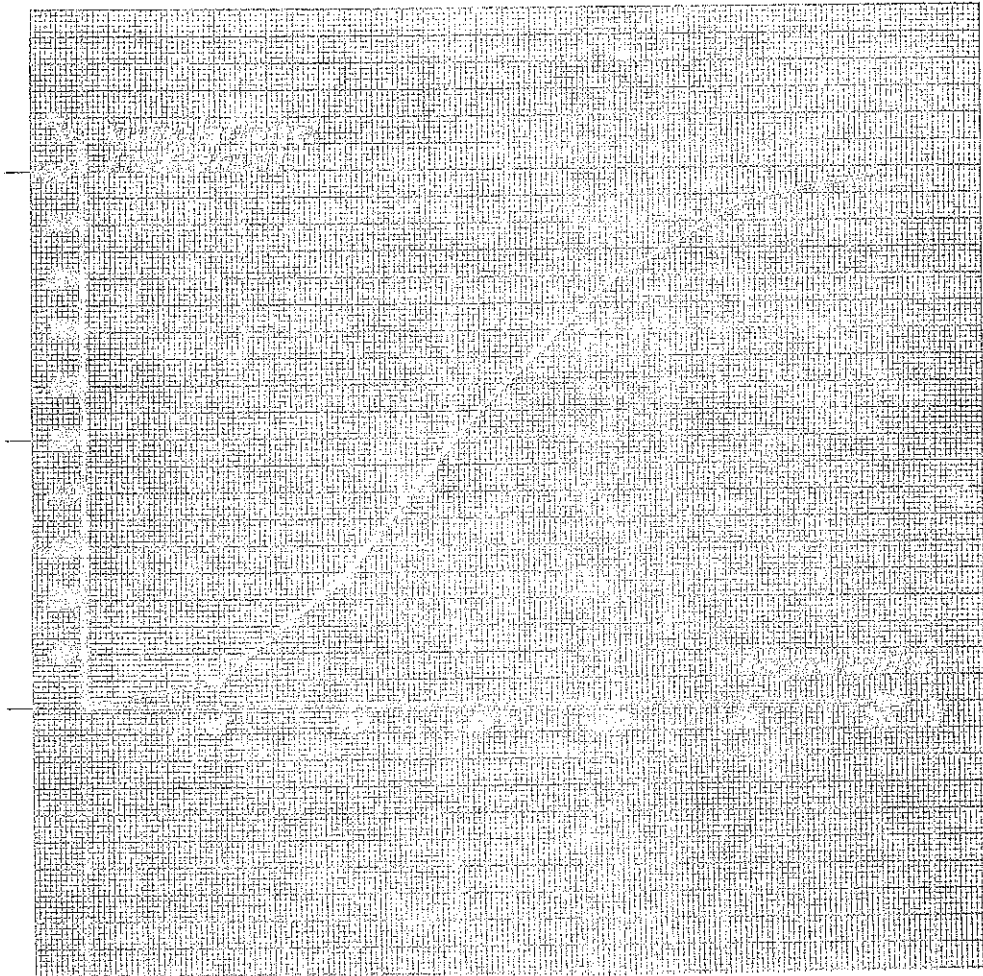
Koneiden käyntiajan jakautumaKoneiden korjausaajan jakautuma

LIITE 1

KÄYTTÄJÄN KUMULATIIVISET FREKVENSSIT



KORJAUSAJAN KUMULATIIVISET FREKVENSSIT



Satunnaislukujen taulu (yht. 600 numeroa)

I	II	III	IV	V
02946	96520	81881	56247	17625
85967	62000	87957	07258	45054
26734	68426	52057	23123	73700
47829	32353	95941	72169	58374
76603	99339	40571	41186	04981
47526	26522	11045	83565	45639
70100	85732	19741	92951	98832
86819	50200	50889	06493	66638
41614	30074	23403	03656	77580
17930	26194	53836	53692	67125
24649	31845	25736	75231	83808
79899	34061	54308	59358	56462
76801	49594	61002	30397	52728
62567	08480	61873	63162	44873
49723	15275	09399	11211	67352
42658	70183	89417	57676	35370
65080	35569	79392	14937	06081
02906	38119	72407	71427	58478
75153	86376	63852	60557	21211
14192	49525	78844	13664	98964
32059	11548	86264	74406	81496
81716	80301	96704	57214	71361
43315	50483	02950	09611	36341
27510	10769	09921	46721	54130

