

17029

08

TIE

RAKENNUS

Kirjasto

X

RAKENNUSKONEIDEN TALOUDELLISIN PITOAIKA



Tie- ja vesirakennushallitus  
Sotilastoimisto

7.2.1969...10.5.1969

Upseerikokelas

*Juhani Keppo*  
Juhani Keppo

RAKENNUSKONEIDEN TALOUDELLISIN PITOAIKA

- 1 Kustannusten muodostuminen
  - 11 Poistopääoma ja korko (pääomakustannukset)
    - 111 Poistomenetelmät
    - 112 Korko
  - 12 Käyttöiästä riippumattomat kustannukset
    - 121 Työyksikköperusteiset kustannukset
      - 1211 Poltto- ja voiteluainekustannukset
      - 1212 Muut
    - 122 Aikaperusteiset kustannukset
      - 1221 Hallintokustannukset
      - 1222 Siirtokustannukset
      - 1223 Palkkakustannukset
  - 13 Käyttöiästä riippuvat kustannukset
    - 131 Korjausten ja ennakkohuollon kustannukset
  - 14 Kustannustekijät yhteensä
  - 15 Muut koneen käyttötalouteen vaikuttavat tekijät
- 2 Taloudellisin pitoaika
  - 21 Matemaattinen malli
  - 22 Graafiset menetelmät
  - 23 Koneen vaihtaminen uuteen
  - 24 Rakentajajoukkojen koneiden taloudellisimmat pitoajat

Liitteet

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUKSEN KIRJASTO

17029

## 1 KUSTANNUSTEN MUODOSTUMINEN

Kun pyritään arvioimaan koneen käyttötaloutta, on selvitettävä siitä aiheutuvat kustannukset. Jotta koneen pito olisi taloudellista ja tarkoituksenmukaista, olisi jo käyttöön otettaessa oltava jonkinlainen kuva siitä, miten kustannukset tulevat muodostumaan. Todelliset käyttökustannukset saadaan luonnollisesti vasta kun kone on ollut käytössä. Alussa ne joudutaan arvioimaan. Tästä johtuukin kustannuslaskennassa esiintyvä eri menetelmien tavaton kirjavuus. Kustannukset jaetaan eri teorioiden mukaan erilaisiin osiin, joiden tulevia kehityssuuntia sitten erilaisin perustein pyritään ennustamaan.

Jonkinlaista todellisuus pohjaa asialle saadaan, kun laskelmat kytketään kokemusperäisiin tietoihin. Tässä törmätään uuteen häittatekijään: Kokemusperäisiä tilastoja ei asiasta juurikaan ole saatavissa. Lisäksi kustannuksiin on vaikuttamassa sellaisia tekijöitä, joita ei voida suoraan muuttaa kustannukseksi. Näitä ovat esim. työtapa (kuljettajan osuus), työmenetelmien kehittyminen, teknillinen vanheneminen ("vanhanaikaistuminen"), suorituskyvyn aleneminen ja käyttövalmiuden pieneneminen, työn vaikeus (esim. kaivaminen jatkuvasti kivikkoisessa maaperässä).

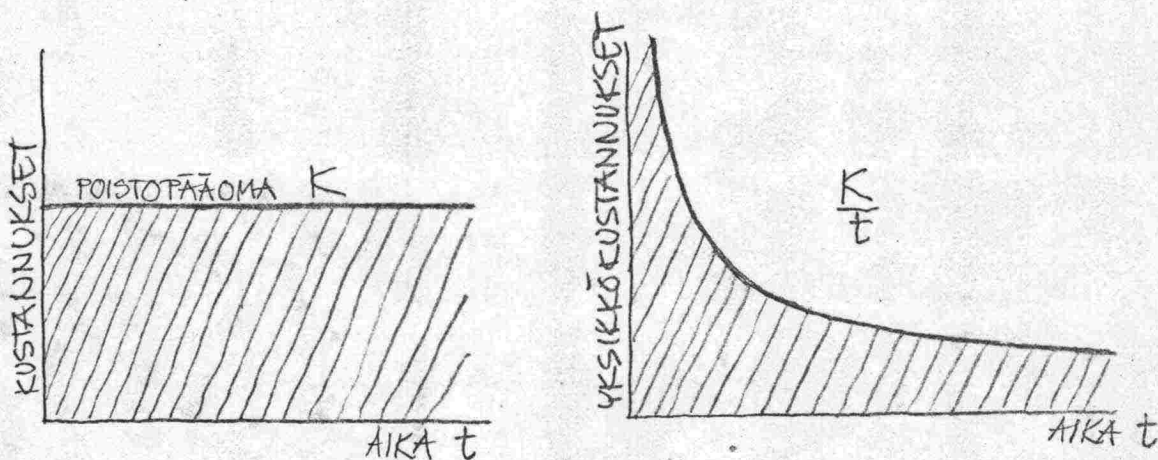
Kun kustannuksia aletaan jakaa tarkkailua ja laskentaa varten, tarkoituksenmukaisin lienee tapa, joka soveltuu parhaiten käyttöön. Voidaan tarkkailla sekä kokonaiskustannusten (summakustannusten) muodostumista että yksikkökohtaisia (esim. työtunti) kustannuksia. Useasti viime mainitut antavat havainnollisemman kuvan kehittymisestä.

Kustannukset voidaan jakaa kiinteisiin ja muuttuviin, pitkä- ja lyhytvaikutteisiin, välittömiin ja välillisiin jne. Seuraavassa on otettu kuitenkin erilainen lähtökohta. Kustannustekijät voidaan ryhmitellä kolmeen ryhmään, jolloin kunkin ryhmän tekijät käyttäytyvät aikaan nähden samalla tavalla (Laine).

### I-kustannusryhmä 1. poistopääoma

Käyttöönottohetki jakaa kustannukset kahteen osaan: hankintahintaan ja käyttökustannuksiin. Hankintahinta sellaisenaan ei

vielä muodosta poistopääomaa, sillä siinä on mukana esim. koneen jäännösarvo. Poistopääoman primäärisenä tunnuksena on, että se on kertamaksu, joka tulee koko pitoajan hyväksi. Siis jokainen pitoajan kuluessa suoritettu työyksikkö hyötyy poistopääomasta ja joutuu poistojen välityksellä osallistumaan tämän menoerän kattamiseen. Tälle pääomalle on myös saatava kohtuullinen korko.



II-kustannusryhmä 1. käyttöiästä riippumattomat kustannukset  
Nämä voidaan jakaa kahteen alaryhmään: työyksikköperusteisiin ja aikaperusteisiin kustannuksiin.

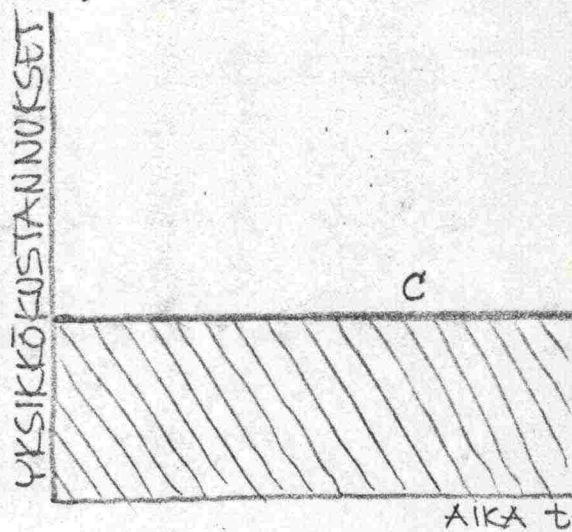
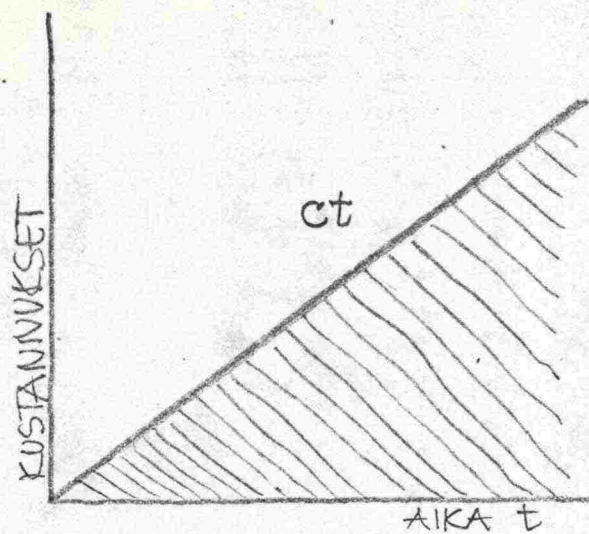
- Työyksikköperusteiset kustannukset

Näitä ovat mm. poltto- ja voiteluaineet, rasvaushuolto, renkaat, pesut, akun uusiminen. Nämä ovat kustannuksia, joiden hinta työyksikköä kohden pysyy vakiona kautta pitoajan, jos käyttöolosuhteet pysyvät suunnilleen samoina.

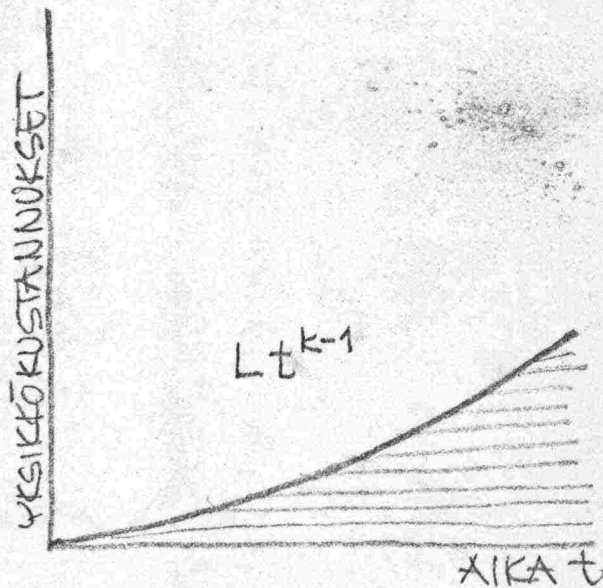
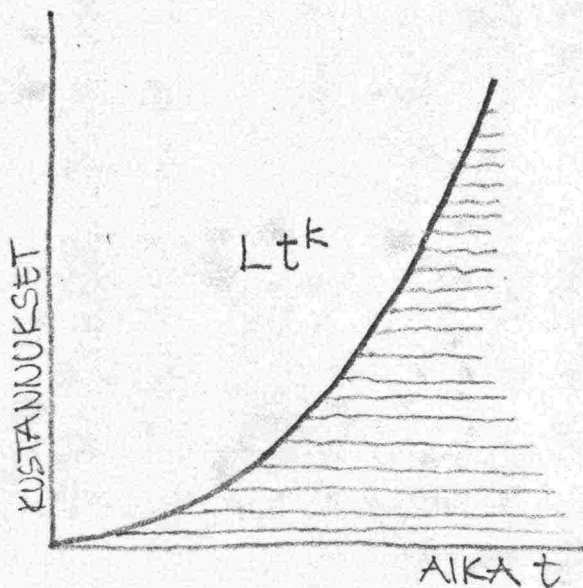
- Aikaperusteiset kustannukset

Näitä voitaisiin kutsua käyttövalmiuskustannuksiksi. Näihin sisältyvät verot, vakuutukset, vuokrat, yleiskustannukset yms. Näiden vuotuinen summa on yleensä vakio ja kustannusten yksikköhinta saadaan jakamalla vuosikustannukset vuotuisella työyksikkömäärällä.

II-kustannusryhmän yksikkökustannukset eivät ole riippuvaisia koneen käyttöiästä, sillä niiden summa kasvaa suoraviivaisesti ajan mukana.



III-kustannusryhmä 1. käyttöiästä riippuvat kustannukset  
Tämän ryhmän muodostavat koneen korjaukset ja ennakkohuolto. Ennakkohuollolla tässä tarkoitetaan määräajoin suoritettavaa tarkastusta, jonka yhteydessä vaihdetaan vioittuneita ja kuluneita osia, kiristetään löystyneitä kohtia sekä tehdään tarpeelliset uudet säädöt. Tämä on siis ennaltaehkäisevää toimintaa, jonka tarkoituksena on välttää vaurioiden syntyminen ja niistä aiheutuvat suuremmat korjaukset. Tämä on erotettava rasvaushuollosta, joka liittyy jokapäiväiseen käyttöön kuten polttoaine.

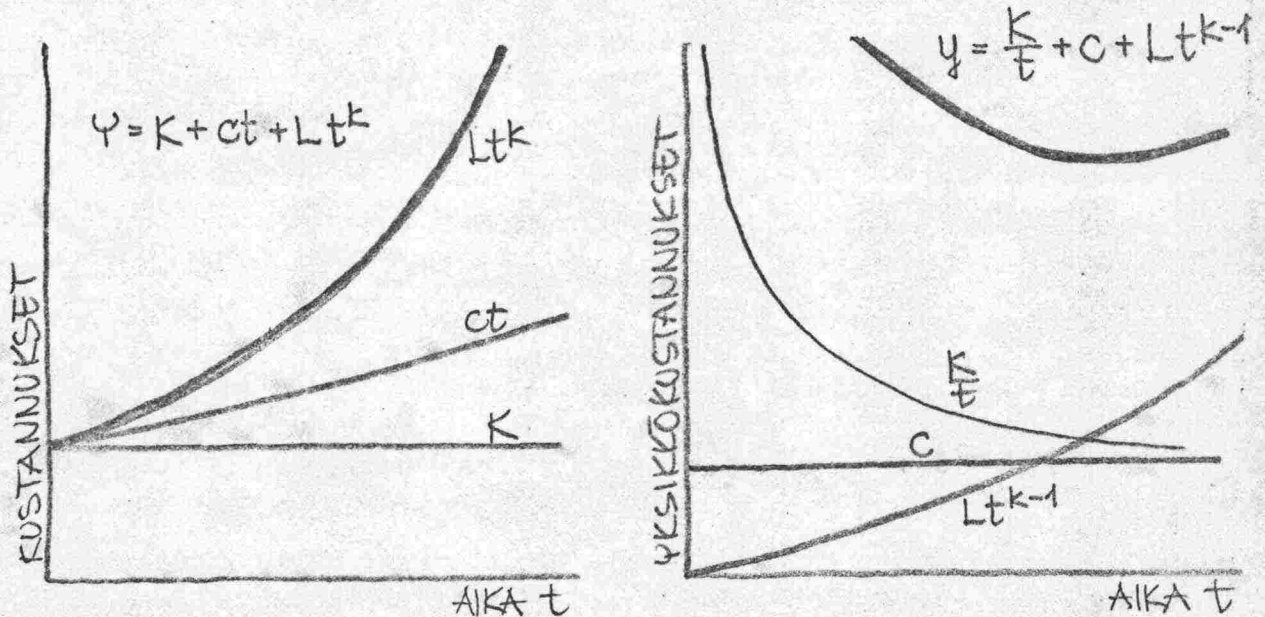


Koneen pitokustannusten summalle saadaan kuvissa olevia merkintöjä käyttäen lauseke

$$Y = K + ct + Lt^k$$

Yksikkökustannukset ovat vastaavasti

$$y = \frac{K}{t} + c + Lt^{k-1}$$



Kun kustannukset ryhmitellään em. tavalla, saadaan niiden kuvaajaksi yksinkertaiselta vaikuttava matemaattinen lauseke. Sen muodostavat vakiotermi (K), ensimmäisen asteen termi (ct) ja korkeampaa kuin ensimmäistä astetta oleva termi ( $Lt^k$ ). Näin muodostettuna lauseke on yksinkertaisin mahdollinen kustannuksien kuvaaja. Kolmas termi on matemaattisesti katsoen positiivinen, origon kautta kulkeva, nouseva potenssifunktio. Siten on oltava  $L > 0$  ja  $k > 1$ . Tämä ainut rajoitus ei käytännössä aiheuta mitään virhettä.

Mainittu Y-funktio on matemaattinen malli ja siten siis "tutkitun ilmiön yksinkertaistettu kuva ja samalla väline, jonka avulla matemaattinen päättelykoneisto kytketään kyseiseen tutkimustehtävään" (Elfing).

Ongelman seuraava vaihe on kaavassa esiintyvien kertoimien K, c, L, k määrittäminen. Ne on saatava esiin tilastoista. K on vakio, joka on aina lähes suoraan saatavissa. c-kerroin muodostuu suoraan kirjanpidosta saatavista, usein siellä suoraan siintyvis-

tä kustannuseristä. L- ja k-kertoimien selville saamiseksi tarvitaan jo enemmän laskentaa.

Kustannusyhtälön parametreja lienee syytä tutkia lähemmin.

## 11 POISTOPÄÄOMA JA KORKO (PÄÄOMAKUSTANNUKSET)

Ensimmäisen kustannusryhmän muodostaa vakio K, joka sisältää siis poistopääoman ja sen koron. Näitä nimitetään usein myös pääomakustannuksiksi.

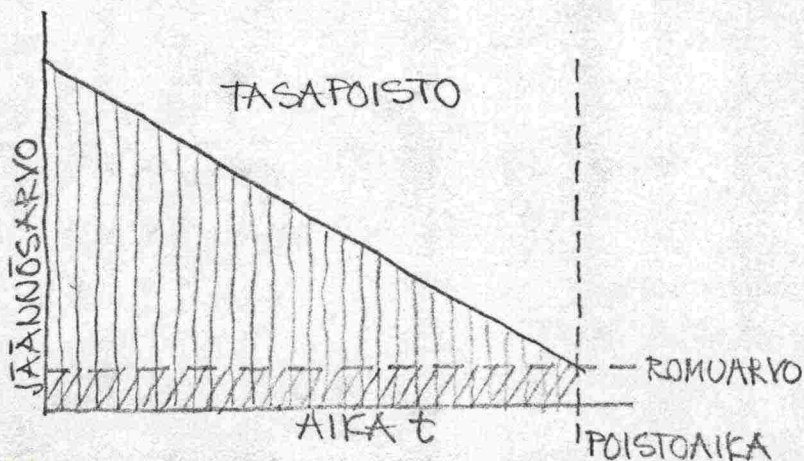
Poistopääoma on kertamaksu, joka tulee koko pitoajan hyväksi. Poistot ovat siis hankintakustannusten (poistopääoman) jaksottamista tietyn menetelmän mukaan laskentakausille esim. tilinpitovuodelle tai työtunnille. Tiettyinä aikana (poistoaikana) kone maksaa itsensä.

### 111 POISTOMENETELMÄT

Tavallisimmin käytössä olevat menetelmät ovat tasapoisto ja aleneva poisto.

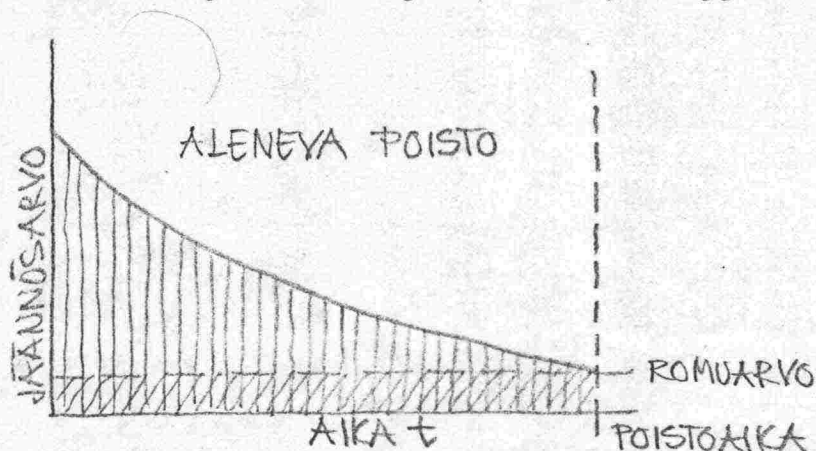
Poistoon vaikuttaa ratkaisevasti muiden kustannuserien, erikoisesti korjauskustannusten kehittyminen. On nimittäin niin, että korjauskustannusten ja poistojen hetkellisten arvojen summa on vakio (Salmensaari, Honko, Laine). Poistomenetelmä olisi valittava aina siis korjauskustannusten mukaan, jotta se täyttäisi poistoille asetetut vaatimukset.

Tasapoisto on hankintahinnan jakamista laskentakausille yhtä suurina summoina. Tämä edellyttää korjauskustannusten suoraviivaista kehittymistä, mikäli edellä olevasta pidetään kiinni. Kokemusten mukaan näin ei ole. Käytännössä rakennuskoneiden taloudellinen elinikä muodostuu kuitenkin niin lyhyeksi, että tapahtuvalla virheellä ei ole sanottavaa merkitystä.





Aleneva poisto tarkoittaa, että aluksi pääomasta poistetaan paljon ja ajan mittaan poistomäärä pienenee. Se, miten paljon missäkin tapauksessa poistetaan, riippuu korjauskustannuksista.



Alenevan poiston yleisin muoto lienee kirjaa-arvo-poisto, jossa vuotuinen poistomäärä on prosentuaalisesti vakio poistamattomasta pääomasta. Kone ei tämän mukaan tule koskaan poistetuksi, ellei suoriteta ylimääräistä poistoa tai katsota jäännöksen vastaavan koneen romuarvoa.

Jos korjauskustannusten katsotaan nousevan lineaarisesti so. tasavälein, oikea poistomenetelmäkin olisi silloin tasavälein aleneva poisto, jota kutsutaan myös laskentatavan mukaan numerosummapoistoksi. Menetelmä on seuraava: Poistoaika esim. 4 vuotta. Vuosien numerosumma  $1+2+3+4=10$ . Ensimmäisenä vuotena poistetaan  $4/10 \times K$ , toisena  $3/10 \times K$ , kolmantena  $2/10 \times K$  ja neljäntenä  $1/10 \times K$ . Jos siis poistoaika on  $N$ , vuosien numerosumma on

$$\sum_{1}^{N} n;$$

ensimmäisen vuoden poisto on

$$\frac{N}{\sum_{1}^{N} n} \times K \quad \text{ja } n. \text{ vuoden } \frac{N+1-n}{\sum_{1}^{N} n} \times K$$

Alenevan poiston menetelmää on kehitetty useita. Nämä eivät ole kuitenkaan rakennuskoneiden kustannuslaskennassa saaneet Suomessa sanottavammin kannatusta. Suurimpana syynä tähän lienee

tulo- ja omaisuusverolakimme, jonka mukaan koneet poistetaan yleensä tasapoistolla.

Poistomenetelmien yhteydessä esiintyy tuntemattomana tekijänä poistoaika. Periaatteessa poistoaika määriytyy taloudellisen eliniän tai loppuunkulumisen perusteella. Nykyaikainen korjaustoiminta pystyy pitämään koneen teknillisesti käyttökuntoisena melkein miten pitkään tahansa, mutta jossain vaiheessa korjauskustannusten jatkuva kasvu tekee koneen käytön epätaloudelliseksi. Siten taloudellinen elinikä muodostuu koneen poistoajan kannalta ratkaisevaksi.

### 112 KORKO

Koneen hankintahinta on yrittäjälle investointi, josta hänen on saatava kohtuullinen korko.

Jos kone on hankittu omalla pääomalla, lasketaan sille korkoa 6 % mukaan. Jos pääoma taas on kokonaan lainaa, on korkoprosentti  $8 \frac{1}{4}$ . Keskimäärin voidaan sanoa, että pääomasta  $\frac{1}{3}$  on omaa ja  $\frac{2}{3}$  lainaa. Tällöin korkoprosentiksi tulisi 7,5 % (Tvh).

Korko lasketaan aina keskimääräiselle pääomasijoitukselle, joka on

$$K_k = \frac{t + 1}{2t} (K - R) + R$$

t = poistoaika

R = romuarvo (yleensä 5 % K:sta)

Tavallisimmille poistoajoille laskettuna keskimääräinen pääomasijoitus on seuraavan taulukon mukainen (keskimääräinen pääomasijoitus prosentteina poistopääomasta):

Poistoaika (v)	Keskimäär. pääomasij. (%)
3	66,7
4	62,5
5	60,0
6	58,3
7	57,1
8	56,3
9	55,5
10	55,0
12	54,1
15	53,3
20	52,5

Keskimääräinen pääomasijoitus on siis jatkuvasti yli 50 %.

Käyttämällä tasapoistoa ja laskemalla korko em. perustein saadaan vuotuisia pääomakustannuksia kuvaamaan käyrä, jossa ordinaattana on vuotuinen pääomakustannus hankintahinnan funkti-<sup>n</sup>ona ja abskissana käyttöikä (poistoaika). Pääomakustannuksia kuvaava käyrä on ensimmäisen asteen hyperbeli (liitekuva 1).

## 12 KÄYTTÖIÄSTÄ RIIPPUMATTOMAT KUSTANNUKSET

Käyttöiästä riippumattomat kustannukset ovat laskentayksikköä (vuotta) kohden vakiosuuruiset. Summakustannusta esittävä graafinen esitys on nouseva suora. Suoran kulmakerroin on jäljempänä käsiteltyjen kustannustekijöiden aiheuttamien yksikkökustannusten summa. Jos näitä osayksikkökustannuksia merkitään  $c_i$ , on summa siis  $c = \sum c_i$ .

## 121 TYÖYKSIKKÖPERUSTEISET KUSTANNUKSET

Oleellista on, että näiden kustannusten hinta työyksikköä kohden pysyvät vakiona kautta pitoajan, kunhan olosuhteet pysyvät suunnilleen samoina.

## 1211 POLTTO- JA VOITELUAINEKUSTANNUKSET

Polttoaineen kulutus kytkeytyy suoraan moottoritehoon. Useimmat koneet ovat dieselmootoreilla varustettuja. Sen ominaiskulutus on 0,22 l/hvh.

Kone ei suinkaan käy jatkuvasti täydellä teholla, joten polttoaineen kulutusta määritettäessä ei käytetä nimellistehoa vaan keskimääräistä tehoa, joka saadaan kertomalla nimellisteho tehokertoimella.

Näin saadaan polttoainekustannuksien lausekkeeksi

$$c_i = A \cdot H_v \cdot a \cdot b \cdot 0,22 \text{ mk/v}$$

jossa A = tehokerroin

Hv = moottorin teho (hv)

a = dieselöljyn hinta (mk/l)

k = vuotuinen työtuntimäärä (h/v)

Dieselöljyn hinta on 0,14 mk/l, joten lauseke saa muodon

$$c_1' = 0,0308 \times A \times b \times Hv \text{ mk/v}$$

Voiteluainekustannukset katsotaan yleisen käytännön mukaisesti 15 %:ksi polttoainekustannuksista

$$\begin{aligned} c_1'' &= 0,15 \times 0,0308 \times A \times b \times Hv \text{ mk/v} \\ &= 0,00462 \times A \times b \times Hv \text{ mk/v} \end{aligned}$$

Tästä saadaan poltto- ja voiteluainekustannukset

$$\underline{\underline{c_1 = c_1' + c_1'' = 0,03542 \times A \times b \times Hv \text{ mk/v}}}$$

#### 1212 MUUT TYÖYKSIKKÖPERUSTEISET KUSTANNUKSET

Muita työyksikköperusteisia kustannuksia ovat mm. rasvaushuolto, renkaat, pesut, akun uusiminen. Rasvaushuolto voitaneen katsoa edelliseen kohtaan sisältyväksi (poltto- ja voiteluaineet). Joka tapauksessa sen osuus on niin vähäinen, että varsinaista virhettä ei synny.

Sen sijaan pyöräkoneilla rengaskustannukset ovat jo varsin huomioonotettava tekijä. Kun pyöräkoneiden pääomakustannuksia lasketaan, on hankintahinnasta vähennettävä rengaskerran hinta. Yleensä katsotaan, että renkaiden ikä on 5 000 tuntia kuitenkin siten, että 3 000 käyttötunnin jälkeen ne on pinnoitettava. Pinnoituskustannus on noin 40 % uuden renkaan hinnasta. Siten rengaskustannukset ovat

$$\frac{R}{5000} + \frac{0,4R}{5000} = 0,00028 \times R \text{ mk/h}$$

kun R = rengaskerran hinta.

Muut tähän kustannusryhmään kuuluvat tekijät ovat kovin pieniä ja vaikeasti arvioitavia. Ne voidaan ilman suuria virheitä jättää tässä yhteydessä huomiotta.

#### 122 AIKAPERUSTEISET KUSTANNUKSET

Aikaperusteiset kustannukset ovat ns. käyttövalmiuskustannuksia. Ne muuttuvat ajan mukana ja ovat olemassa, vaikka kone ei tekisi tuntiakaan työtä. Toisaalta ne on maksettava, jotta konetta voidaan käyttää. Näiden kustannusten vuotuinen summa on yleensä

vakio. Kustannusten yksikköhinta saadaan jakamalla vuosikustannukset vuotuisella työyksikkömäärällä. Nämä kustannukset eivät ole riippuvaisia koneen käyttöiästä, joten ne on luettava II-kustannusryhmään. Tallivuokra ja vakuutusmaksuthan ovat samat olipa kone aivan uusi tai ikäloppu.

#### 1221 HALLINTOKUSTANNUKSET

Jotta näitä kustannuksia voitaisiin arvioida yhtä konetta kohti, on perustaksi otettava tietyn suuruinen konetta käyttävä yritys. Tvh on käyttänyt kolmen koneen (hankintahinta 193 000 mk/kpl) yritystä. Vuotuiset hallintokustannukset jaetaan tasan näille kolmelle koneelle. Näin saadaan hallintokustannusten osuus keskimääräisestä pääomasta. Näin saatua %-määrää käytetään sitten kaikkien koneiden hallintokustannusten laskemisessa.

Hallintokustannuksiin lasketaan seuraavat kustannustekijät:

- Vakuutukset
- Konttorihuoneiston vuokra
- Puhelin-, posti-, ilmoitus- ja edustuskustannukset
- Kirjanpito, konttorihenkilökunnan palkat, työnjohtamis- palkkio ja auton käyttö
- Verot

#### Vakuutukset

Laskelmissa otetaan huomioon seuraavat yleisesti käytössä olevat vakuutukset:

- moottorityökoneiden vakuutus (CO)  
500 mk:n omavastuulla
- palovakuutus (C)
- vastuuvakuutus

#### Konttorihuoneiston vuokra

Arvioitu konttorihuoneiston vuokra on 100 mk/kk eli 1200 mk/v.

#### Puhelin-, posti-, ilmoitus- ja edustuskustannukset

Arvioitu vuotuinen kustannus 2000 mk/v.

#### Kirjanpito, konttorihenkilökunnan palkat, työnjohtamispalkkio ja auton käyttö

Voidaan arvioida, että yksi päätoiminen rakennusmestari selviää tämän ryhmän tehtävistä. Kustannuksia muodostuu siten seuraavasti

- vastaava rkm (Tvl, palkkaluokka A 20) + sos.kust. 24,58 %	14 700 mk/v
- päivärahat + auton käyttö	<u>6 700 mk/v</u>
	21 400 mk/v

### Verot

Maarakennusliikkeiden verotus noudattelee muiden rakennusliikkeiden verotusperusteita ja verotettavaa tuloa voidaan arvioida olevan keskimäärin noin 3 % liikevaihdosta. Tästä tulosta arvioidaan verotuksen olevan keskimäärin 55 %.

### Hallintokustannukset yleensä

Edellä lueteltujen perusteella muodostuvat hallintokustannukset yhdelle koneelle seuraavasti:

- Vakuutukset		
työkoneiden vakuutus	1428 mk/v	
palovakuutus	698 "	
vastuuvakuutus	<u>200 "</u>	
		~ 2 300 mk/v
- Konttorihuoneiston vuokra/:3	400 "	
- Puhelin-, posti-, ilmoitus- ja edustus- kustannukset/:3	667 "	
- Kirjanpito, konttorihenkilökunnan palkat ym/:3	7 147 "	
- Vuotuinen verotus:3 % koneen tunti- hinnasta 2,38 mk/h 1875 h x 2,38 mk/h x 0,55	<u>2 455 "</u>	
		~ 13 000 mk/v

Hallintokustannukset lasketaan prosentteina keskimääräisestä pääomasta.

Hankintahinta 193 000 mk

Poistoaika 4 v

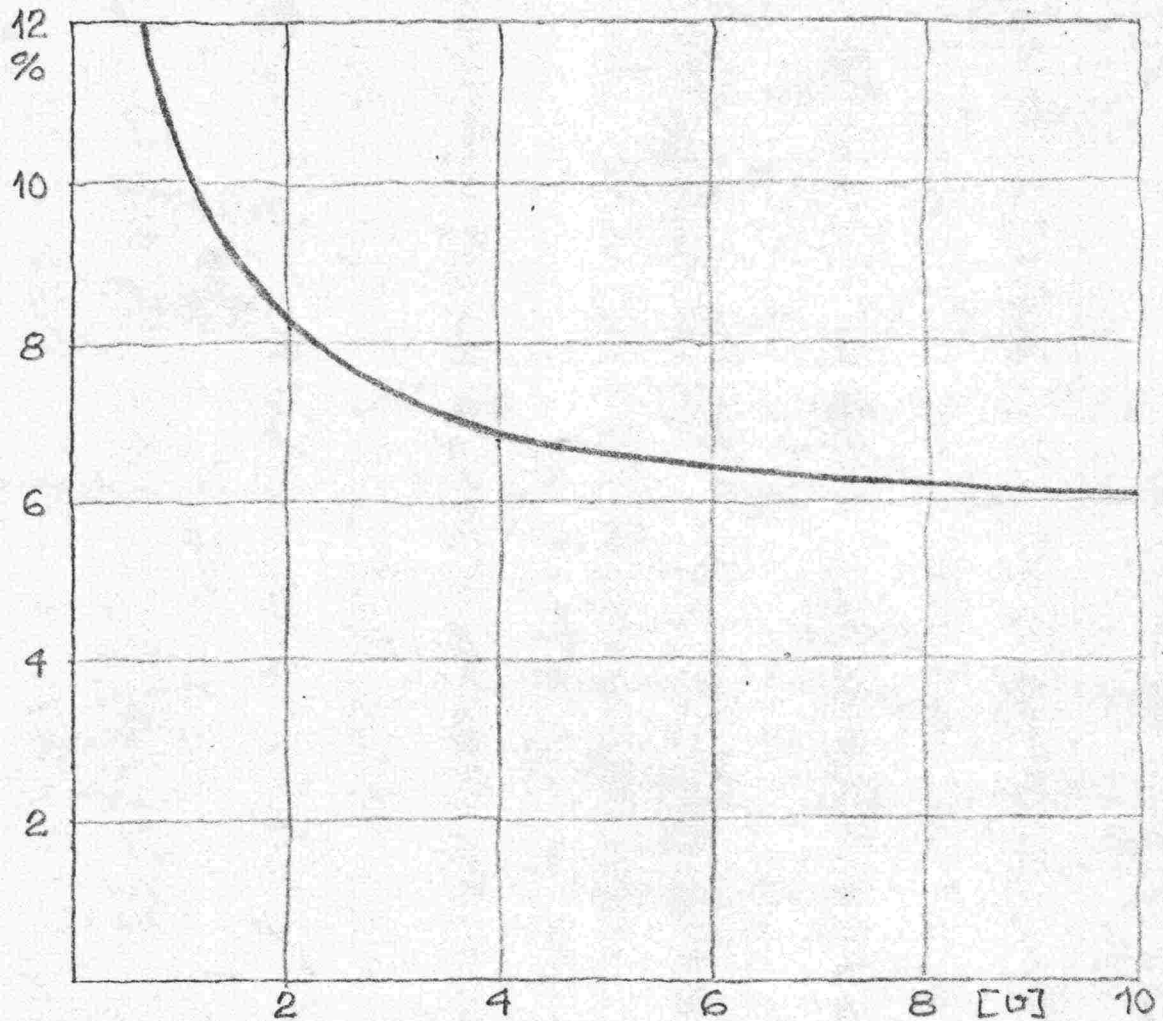
Keskimääräinen pääoma

$$0,625 (H - 0,05 H) + 0,05 H = 0,6438 \times H \\ = 124 253 \text{ mk}$$

Hallintokustannukset

$$\frac{100 \cdot 13 000}{124253} \% \approx \underline{\underline{11 \%}}$$

Vuotuiset hallintokustannukset prosentteina hankintahinnasta  
pitoajan funktiona



Koska hallintokustannukset ovat riippuvaiset keskimääräisistä pääomakustannuksista ja nämä taas poistoajasta, on etukäteen vaikeaa tällä tavalla määrittää koneen osalle tulevia hallintokustannuksia. Koska yleisimmät poistoajat kuitenkin kokemusten mukaan ovat 4...10 v, voitaneen em. laskennan arviointiin perustuvuuden huomioonottaen, keskimääräisiksi vuotuisiksi hallintokustannuksiksi ottaa 6,5 % hankintahinnasta.

#### 1222 KONEEN SIIRTOKUSTANNUKSET

Koneen siirtokustannukset tarkoittavat tässä siirtoja työmaalta

toiselle yms. Nämä ovat kustannuksia, jotka eivät kuulu millekään työkohteelle, vaan ovat luonteeltaan yleiskustannuksia. Oikeammin ilmeisesti olisi, että tämä kustannuserä käsiteltäisiin esim. työyksikköperusteisiin kuuluvana, koska jos kone ei tee työtä ei myöskään ole siirtoja. Koska kuitenkin työkohteiden koko (työtuntien määrä) vaihtelee huomattavasti ja yleisesti vuotuisten siirtokustannusten on todettu pysyvän suurin piirtein vakiona, on selvintä käsitellä siirtokustannukset tässä yhteydessä.

Siirtotavan perusteella koneet voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- alle 10 t telakoneet, pyöräalustaiset kaivukoneet ja jyrät sekä siirrettävät kompressorit voidaan siirtää kuorma-autolla.
- yli 10 t telakoneet, pyöräalustaiset kaivukoneet ja jyrät siirretään erityisellä kuljetusalustalla.
- pyöräkoneet (paitsi kaivukoneet) siirretään ajamalla.

Siirtomatkaa arvioidaan 4 siirtoa vuodessa matkan pituuden ollessa 100 km eli 400 km/v.

- Siirrettäessä kone kuorma-autolla otetaan huomioon myös auton paluumatka: 800 km/v.
- Kuljetusalustan käyttö: 400 km/v kuormattuna. Lisäksi alusta joutuu ajamaan tyhjänä 1,5 x 400 km = 600 km/v.

Siirtokustannuksista saadaan koneen painon mukaan jaoteltuna seuraava taulukko:

Koneen paino (t)	Siirtomatka (km)	Kuormattuna	
		ä	kust.
alle 10	400	0,87	348
10 - 13	400	3,00	1200
13 - 40	400	4,00	1600
yli 40	400	8,00	3200
	Siirtomatka (km)	Kuormaamatta	
		ä	kust.
	400	0,87	348
	600	1,00	600
	600	1,00	600
	600	1,50	900
	Kuormaus (mk)	Yritt.voitto (mk)	Kust.yht. (mk/v)
	-	70	770
	20	182	2000
	20	222	2450
	40	414	4550



## 1223 PALKKAKUSTANNUKSET

Palkkakustannuksia laskettaessa on yleensä lähdettävä siitä, että koneella on vakinainen kuljettaja, jolle maksetaan perustuntipalkka, vaikka kone ei tekisikään työtä. Kuitenkin muutamille koneille, kuten kompressoreille, jyrille ja täryjyrille, palkkakustannukset lasketaan koneen työtuntien perusteella.

Uusien työehtosopimusten (1968) perusteella vuotuinen työaika on 2140 h.

Seuraavassa esitetyt palkkakustannukset on laskettu em. työehtosopimusten mukaisia palkkoja noudattaen. Palkoissa otetaan huomioon koneen suuruus ja sen käytön vaativuus.

### Vähemmän vaativa ammattityö

(Koneet alle 10 t)

Peruspalkka (å 3,18 mk/h)	6 800 mk/v
hyvänmiehenlisä (0,32 mk/h)	700 "
	<hr/>
	7 500 mk/v
sosiaalikulust. 24,58 %	1 800 "
	<hr/>
	9 300 mk/v
yrittäjävoitto 10 %	900 "
	<hr/>
Palkka vuodessa	10 200 mk/v
päiväraha	
arvio 150 pv å 10,50	
+ yritt.voitto 10 %	1 800 "
	<hr/>
Palkka päivärahoineen	<u>12 000 mk/v</u>

### Vaativa ammattityö

(Koneet 10-25 t)

Peruspalkka (å 3,30 mk/h)	7 000 mk/v
hyvänmiehenlisä (0,33 mk/h)	700 "
	<hr/>
	7 700 mk/v
sosiaalikulust. 24,58 %	1 900 "
	<hr/>
	9 600 mk/v
yrittäjävoitto 10 %	1 000 "
	<hr/>
Palkka vuodessa	10 600 mk/v
päiväraha	1 800 "
	<hr/>
Palkka päivärahoineen	<u>12 400 mk/v</u>

Vaativa ammattityö vastuulisineen

(Koneet yli 25 t)

Peruspalkka (å 3,30 mk/h)	7 000 mk/v
hyvänniehenlisä (0,33 mk/h)	700 "
vastuulisä (0,83 mk/h)	1 800 "
	<hr/>
	9 500 mk/v
sosiaalikut. 24,58 %	2 400 "
	<hr/>
	11 900 mk/v
yrittäjävoitto 10 %	1 200 "
	<hr/>
Palkka vuodessa	13 100 mk/v
päiväraha	1 700 "
	<hr/>
Palkka päivärahoineen	<u>14 800 mk/v</u>

13 KÄYTTÖIÄSTÄ RIIPPUVAT KUSTANNUKSET

Käyttöiästä riippuvia kustannuksia aiheuttavat lähinnä korjaukset ja ennakkohuolto.

131 KORJAUSTEN JA ENNAKKOHUOLLON KUSTANNUKSET

Tähän saakka käsitellyt I- ja II-kustannusryhmän kustannustekijät ovat olleet selviä muuttumistavaltaan (vakio tai lineaarinen) ja kytkettävissä helposti johonkin kiinteään tunnettuun tekijään (hankintahinta, teho, rengaskustannus, paino).

Korjauskustannukset sen sijaan ovat hyvin epämääräiset ja puutteellisten tilastojen valossa tehdyt tarkastelut antavat huomattavasti toisistaan poikkeavia tuloksia.

Koneen korjauksessa voidaan noudattaa kahta periaatetta:

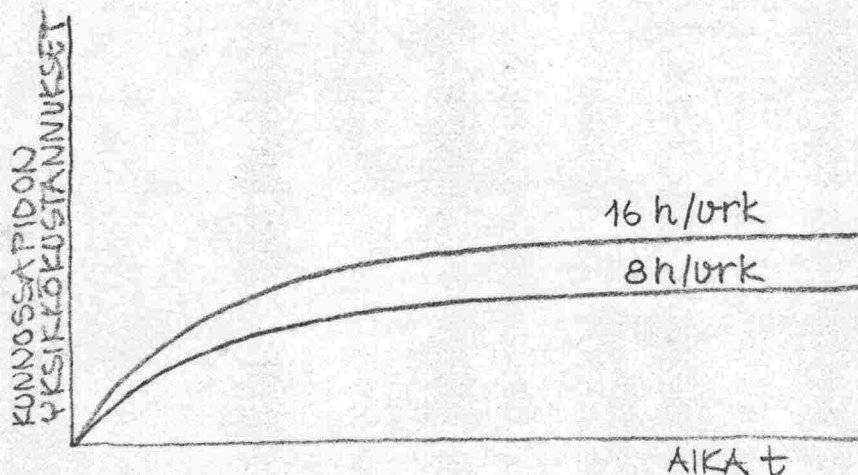
- Korjauskustannukset voidaan vuosittain pitää samalla tasolla, jolloin koneen kunto jatkuvasti laskee, ja se on poistettava varsin lyhyen käyttöajan jälkeen.
- Konetta voidaan korjata tehokkaasti, jolloin sen kunto säilyy, mutta korjauskustannukset osoittavat vuodesta toiseen nousua.

Käytännössä voidaan havaita, että jälkimmäinen menettely on vallalla. Jos korjauskustannuksissa tingitään, saattaa koneen suorituskyky alentua hyvinkin nopeasti, eikä se pysty enää suorittamaan sille asetettua tehtävää.

Koneiden korjauskustannuksia on tutkittu teoreettisesti hyvin paljon. Erityisen vaikea kysymys on silloin, kun pitäisi saada kuva korjauskustannusten jatkuvasta kehittymisestä. Tähän löytyy kirjallisuudesta kuitenkin muutamia käsityskantoja:

"Kunnossapito-, so. korjaus- ja huoltokustannukset ovat teoreettisessa kirjallisuudessa saaneet paljon huomiota osakseen, samalla kun on korostettu niiden nousun merkitystä koneen pitoaikaa lyhentävänä tekijänä. Sen sijaan ei tämän kustannusryhmän tutkimuksia ole empiirisen materiaalin pohjalta suoritettu siinä määrin, että koneen pitoajan mukana kohoavien kunnossapitokustannustenkaan kehityskulku olisi riittävästi valaistu. Terborgh esittää tutkimustuloksia mm. seuraavista koneista ja laitteista: metalli- ja tekstiiliteollisuuden koneet, kevyet kuorma-autot, veturit, maatalouskoneet samoin kuin henkilö- ja linja-autot. Hänen selvityksiinsä liittyvistä piirretyistä kuvaajista voidaan havaita kunnossapitokustannusten kohoavan osassa koneita lineaarisesti, osassa taas vuosien mittaan hidastuen. Tällaisen käsityksen kunnossapitokustannusten kehityksestä mainitsee myös Niini, joskin tutkimukset monesti esittävät ko. kustannukset koneen vanhetessa kiihtyen kohoavina. On selvää, että vaihtelut koneen käytön määrässä muovaavat ajankin funktiona tietylle suoritemäärälle vuosittain laskettujen kunnossapitokustannusten kulkua ja siten vaikuttavat erilaisiin käsityksiin.

Kunnossapitokustannusten tyypillistä kehitystä ajan funktiona valaisee seuraava Juusolan tutkimuksiin perustuva piirros.



Piirroksesta ovat edellä viitattut seikat, toisaalta kunnossapitokustannusten nousun vuosien mittaan tapahtuva hidastuminen ja toisaalta koneiden käytön vaikutus kuvattuihin kustannuksiin, varsin selvästi havaittavissa." (Jaakko Honko)

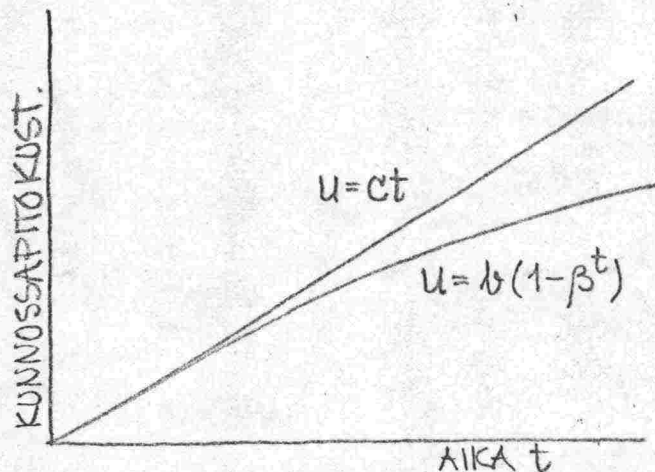
"Rakennuskoneiden kunnossapitokustannusten nousu on ilmeisesti lineaarinen, ja niiden suuruus voidaan esittää yhtälöllä

$$u = c \cdot t$$

$u$  = kunnossapitokustannusten kasvu vuodessa

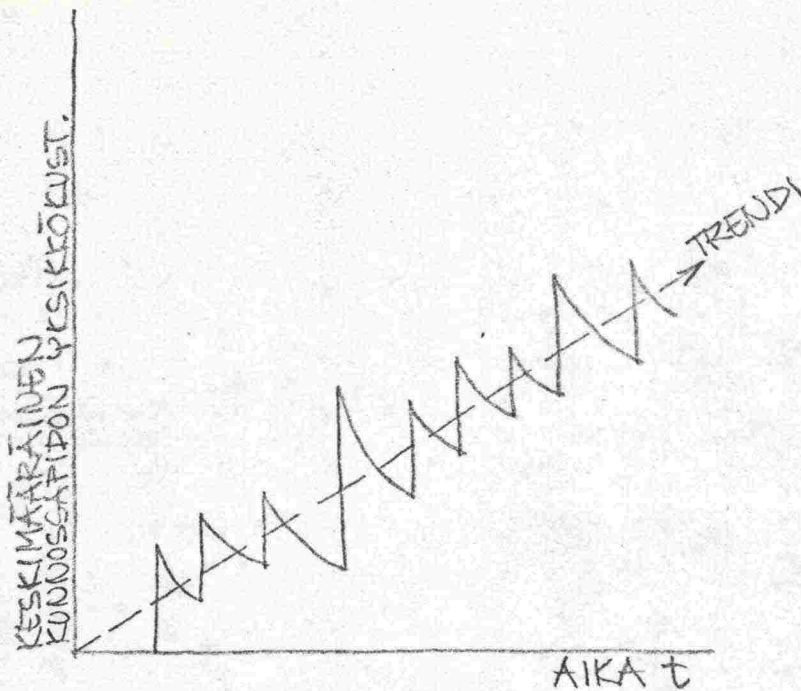
$c$  = vakio

$t$  = aika vuosina



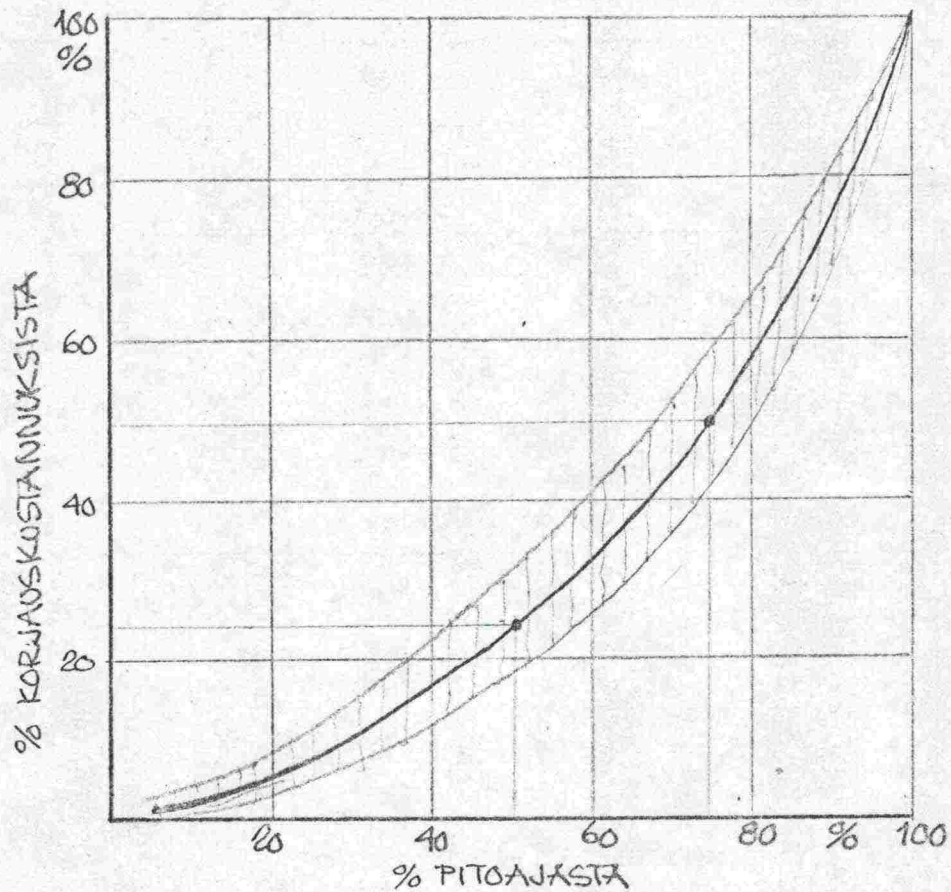
Kunnossapitokustannuksia ei yleensä nosteta em. yhtälön mukaan, vaan annetaan koneen käyttöluokan ja tehon laskea. Kunnossapitokustannusten kasvua esittävä käyrä on tällöin loivemmin nouseva." (Rakennuskoneet)

"Toisaalta voidaan koneita korjata tehokkaasti, jolloin niiden kunto säilyy, mutta korjauskustannukset osoittavat vuodesta toiseen nousua. Rakennusviraston (Helsingin) työ-koneiden korjauskustannuksissa voidaan tällainen nousu selvästi havaita. Käytön alusta alkaen laskettujen korjauskustannusten kertymä jaettuna käyttötuntien kertymälle osoittaa lineaarista, so. tasavälein nousevaa suuntaa." (Salmensaari)



Kuten edellä olevista lainauksista voidaan havaita, korjauskustannusten muuttumisesta ollaan hyvin paljon eri mieltä. Kirjallisuudesta voidaan löytää perusteltuja mielipiteitä jokaisesta mahdollisesta muuttumistavasta. Käytetyn kirjallisuusmateriaalin pohjalta asiaa tarkastellen vaikuttaa siltä, että yleensä voidaan käyttää lineaarista yksikkökustannusten muuttumistapaa. Esitetyt poikkeamat lineaarisesta ovat aina suhteellisen pieniä ja varsinkin keskiarvona lineaarisesti muuttuva yksikkökustannus puolustaa hyvin paikkaansa.

"Korjauskustannukset kasvavat voimakkaasti kun kone vanhenee. Alla oleva diagrammi esittää niiden suhteellisen jakautuman ajan funktiona (Sveriges Byggnadsentreprenörföreningen SBEF). Tulos on saatu varsin laajasta tutkimuksesta, joka koski erilaisia koneita, kuten telapuskutraktoreita, kaivukoneita, pyöräkuormaajia, kompressoreita jne.



X-akselilla on siis aika prosentteina taloudellisesta pitoajasta ja y-akselilla vastaavasti korjauskustannukset prosentteina taloudellisen pitoajan korjausten summakustannuksista.

Kuviosta käy selvästi ilmi mm., että 3/4 korjauskustannuksista sijoittuvat pitoajan jälkipuoliskolle ja puolet pitoajan viimeiselle neljännekselle."

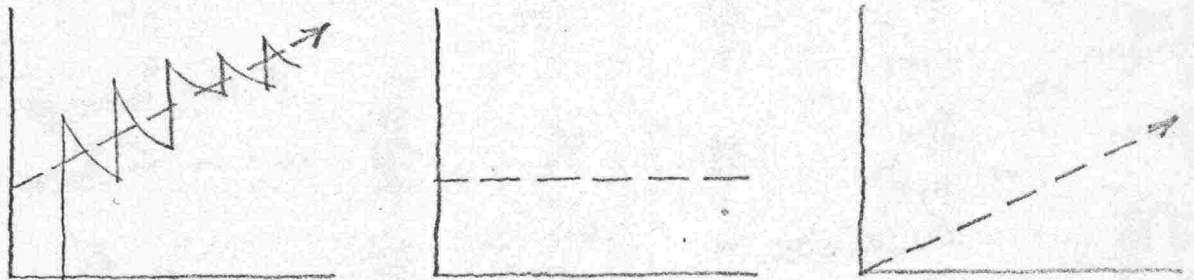
Kuvio on toisen asteen paraabeli. Jos suhteellisia korjauskustannuksia merkitään  $S'$  ja suhteellista aikaa  $t'$ , on

$$S' = 0,01 t'^2$$

Tästä seuraa myös, että tämän tutkimuksen mukaan yksikkökustannukset muuttuvat lineaarisesti

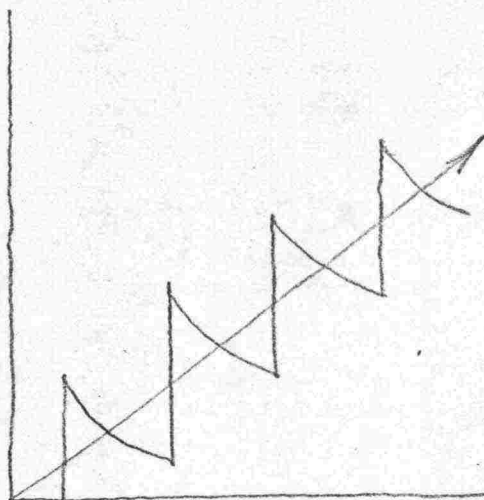
$$\frac{S'}{t'} = 0,01 t'$$

Korjauskustannus on muuttuva kustannus. Siinä voidaan erottaa jaksoyksikköluukuun (vuoteen, työtuntiin) suhteellinen ja siihen nähden kasvava osa. Edellinen on graafisesti esitettyinä vaakasuora viiva. Toinen on useiden tilastojen valossa osoittautunut lineaarisesti kasvavaksi. Sen kuvaaja on origon kautta kulkeva suora.



Korjauskustannukset, varsinkin juuri niiden muuttuva osa, ovat sellaisia kustannuseriä, jotka hyödyttävät tulevia työyksiköitä joskus hyvinkin pitkälle. Tällainen erä on esimerkiksi peruskorjaus, joka sijoittuu koordinaatistoon tiettyyn kohtaan pystysuorana hyppäyksenä. Jos nyt heti korjauksen jälkeen tarkastellaan kustannuksia, nousevat ne yksikköä kohden hyvinkin suuriksi. Tämä tarkastelu on kuitenkin puutteellinen, koska korjaus on tehty tulevia työtunteja silmälläpitäen. Tarkastelun ajankohta tulisi siirtää seuraavan peruskorjauksen kynnykselle.

Kun korjauskustannuksista saadaan tietoja ja sijoitetaan ne aika-kustannus -koordinaatistoon, saadaan sinne muutamia pisteitä. Tavallinen kustannustilasto osoittaa ainoastaan nämä pisteet ja niiden avulla saatavan murtoviivan, ts. kustannukset aina korjauksen jälkeen. Oleellista on, että korjauksen jälkeen ajan kasvaessa korjausten yksikkökustannukset muuttuvat hyperbelikäyrää pitkin, kunnes seuraava korjaus saa taas aikaan pystysuoran hyppäyksen. Trendisuora on piirrettävä siten, että se mahdollisimman hyvin noudattaa porraskuvion keskiarvoa.



Tilastoissa koneiden korjauskustannukset koko pitoaikana ilmoitetaan usein prosentteina poistoista (hankintahinnasta).

Ruotsalainen tilasto vuodelta 1961 antaa seuraavat prosenttiluvut eri koneille (% hankintahinnasta):

Porakone käsikäyttöinen	100 %
Kompressorit 9,5-12,5 m <sup>3</sup> /min; kiinteä	53 %
" 9,6-12,0 " ; liikkuva	69 %
Kaivukone 0,57 m <sup>3</sup>	90 %
" 1,15 "	83 %
" 2,30 "	91 %
Telapuskutraktori 6-10 t	80 %
" 21-30 t	80 %
Pyörätraktori	84 %
Kaavinvaunu	55 %
Maankuljetusvaunu 6 m <sup>3</sup>	61 %
Pyörätraktori ja kaavinvaunu 5-8 m <sup>3</sup>	77 %
Tiehöylä 9-10 t	90 %

Tvh on enimmäisohjevuokrien laskennassa käyttänyt seuraavia prosenttilukuja:

Telapuskutraktorit	100 %
Telakuormaajat	100 %
Kumipyöräpuskutraktorit	70 %
4-pyörävetoiset pyöräkuormaajat	70 %
Mekaaniset kaivukoneet	60 %



Hydrauliset kaivukoneet	60 %
Traktorikaivurit	70 %
Pyörätraktorit	50 %
Traktorikuormaajat	70 %
Tiehöylät	70 %
Kompressorit, siirrettävät	60 %
Traktorikompressorit	80 %
Täryjyrät	90 %
Valssijyrät	90 %
Kumipyöräjyrät	90 %
Tärylevyt	90 %
Kallioporakoneet, maakiilakoneet	50 %
Ponttivasarat	60 %

Koneen pitokustannusten matemaattisessa mallissa korjauskustannukset ovat lausekkeen

$$S = Lt^k$$

mukaiset ja yksikkökustannukset

$$s = Lt^{k-1}$$

Koneen yksikkökustannukset ovat

$$y = \frac{K}{t} + c + Lt^{k-1}$$

Pitoaikarajalla yksikkökustannukset ovat minimissään eli  $y' = 0$

$$y' = -\frac{K}{t^2} + (k-1) Lt^{k-2} = 0$$

$$\frac{K}{k-1} = Lt^k$$

Pitoaikarajalla korjauskustannukset ovat siis tietty osa pääomakustannuksista.

Käytännössä korjauskustannusten parametrit määrätään seuraavasti:

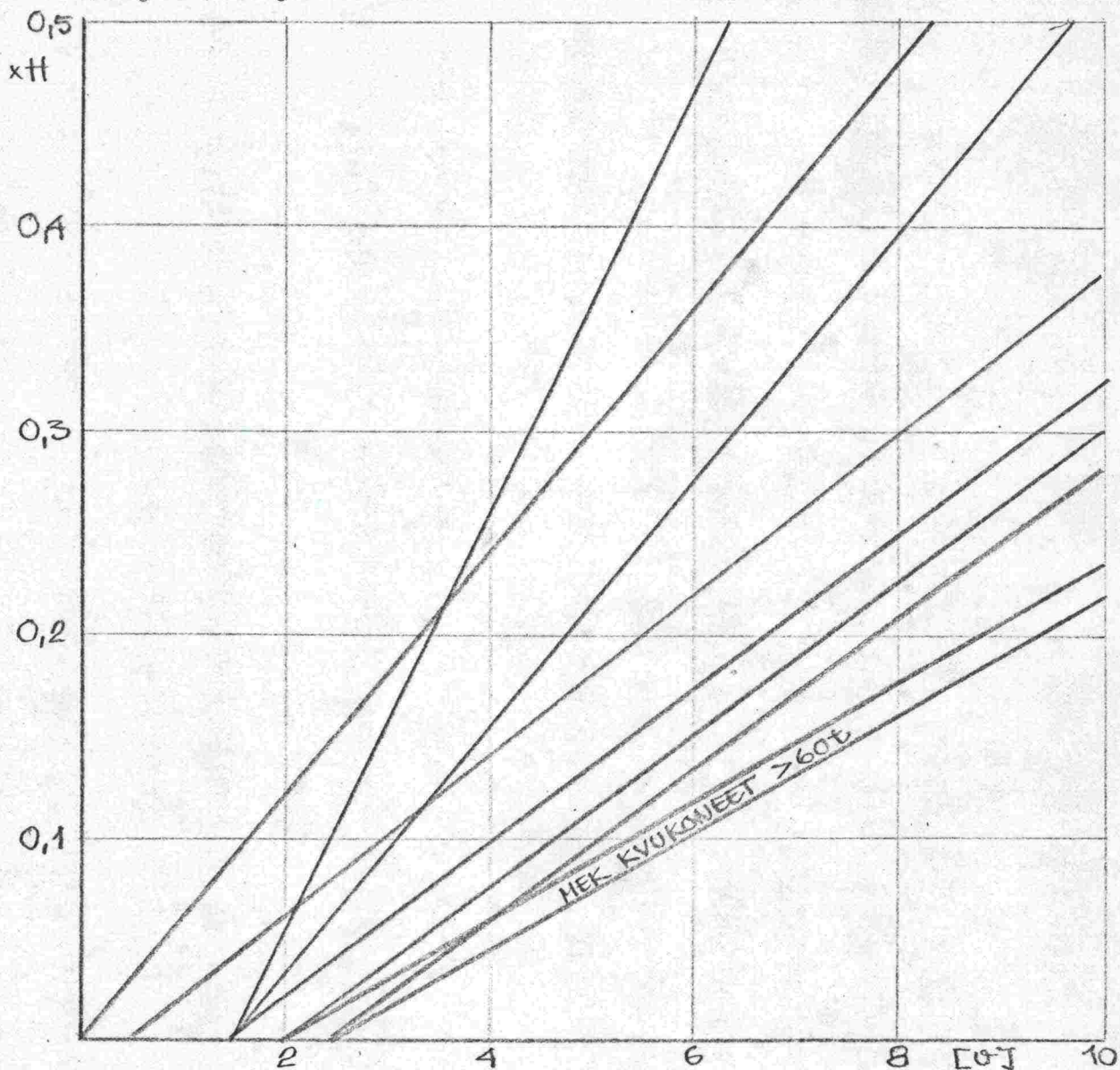
lähdetään lausekkeesta

$$S = Lt^k$$

Kirjanpidosta saadaan korjauskustannusten (S) markkamääräiset arvot. Kun nämä merkitään kumulatiivisena summana suorakulmaiseen koordinaatistoon ordinaatiksi ja vastaavat aika-arvot



korjausten yksikkökustannussuorat.



Suorien kulussa on selviä epäloogisuuksia. Eihän voida esim. ajatella, että raskas kaivukone tekee töitä 2 1/2 vuotta ilman korjauksia. Suorat ovat karkeita keskiarvokustannuksia kuvaavia, joten em. väite ei tarvitse tarkasti ottaen tarkoittaa aivan sitä, että konetta ei 2 1/2 vuoden aikana ollenkaan korjata. Kuitenkin tuntuu siltä, että korjauksia jo tuon ajan sisällä on ollut jo huomattava määrä (määräaikaishuollot, kuluvat osat: telaketjut ym.).

Tällä perusteella onkin selvintä, että yksikkökustannuskäyrien suhteen ei tehdä yksinkertaistavia olettamuksia, vaan että matemaattisen mallin mukaisia lausekkeita käytetään.

## YHTEENVETO KUSTANNUSTEKIJÖISTÄ

Koneen kustannuksille saatiin matemaattinen lauseke

$$Y = K + ct + Lt^k$$

Edellä on selvitetty lausekkeen kertoimiin K, c, L ja k vaikuttavat tekijät. Kertoimet saadaan sen mukaan seuraavasti:

$$K = \text{poistopääoma} = H - 0,05H - R$$

### Kerroin c

$$c = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5$$

$c_1$  = poltto- ja voiteluaineet

$c_2$  = rengaskustannukset

$c_3$  = hallintokustannukset

$c_4$  = siirtokustannukset

$c_5$  = palkkakustannukset

Jotta  $c_1$  ja  $c_2$  saataisiin vuosikustannuksina, on näihin liittyvät tuntikustannukset kerrottava vuotuisilla tuntimäärillä. Samoin on selvitettävä tehokertoimet.

Seuraavassa esitetään tvh:n käyttämät tuntimäärät ja tehokertoimet. Ne käyvät hyvin yksin ruotsalaisten, saksalaisten ja amerikkalaisten käyttämien arvojen kanssa.

Konetyyppi	Tuntimäärä/v	Tehokerroin
Telapuskutraktorit	1875	0,60
Telakuormaajat	1875	0,60
Kumipyöräpuskukoneet	2000	0,50
4-pyörävetoiset pyöräkuormaajat	2000	0,50
Mek. ja hydr. kaivukoneet	1875	0,60
Traktorikaivurit	1875	0,50
Pyörätraktorit	2000	0,50
Traktorikuormaajat	2000	0,50
Tiehöylät	1600	0,60
Siirrettävät kompressorit	1500	0,60
Traktorikompressorit	1500	0,50
Jyrät, tärylevyt	1400	0,60
Kallioporakoneet, maakiilakoneet	1500	
Ponttivasarat		

Kallioporakoneilla on otettava huomioon porakustannus, keskimäärin 1,50 mk/h ja maakiilakoneilla maakiilakustannus 0,12 mk/h. Molemmilla voitelukustannukset 0,10 mk/h. Ponttivasaroilla voitelukustannukset 0,10 mk/h.

Edellä olevan taulukon tuntimäärää ja tehokertoimia käyttämällä saadaan koneille seuraavat vuotuiset poltto- ja voiteluainekustannukset, porakustannukset ja pyöräkoneille rengaskustannukset.

Konetyyppi	Poltto- ja voiteluain. x Hv	Rengaskust. x R	Porakust.
Telapuskutraktorit	39,8	-	-
Telakuormaajat	39,8	-	-
Kumipyöräpuskukoneet	35,4	0,56	-
4-p-vetoiset pyöräkuormaajat	35,4	0,56	-
Mek. ja hydr. kaivukoneet	39,8	-	-
Traktorikaivurit	33,2	-	-
Pyörätraktorit	35,4	0,56	-
Traktorikuormaajat	35,4	-	-
Tiehöylät	34,0	-	-
Siirrettävät kompressorit	31,9	-	-
Traktorikompressorit	26,6	-	-
Jyrät, tärylevyt	29,7	-	-
Kallioporakoneet	150 mk	-	2250
Ponttivasarat	150 mk	-	-
Maakiilat	150 mk	-	180

c<sub>1</sub>

c<sub>1</sub> saadaan liitekuvasta (2) kullekin konetyypille ja tehomäärälle erikseen.

c<sub>2</sub>

c<sub>2</sub> saadaan liitekuvasta (3), kun tunnetaan koneen rengaskerran hinta.

c<sub>3</sub>

c<sub>3</sub> saadaan liitekuvasta (4), kun tunnetaan koneen hankintahinta.

c<sub>4</sub>

Kuorma-autolla ja kuljetusalustalla siirrettävien koneiden siirtokustannukset painon funktiona saadaan liitekuvasta (5). Omalla moottorivoimalla kulkevien koneiden siirtokustannukset otetaan huomioon siten, että siirtoihin kuluu tietty osa vuotuisesta työajasta. Tämä saadaan, kun tiedetään keskimääräinen siirtomatka (400 km), koneen keskinopeus ja vuotuinen työaika. Siten on selvitettävä ensin muut kustannukset ( $\leq S$ ), jonka jälkeen saadaan siirtokustannukset

$$c_4 = \frac{s}{v \cdot b} \cdot S$$

jossa  $s$  = vuotuinen siirtomatka (km)  
 $v$  = koneen keskinopeus (km/h)  
 $b$  = vuotuinen työtuntimäärä (h)  
 $S$  = koneen vuotuiset pitokust.

Yleensä arvioidaan, että siirrot aiheuttavat em. tapauksessa 1,5 % lisäyksen kustannuksiin. Ilman mainittavaa virhettä tätä arvoa voitaneen käyttää.

$c_5$

$c_5$  saadaan liite kuvasta (6), kun tunnetaan koneen paino.

$$\underline{c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 = c}$$

Kertoimen  $c$  selvittämiseksi tarvitaan siis koneesta seuraavat tiedot:

- konetyyppi
- moottoriteho
- rengaskerran hinta
- hankintahinta
- koneen paino

#### Parametrit $k$ ja $L$

Parametrit  $k$  ja  $L$  on laskettu aikaisemmin esitettyssä taulukossa. Niiden mukaan korjausten yksikkökustannusten lauseke

$$s = Lt^{k-1}$$

saa eri konetyypeilla liite kuvassa (7) esitetyn muodon.

#### 15 MUUT KONEEN KÄYTTÖTALOUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Koneen käyttötalouteen on vaikuttamassa muitakin kuin edellä käsiteltyjä puhtaasti kustannustekijöitä. Nämä muut tekijät ovat sellaisia, joiden vaikutusta kustannuksiin edeltäkäs in on lähes mahdotonta arvioida. Kuitenkin ne olisi otettava huomioon koneen pitoaikana, silloin kun niitä ilmenee.

Tällaisia tekijöitä ovat mm.

- teknillinen vanheneminen
- suorituskyvyn aleneminen ja käyttövalmiuden väheneminen

- työmenetelmien kehittyminen
- työn tarkoituksenmukaisuus
- kuljettaja

Seuraavassa käsitellään lyhyesti kutakin ryhmää ja esimerkin avulla pyritään osoittamaan, miten ko. tekijät voivat vaikuttaa käyttötalouteen. Välittömiä kustannuksia nämä tekijät harvoin aiheuttavat, mutta niillä on merkitystä käyttötalouden kannalta, koska ne saattavat vaikuttaa esim. taloudellisimpaan pitoaikaan.

#### Teknillinen vanheneminen

Teknillisellä vanhenemisella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, että koneeseen keksitään parannuksia ja uusia koneita kehitetään, jolloin hankittu kone jää pian vanhanaikaiseksi. Sen suorituskyky ja sopivuus ko. työhön jää paljon jälkeen uusista koneista ja siten se on näitä epäedullisempi. Onkin sanottu, että tekniikan kehitys on järkevä liikennehoidon pahimpia kompastuskiviä.

On kuitenkin todettava, että rakennuskoneiden pitoajat ovat suhteellisen lyhyitä, joten ongelma niiden kohdalla ei ole läheskään niin vaikea kuin esim. teollisuudessa käytettävien koneiden suhteen; niillähän pitoajat saattavat olla useita kymmeniä vuosia.

Teknillinen vanheneminen on otettava tarkasti huomioon silloin, kun tarkkaillaan koneen kustannuksia ja aiotaan vaihtaa se uuteen. Tällöin useasti alkuperäinen (arvioitu) pitoaika lyhenee, koska uuden koneen parempi tekniikka nostaa sen arvioitua nopeammin vanhan koneen yläpuolelle edullisuuslaskelmissa.

Tekniikan kehittyminen kohdistuu esimerkiksi seuraaviin asioihin:

Rakennuskoneen työskentely on osa rakennustapahtumaa, joten koneen työn rationalisointi on tärkeätä. Tällöin tärkeimpiä tekijöitä ovat koneen ominaissuorituskyvyn nousu ja huollon helppous.

Koneen ominaissuorituskyvystä riippuvat mm. sen aiheuttamat kustannukset. Verrattaessa kahta konetta, joilla on samat hankintakustannukset ja muuttuvat kustannukset, mutta toisella on suurempi ominaissuorituskyky, on luonnollista, että tehokkaamman koneen ajallinen käyttöikä lyhenee. Tämä merkitsee, että

suuremman ominaisuus suorituskyvyn omaava kone korvaa hintansa lyhyemmässä ajassa. Lisäksi on otettava huomioon nopeutunut työsuoritus, joka saa aikaan säästöjä koko rakennustyön kustannuksissa.

Nykyinen konetekniikka pyrkii voimakkaasti huollon tarpeen pienentämiseen ja huoltotyön helppouteen. Tähän tähtäviä toimenpiteitä ovat mm. pyörien osien pitkäaikaisvoitelu, eri tyyppisten koneiden erilaisten osien määrän vähentäminen, joka helpottaa oleellisesti varaosahuoltoa jne.

Käyttölaitteistoon kiinnitetään kehitystyössä suurta huomiota. Kehitystyön tuloksena ovat syntyneet mm. hydrauliset voimansiirtolaitteet, joiden avulla on oleellisesti nostettu koneiden ominaisuus suorituskykyä. Paremmuus perustuu lähinnä momentinmuunninkoneiston nopeuteen ja helppokäyttöisyyteen.

#### Suorituskyvyn aleneminen ja käyttövalmiuden pieneneminen

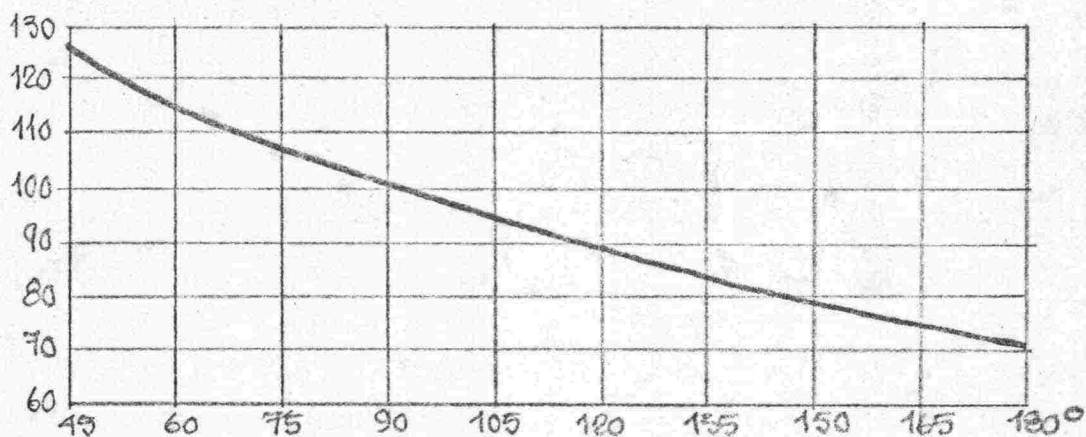
Suorituskyvyn aleneminen ilmenee siten, että vanheneva työkone vaatii enemmän aikaa korjauksiin ja huoltoon kuin uusi. Koneen lyhytaikainen teho, esimerkiksi tuntiteho, pysyy kylläkin hyvän huollon ansiosta entisellään, mutta pitkän ajan keskiarvot - kuukausittaiset tai vuotuiset työmäärät - pienenevät. Jos vielä tällainen epävarma kone asetetaan osatekijäksi suurempaan työkokonaisuuteen, kuten kaivukone kuormaamaan maata tai louhosta autoihin, aiheuttaa kaivukoneen korjattavaksi joutuminen lisäkustannuksia autojen ja porarien odotustuntien muodossa.

Samaan suuntaan vaikuttaa myös käyttövalmiuden pieneneminen. Jos esimerkiksi koneen käynnistysaika jatkuvasti pitenee, aiheuttaa se tehon alenemista pitemmällä tähtäimellä laskettuna.

#### Työmenetelmien kehittyminen

Rinnan koneiden kanssa kehittyvät niiden työmenetelmät. Työnsuunnittelu on ala, joka tutkii työn suorituksen jokaista pienintäkin osaa ja näiden tutkimustulosten avulla pyrkii pienentämään osasuoritukseen kuluvia aikoja. Esimerkkinä voidaan mainita kääntökulman vaikutus kaivukoneen tai kuormaajan kuormaustehoon. Esimerkkikuvassa on esitetty pistokauhalla varustetun kaivukoneen kääntymiskulman vaikutus kuormaustehoon ( $90^{\circ}$  kääntymiskulmalla kuormausteho = 100).

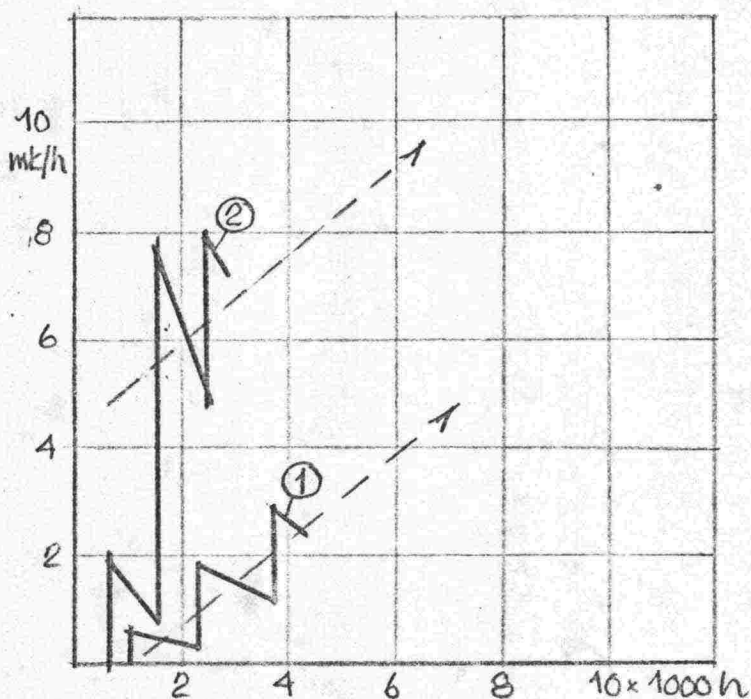




Kuva osoittaa selvästi, että kääntymiskulmalla on hyvinkin suuri vaikutus kuormaustehoon. Kun tämä otetaan työmaalla huomioon sijoittamalla koneet oikein, voidaan työn suoritusaikaa pienentää huomattavasti.

#### Työn tarkoituksenmukaisuus

On tärkeätä, että työhön valitaan oikea kone. Esimerkissä on kaksi pyöräkuormaajaa, joista toinen on työskennellyt "normaaliolosuhteissa" ja toinen jatkuvasti raskaassa kivityössä (kone 2).



Murtoviivat kuvaavat koneiden 1 ja 2 korjauskustannusten yksikköhintoja. On selvää, että raskas työ on rasittanut kohtuuttomasti.

konetta 2, koska sen korjauskustannukset ovat normaaliin verrattuna yli kaksinkertaiset. Jos tehtävään olisi valittu mahdollisesti isompi, joka tapauksessa kestävämpi kone, olisi mahdollinen kustannusero koneiden välillä varmasti peitetty säästyneinä korjauskustannuksina.

### Kuljettaja

Kuljettaja on koneen työsuorituksessa sen "inhimillinen" tekijä, jonka vaikutusta ei ole kovin paljon voitu ottaa huomioon. Kuljettajien välillä on taidollisesti suuriakin eroja. Lisäksi on olemassa psykologisia tekijöitä, joihin kuljettajat suhtautuvat eri tavoin.

Koneiden kehitystyössä on viime aikoina kiinnitetty kasvavaa huomiota ihmimillisten tekijöiden eliminoimiseen työtehoa pienentävinä tekijöinä. Tässä mielessä käyttö- ja ajomukavuuden kehittämällä ja käytön yksinkertaistamisella on tärkeä merkitys. Varhaisemmissa rakennuskoneyksiköissä saattoi kuljettajalla olla 15 käyttövipua. Siten kuljettajaa oli raskaan fyysisen kuormituksen lisäksi painamassa tarpeeton ajatustyö ja tapaturman vaara. Työpsykologiset seikat ovat hyvin tärkeitä. Oma merkityksensä on anatomisesti oikealla istuma-asennolla ja mukavalla hyvin havaittavissa olevalla ja käsiteltävällä vipujärjestelmällä. Näin voidaan välttää kuljettajan väsymys ja ammattitaudit. Myöskin on ajateltava tapaturman vaaraa. Yhä vielä on koneita, joissa kuljettajan tila on vain 70 cm leveä. Kuljettajalle on varattava riittävät työskentelytilat. Tähän liittyvät lisäksi vaaratekijöitä pienentävät turvahytit ym.

Kuljettajan psyykinen rasitus on huomionarvoinen tekijä. Tätä pyritään pienentämään eri tavoin. Esimerkiksi nykyaikaisissa kuljettajantiloissa käytetään jousitettua kuljettajan istuinta, jossa on hydraulinen kuljettajan painon edellyttämä värähdysvaimennus. Istuimen muotoilussa otetaan huomioon anatomiset seikat. Samoin on parannettu istuintilan muotoa siten, että voidaan välttää veren patoutumat jaloissa. Tuolissa on sopivat käsinojat.

Kuljettajan käyttäytymisestä on tehty erilaisia kokeita. On kehitetty erilaisilla tärinälaajuuksilla sekä pyydetty kuljettajien

objektiivisiä käsityksiä ajomukavuudesta. Näitä ja vastaavista kokeista saatuja tuloksia käytetään jatkuvasti hyväksi oikean ratkaisun löytämiseksi.

## 2 TALOUDELLISIN PITOAIKA

Koneen taloudellisin pitoaika määritellään ajaksi, jona kone parhaana mahdollisena vaihtoehtona tietyssä tehtävässä palvelee yrityksen päämäärää, maksimaalisen voiton saavuttamista (Honko).

Taloudellisin pitoaika määritetään monin tavoin. Käytännössä kaikki pyrkivät kuitenkin samaan lopputulokseen: Taloudellisin pitoaika on saavutettu silloin, kun kokonaisyksikkökustannukset ovat minimissään.

## 21 MATEMAATTINEN MALLI

Kokonaiskustannukset ovat

$$Y = K + ct + Lt^k$$

Yksikkökustannukset

$$y = \frac{Y}{t} = \frac{K}{t} + c + Lt^{k-1}$$

Lauseke saa minimiarvonsa, kun sen derivaatta = 0

$$y' = -\frac{K}{t^2} + (k-1)Lt^{k-2} = 0$$

$$(k-1)Lt^{k-2} = \frac{K}{t^2}$$

$$(k-1)Lt^k = K$$

$$t^k = \frac{K}{L(k-1)}$$

Merkitään taloudellisinta pitoaikaa  $t_z$

$$t_z = \left[ \frac{K}{L(k-1)} \right]^{\frac{1}{k}}$$

Kun siis tunnetaan koneen hankintakustannukset sekä korjauskustannusten parametrit  $k$  ja  $L$ , voidaan taloudellisin pitoaika  $t_z$  laskea em. kaavan avulla.

Kaavasta huomataan mielenkiintoinen seikka: Käyttöiöstä riippumattomat kustannukset l. parametri  $c$  eivät vaikuta pitoaikaan. Pitoaika riippuu pelkästään hankintahinnasta ja korjauskustannuksista. Tämähän on oikeastaan tuttu asia: Parametrin  $c$  ( $c_1, c_2, c_3, c_4$  ja  $c_5$ ) kuvaajat ovat vaakasuoria viivoja, joten ne aiheuttavat yksikkökustannusten summakäyrään ordinaatan suuntaisia siirtoja. Muotoon ne eivät vaikuta.

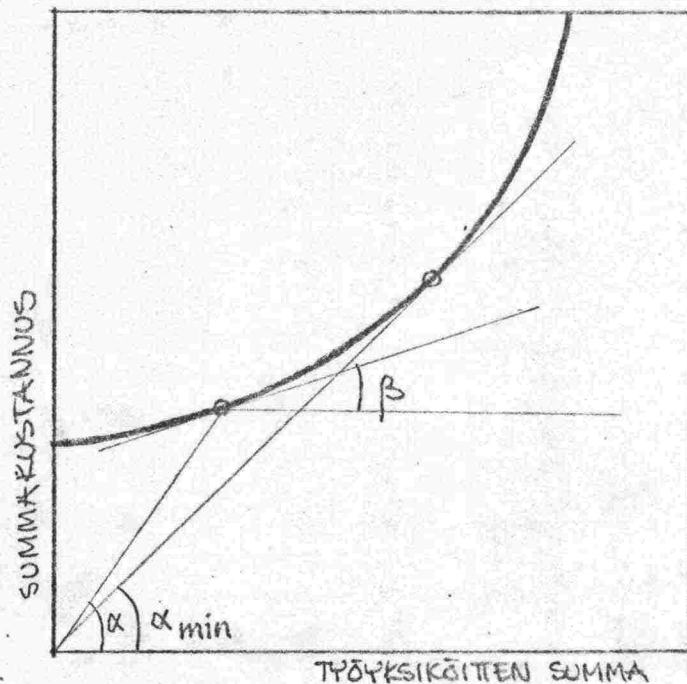
## 22 GRAAFISET MENETELMÄT

Graafisista menetelmistä tunnetuin lienee P. Wittrockin v. 1941 kehittämä menetelmä. Seuraavassa on lainattu hänen artikkeliaan:

"Suorakulmaiseen koordinaatistoon piirretään käyrä, jonka ordinaatat ovat työkoneen kokonaiskustannukset eri ajanjaksojen lopussa, ja jonka abskissa muodostuu kokonaisyömmääristä saman ajanjakson lopussa. Koneen ollessa uusi on kustannus = hankintakustannus, ts. käyrä leikkaa ordinaatta akselin vastaavassa pisteessä. Kun ensimmäinen aikajakso on kulunut, saadaan uusi käyrän piste, jonka ordinaatta = hankintakustannus + muut siihenastiset, koneen käytöstä johduneet kustannukset. Abskissana on siihen asti suoritettu työmäärä, esimerkiksi tehollisia tunteja, kaivettuja kuutiometrejä, kuljetuskilometrejä tms. Uusi piste merkitään jokaisen aikajakson päätyttyä.

Koska jokaisen aikavälin aikana syntyy kustannuksia lisää, muodostuu käyrästä alati nouseva. Suuri osa kunkin aikavälin kustannuksista on korjauskustannuksia, ja nämä kasvavat säännöllisesti suuremmiksi koneen vanhentuessa. Mm. tästä syystä saa käyrä taipumuksen jatkuvasti jyrkentyä. Piirrettäessä mielivaltaiselle käyrän pisteelle tangentti, ilmoittaa tangentin kaltevuus  $\beta$  yksikköhinnan työmäärän lisääntyessä, jos lasketaan, että aikaisemmin maksetut kustannukset rasittavat ainoastaan aikaisemmin suoritettuja töitä. Mikäli tämän sijasta mielivaltainen käyrän piste yhdistetään origoon, ilmoittaa yhdysviivan kaltevuus  $\alpha$  keskihinnan työyksikköä kohti, jos kone silloin lopettaisi työnsä, eikä kone olisi realisoitavissa, ts. sen arvo olisi = 0. Työn edistyessä  $\tan \alpha$ :n arvo aluksi pienenee ja kun yhdysviivasta origoon tulee käyrän

tangentti, on saavutettu se piste, jossa keskekustannus työyksikköä kohti tällä koneella on pienin saavutettavissa oleva.



Käytännössä Wittrockin menetelmä, joka teoreettisesti on täysin moitteeton, kohtaa vaikeuksia. Kustannusten summakäyrä ei yleensä muodostu niin selväksi kuin esim. esitetyssä kuvassa, vaan se on huomattavasti loivempi. Lisäksi siitä muodostuu porraskuvio, koska kustannukset lisääntyvät jaksottain. Tangentin piirtäminen selvästi loivalle porraskuviolle antaa erilaisille tulkinnoille mahdollisuuksia.

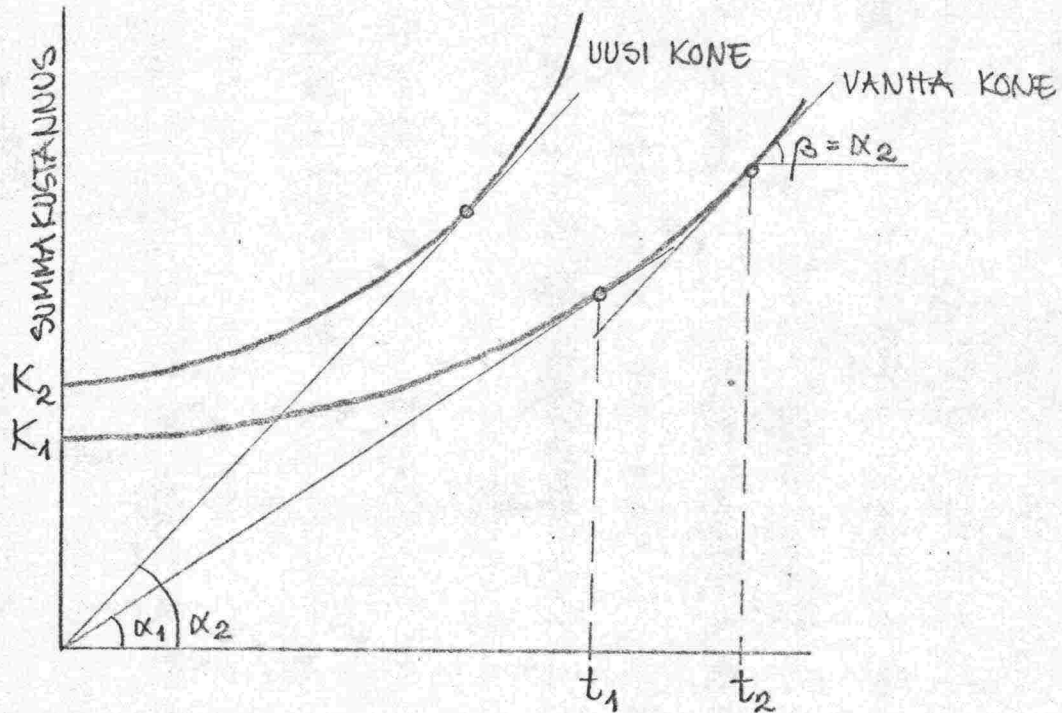
Muut graafiset menetelmät ovat vastaavanlaisia: Voidaan esim. piirtää yksikkökustannuskäyrä ja määrittää sen minimipiste.

### 23 KONEEN VAIHTAMINEN UUTEEN

Kun koneen kustannuksia tarkkaillaan pitoajan kannalta, ei useinkaan ole kysymys siitä ajankohdasta, jonka jälkeen konetta ei kannata enää käyttää. Yleensä pyritään määrittämään se ajankohta, jolloin kone on vaihdettava uuteen.

Jos uusi kone on täsmälleen samanlainen kuin vanha, ja sen kustannusten voidaan olettaa muuttuvan samalla tavalla, oikea vaihtohetki on juuri edellä määritelty taloudellisin pitoaika. Har-

voin kone kuitenkin vaihdetaan täysin samanlaiseen. Onhan luonnollista, että koneiden tekniikka kehittyy ja uusi kone edustaa tekniikan viimeisintä sanaa. Nyt vaihtohetki ei määräydykään vanhan koneen kokonaisyksikkökustannusminimin mukaan, vaan uuden koneen arvojen perusteella. On siis tunnettava tai voitava arvioida uuden koneen kustannustekijöiden muuttuminen. Wittrockin menetelmän mukaan vaihtohetki määrätään seuraavasti:



Vanhan koneen taloudellisin pitoaika on  $t_1$  ja sitä vastaava yksikkökustannusminimi  $\tan \alpha_1$ . Uusi kone on hankintahinnaltaan kalliimpi, se voidaan käyttää tehokkaammin, joten sen kustannukset kasyavat nopeammin. Uuden koneen taloudellisinta pitoaikaa vastaava yksikkökustannusminimi on  $\tan \alpha_2$ . Oikea vaihtohetki on silloin kun vanhan koneen yksikkökustannus on yhtä suuri kuin uuden koneen yksikkökustannusminimi. Siis  $\beta = \alpha_2$ . Vanhan koneen pitoaika jatkuu siten ajankohtaan  $t_2$ , joka vasta antaa taloudellisimman yhteistuloksen näiden kahden koneen käytölle.

Tämä esimerkki osoittaa, että taloudellisin pitoaika ei ole aivan yksiselitteinen asia. Siihen on vaikuttamassa useita tekijöitä, joiden yhteisvaikutus vasta lopullisesti määrää loppu-

tuloksen. Taloudellinen pitoaika ei ole irrallinen asia, vaan se on välikappale, jonka avulla pyritään tiettyyn päämäärään.

#### 24 RAKENTAJAJOUKKOJEN KONEIDEN TALOUDELLISIMMAT PITOAJAT

Rakentajajoukkojen konekanta muodostuu hieman täydennettynä taulukossa (liite 8) esitetyistä koneista. Koneiden jako paino-, tilavuus- ja teholuokkiin perustuu tvh:n käyttämään jakoon.

Taulukkoon on laskettu pitokustannusten parametrit  $K$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $c_4$ ,  $c_5$ ,  $k$  ja  $L$ , kun ensinnä on selvitetty kunkin luokan hankintahinta, rengaskerran hinta, teho ja työpaino. Alkuarvot on saatu tvh:n maahantuojuille esittämästä konekyselystä. Materiaali on varsin laaja, koska siinä ovat kaikki ajalla 1.1.1961-1.6.1967 Suomessa myydyt koneet. Arvot on laskettu kussakin luokassa lukumäärien suhteen painotettuina keskiarvoina. Siten taulukon tulokset edustavat juuri tätä konekantaa.

Taulukossa olevat  $y_{\min}$  = yksikkökustannusminimi ja  $t_z$  = taloudellisin pitoaika on määrätty sekä laskennollisesti että graafisesti. Kullekin koneluokalle on piirretty summakustannuksia ja kokonaisyksikkökustannuksia esittävät käyrät, joiden avulla on saatu graafisten menetelmien arvot. Taulukon arvot ovat molempien menetelmien tulosten avulla tehtyjä johtopäätöksiä.

Taulukon arvojen perusteella saadaan selville kustannusten jakautuminen eri kustannusryhmien kesken. Tämän perusteella on piirretty liitekuva 9, jossa on konetyypeittäin esitetty kustannusten prosentuaalinen jakautuminen, kun yksikkökustannukset (vuosikustannukset) ovat minimissään.

Eri kustannuslajien prosenttiosuudet vaihtelevat seuraavasti:

Pääomakustannukset	46 - 13 %	ka. 28 %
Poltto- ja voitelu- ainekustannukset	76 - 2 %	ka. 13 %
Rengaskustannukset	8 - 4 %	ka. 5 %
Hallintokustannukset	17 - 3 %	ka. 9 %
Siirtokustannukset	22 - 1 %	ka. 3 %
Palkkakustannukset	60 - 11 %	ka. 33 %
Korjauskustannukset	34 - 5 %	ka. 20 %

Jos arvoista jätetään pois muutamia hyvin poikkeavia lukuja,

saadaan jonkunlaisen "keskiarvokoneen" kustannusjakautumaksi seuraava: pääomakustannukset 30 %, poltto- ja voiteluainekustannukset 8 %, hallintokustannukset 10 %, siirtokustannukset 2 %, palkkakustannukset 25 % ja korjauskustannukset 25 %.



Kirjallisuutta

1. Vuokrattujen koneiden enimmäisvuokrat.  
TvH 1967. Moniste.
2. Työkoneen pitoaika ja kustannuslaskenta, matemaattiseen malliin perustuva laskentamenetelmä.  
Eino W. Laine. Rakennustekniikka 1966:9.
3. Rakennustyön koneellistaminen.  
Rastor Oy. Helsinki 1964.
4. Rakennuskoneiden kannattavuudesta.  
Jouko Mustajärvi. Rakennustaito 1965:3.
5. Maa- ja vesirakennus.  
RIL. Helsinki 1968.
6. Koneen edullisin pitoaika ja investointilaskelmat.  
Jaakko Honko. Liiketaloustieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 19. Helsinki 1955.
7. Maa- ja vesirakennusprojektin toteuttamisvaiheen suunnittelu.  
Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus, julkaisu 7-69. Helsinki 1969.
8. Työkoneiden pitokustannukset.  
L. Salmensaari. Kunnallistekniikka 1963:2.
9. Rakennuskoneet.  
Rakennusinsinööriliitto ry. Helsinki 1959.
10. Byggnadsekonomi och byggnadsorganisation.  
Bertil Nöslund. Uddevalla 1966.
11. Byggnadsorganisation och byggnadsekonomi.  
Hermods korrespondensinstitut. Malmö 1965.
12. Rakentamistalous. TKK luennot.
13. Rakennuskoneiden kehitysilmiöt.  
H.L. Hockel. Rakennustekniikka 1967:1.
14. Järjestelmällinen konehuolto.  
Nils Wenker. Rakennustekniikka 1965:7-8.
15. Rakennuskoneet.  
Kalevi Myllyluoma. Rakennustekniikka 1967:7-8.
16. PTS:n tiedustelu. Suomen konekanta.  
1.11.1968
17. PTS:n tiedustelu. Maassa myydyt koneet  
1.1.1961-1.6.1967.
18. Utbyte av arbetsmaskiner.  
Wittrock P. Nordisk Tidskrift for Teknisk Økonomi.  
København 1941.

# RAKENTAJAJOUKKOJEN KONEIDEN TALOUDELLISIN PITOAIKA JA YKSIKKÖKUSTANNUSMINIMI

Taulukossa käytetyt merkinnät:

H = hankintahinta (mk)

R = rengaskerran hinta (mk)

Hv = moottoriteho (hv)

P = työpaino (t)

K = poistopääoma (mk) =  $0,95 \times H$

$c_1$  = poltto- ja voiteluainekustannukset (mk/v)

$c_2$  = rengaskustannukset (mk/v)

$c_3$  = hallintokustannukset (mk/v)

$c_4$  = siirtokustannukset (mk/v)

$c_5$  = palkkakustannukset (mk/v)

$k$   
 $L$ ) = korjauskustannusten parametrit

$y_{\min}$  = yksikkökustannusten minimi (mk/v)

$t_z$  = taloudellisin pitoaika (v)

## TELAPUSKUTRAKTORIT

Painoluokka (t)	H (mk)	Hv (hv)	P (t)	K (mk)	c <sub>1</sub> (mk/v)	c <sub>3</sub> (mk/v)	c <sub>4</sub> (mk/v)	c <sub>5</sub> (mk/v)	k	L	y <sub>min</sub> (mk/v)	t <sub>z</sub> (v)
≤5,00	28200	45	3,7	26800	1800	1800	800	12000	2,00	1700	30000	4
5,01- 8,00	38700	55	5,3	36800	2300	2500	800	12000	2,00	2300	36000	4
8,01-10,00	72400	69	8,5	68800	2800	4700	800	12000	2,00	4300	54700	4
10,01-13,00	104800	95	11,8	99600	3800	6800	2000	12400	2,00	6200	74700	4
13,01-18,50	133000	131	15,4	126400	5300	8600	2500	12400	2,00	7900	92000	4
18,51-25,00	181600	180	21,4	172500	7000	11800	2500	12400	2,00	10800	120100	4
25,01-32,00	251000	270	31,0	238500	10700	16300	2500	14800	2,00	14900	163500	4
32,01-38,00	308500	320	35,5	293000	12800	20000	2500	14800	2,00	18300	197500	4
>38,00	357900	385	40,8	340000	15400	23300	4500	14800	2,00	21300	228200	4

## PYÖRÄPUSKUKONEET

Painoluokka (t)	H	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤20,00	155000	170	16,1	147300	6100	10100	1200	12400	2,43	2100	80300	5
20,01-25,00	230000	310	23,8	218500	11000	15000	1700	12400	2,43	3100	114800	5
25,01-35,00	-											
35,01-45,00	-											
>45,00	-											

Huom! Yli 25 t koneita ei Suomessa ole myyty.

Siirtokustannukset (c<sub>4</sub>) 1,5 % kokonaiskustannuksista.

## 4-PYÖRÄVETOISET PYÖRÄKUORMAAJAT

Painoluokka (t)	H	R	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤6,50	49000	3170	68	5,6	46500	3000	1900	3200	540	12000	2,43	650	36000	5
6,51-9,00	76300	5890	92	8,3	72500	3800	3000	5000	700	12000	2,43	1020	49000	5
9,01-11,00	102000	7840	115	10,3	96900	4600	4300	6600	900	12400	2,43	1360	61000	5
11,01-14,00	113500	9600	150	12,5	107800	5500	5200	7400	1000	12400	2,43	1510	68000	5
14,01-18,00	161000	14800	177	15,9	153000	6200	8100	10500	1300	12400	2,43	2140	90000	5
18,01-25,00	183100	18000	260	20,9	174000	9200	10200	11900	1500	12400	2,43	2440	104000	5
25,01-30,00	239000	30100	311	28,6	227000	11000	17000	15500	2000	14800	2,43	3180	137000	5
>30,00	296400	30800	300	31,2	281600	10700	17500	19300	2400	14800	2,43	3940	160000	5

## TELAKUORMAAJAT

Painoluokka	H	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>Z</sub>
≤ 5,50	35200	44	4,7	33400	2000	2300	770	12000	2,00	2100	33000	4
5,51- 7,50	52200	56	6,7	49600	2200	3400	770	12000	2,00	3100	43000	4
7,51- 9,00	67200	61	7,9	63800	2500	4400	770	12000	2,00	4000	52000	4
9,01-11,50	83000	80	10,6	78900	3000	5400	2000	12400	2,00	4900	62000	4
11,51-13,50	102300	107	11,8	97200	4100	6700	2000	12400	2,00	6100	74000	4
13,51-17,00	111200	117	13,9	105600	5100	7200	2400	12400	2,00	6600	79000	4
17,01-22,00	164000	147	18,7	155800	5800	10700	2400	12400	2,00	9700	109000	4
>22,00	-											

Huom! Yli 22 t koneita ei ole Suomessa myyty.

## MEKAANISET KAIVUKONEET

Painoluokka	H	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤8,00	30000	50	7,5	28500	2000	2000	770	12000	2,67	400	28000	4
8,01-13,00	68000	61	11,3	64600	2500	4400	2000	12400	2,67	1000	47000	4
13,01-18,00	85500	75	14,5	81200	3000	5600	2400	12400	2,67	1200	56000	4
18,00-27,00	122500	118	22,4	116400	4700	8000	2400	12400	2,67	1700	74000	4
27,01-40,00	211000	163	33,5	200500	6700	13700	2400	14800	2,67	1600	102000	5
40,01-60,00	253000	204	48,0	240400	8000	16500	4600	14800	2,67	2000	120000	5
>60,00	519000	260	88,0	493000	10400	33700	4600	14800	2,67	2500	194000	6

## HYDRAULISET KAIVUKONEET

Painoluokka	H	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤ 8,00	64000	45	6,7	60800	1900	4200	770	12000	2,67	900	43000	4
8,01-12,00	84200	70	9,4	80000	2800	5500	770	12000	2,67	1200	53000	4
12,01-18,00	117000	62	15,0	111200	2500	7600	2400	12400	2,67	1700	70000	4
18,01-27,00	176500	145	22,2	167700	5800	11500	2400	12400	2,67	1400	86000	5
>27,00	250000	185	35,0	237500	7500	16300	2400	14800	2,67	1900	117000	5



TRAKTORIKAIVURIT

Kauhakoko	H	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤250	27400	46	4,0	26000	1500	1800	770	12000	2,43	600	27000	4
250-350	40500	62	5,7	38500	2000	2600	770	12000	2,43	900	34000	4
>350	70000	80	7,5	66500	2700	4600	770	12000	2,43	1600	48000	4

## PYÖRÄTRAKTORIT

Moottoriteho hv	H mk	R mk	Hv hv	P kg	K	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤ 40	9000	1100	35	1500	8600	1100	600	600	250	12000	3,00	30	17000	5
41- 50	10700	1000	48	1600	10200	1800	600	700	250	12000	3,00	40	18000	5
51- 60	11000	1300	54	2000	10500	2100	800	700	250	12000	3,00	40	19000	5
61- 75	13100	1400	65	2200	12400	2500	800	900	300	12000	3,00	50	20000	5
76-100	18500	2100	82	3000	17600	3000	1000	1200	300	12000	3,00	70	23000	5
101-130	36000	4000	110	4500	34200	4000	2000	2300	400	12000	3,00	140	31000	5
>130	51000	4500	145	6000	48500	5100	2300	3300	500	12000	3,00	190	38000	5

## TRAKTORIKUORMAAJAT

Kauhakoko litraa	H	R	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤500	20500	2100	62	3,5	19500	2500	1000	1300	300	12000	2,43	300	23000	5
501-700	26000	2300	65	3,2	24700	2500	1100	1700	400	12000	2,43	400	26000	5
>700	42000	2700	70	6,0	39900	2700	1500	2700	500	12000	2,43	600	33000	5

## TIEHÖYLÄT

Painoluokka	H	Hv	P	R	K	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤ 7,0	60000	60	5,5	2000	57000	2300	1200	3900	400	12000	2,43	800	39000	5
7,1-10,0	93000	83	7,8	2900	88400	3000	1500	6000	600	12000	2,43	1200	53000	5
10,1-14,0	127000	150	12,7	5000	120700	5300	2500	8300	800	12400	2,43	1700	71000	5
>14,0	158600	200	15,8	5400	150700	7000	2700	10300	1000	12400	2,43	2100	85000	5

## TRAKTORIKOMPRESSORIT

Ilmantuotto m <sup>3</sup> /min	H	Hv	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤1,50	-									
1,51-2,40	-									
2,41-3,40	3800	27	3600	600	200	770	2,25	50	2700	6
3,41-5,00	4900	36	4700	1000	300	770	2,25	70	3500	6
5,01-7,00	7300	60	6900	1700	500	770	2,25	100	5100	6



## PAINEILMATYÖKALUT

Kallioporakoneet

Painoluokka (kg)	H	K	$c_1$	$c_3$	k	L	$y_{min}$	$t_z$
< 15	-							
15-20	900	850	2400	60	3,00	20	2900	3
> 20	1400	1300	2400	100	3,00	20	3150	3

Maakiilakoneet

	740	700	330	50	3,00	10	700	3
--	-----	-----	-----	----	------	----	-----	---

Ponttivasarat

100	1900	1800	150	120	2,67	10	750	6
100	5200	4900	150	300	2,67	30	1750	6

Huom! Kallioporakoneilla  $c_1$  sisältää porat ja voiteluaineet  
 $2250 + 150 = 2400$

Maakiilakoneilla  $c_1$  sisältää kiilat ja voiteluaineet  
 $180 + 150 = 330$





## OMALLA MOOTTORIVOIMALLA KULKEVAT TÄRYJYRÄT

Painoluokka	H	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤1,00	10900	7	0,9	10400	200	700	200	12000	2,11	300	17000	5
1,01-2,00	16500	11	1,6	15700	400	1100	300	12000	2,11	500	20000	5
2,01-3,50	27200	17	2,5	25800	500	1800	400	12000	2,11	800	24000	5
3,51-6,50	35500	24	5,4	33700	700	2300	500	12000	2,11	1000	28000	5
>6,50	63000	45	7,5	59900	1500	4100	800	12000	2,11	1800	41000	5



## OMALLA MOOTTORIVOIMALLA KULKEVAT KUMIPYÖRÄJYRÄT

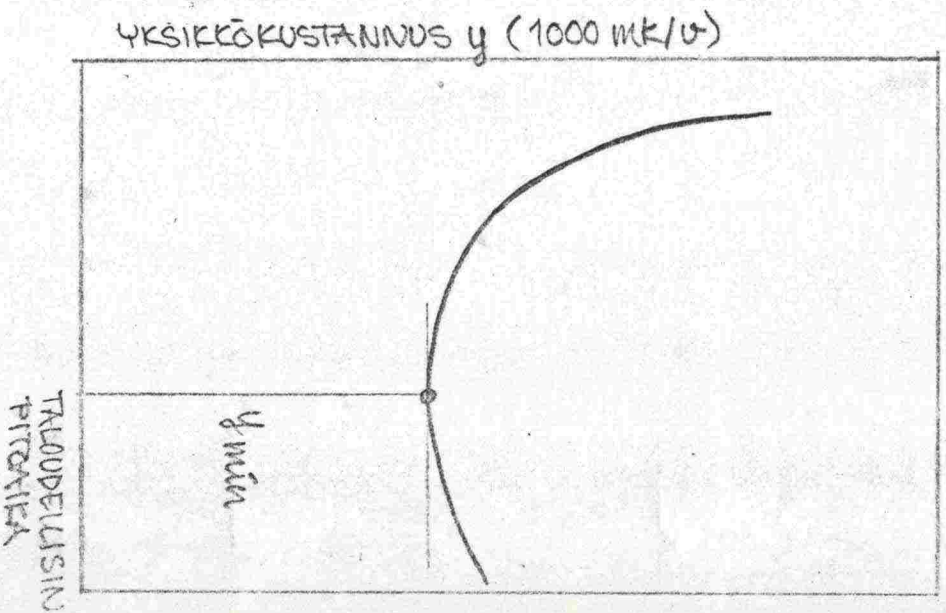
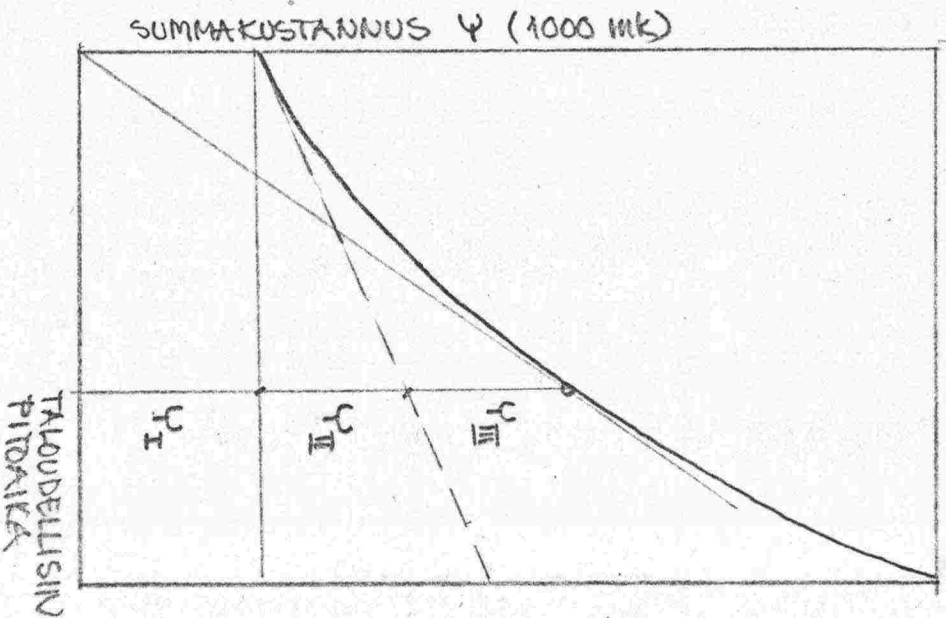
Painoluokka	H	Hv	P	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤10,0	-											
10,1-20,0	52000	72	16	49400	2000	3400	400	12400	2,11	1500	37000	5
>20,0	99000	135	25	94000	4000	6400	800	12400	2,11	2800	59000	5

## TÄRYLEVYT

Painoluokka kg	H	Hv	P kg	K	c <sub>1</sub>	c <sub>3</sub>	c <sub>5</sub>	k	L	y <sub>min</sub>	t <sub>z</sub>
≤ 200	2600	6	130	2500	100	170	6100	2,11	80	7300	5
201-350	5900	5	260	5600	100	400	6100	2,11	170	8700	5
351-600	4600	9	400	4400	200	300	6100	2,11	130	8200	5
601-1000	9000	10	700	8500	200	600	6100	2,11	260	10200	5
1001-1500	17600	14	1300	16700	400	1100	6100	2,11	500	14000	5
>1500	24800	22	2400	23600	700	1600	6100	2,11	700	17400	5

## LIITTEEN 8 KUVAAT

Kuvissa on esitetty konetyypeittäin eri paino- ym. luokille summakustannus- ja yksikkökustannuskäyrät. Kuvista voidaan lu-  
kea seuraavat asiat:



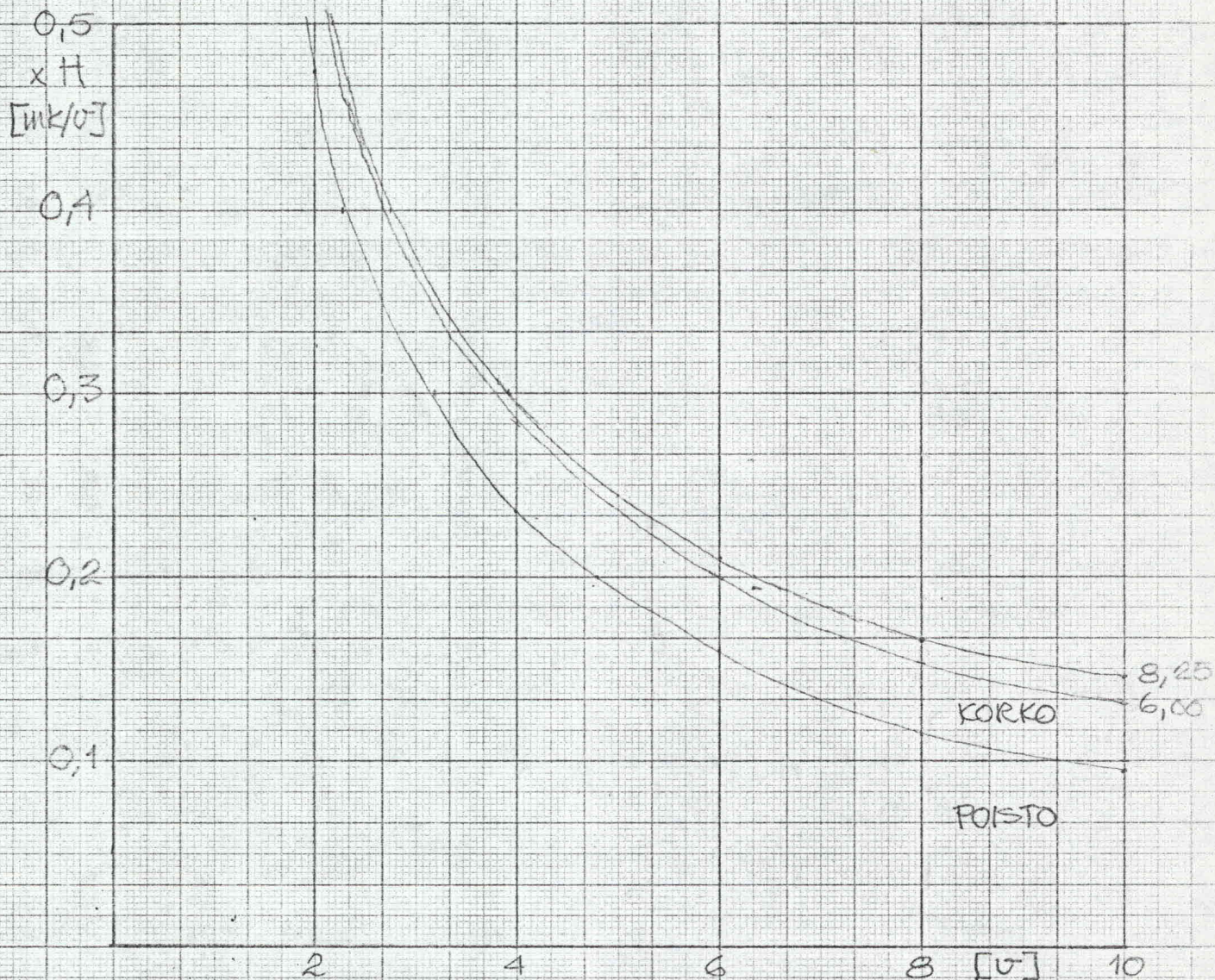
$$Y = Y_I + Y_{II} + Y_{III} = K + (c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5)t + Lt^k$$

$$y = \frac{K}{t} + c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 + Lt^{k-1}$$

PÄÄOHAKUSTANNOKSET = POISTO + KORRO

$$\frac{K}{t} + \frac{p}{100} \cdot \left( \frac{t+1}{2t} K + K_R \right) \quad K_R = \text{ROMUARVO} = 0,05H$$

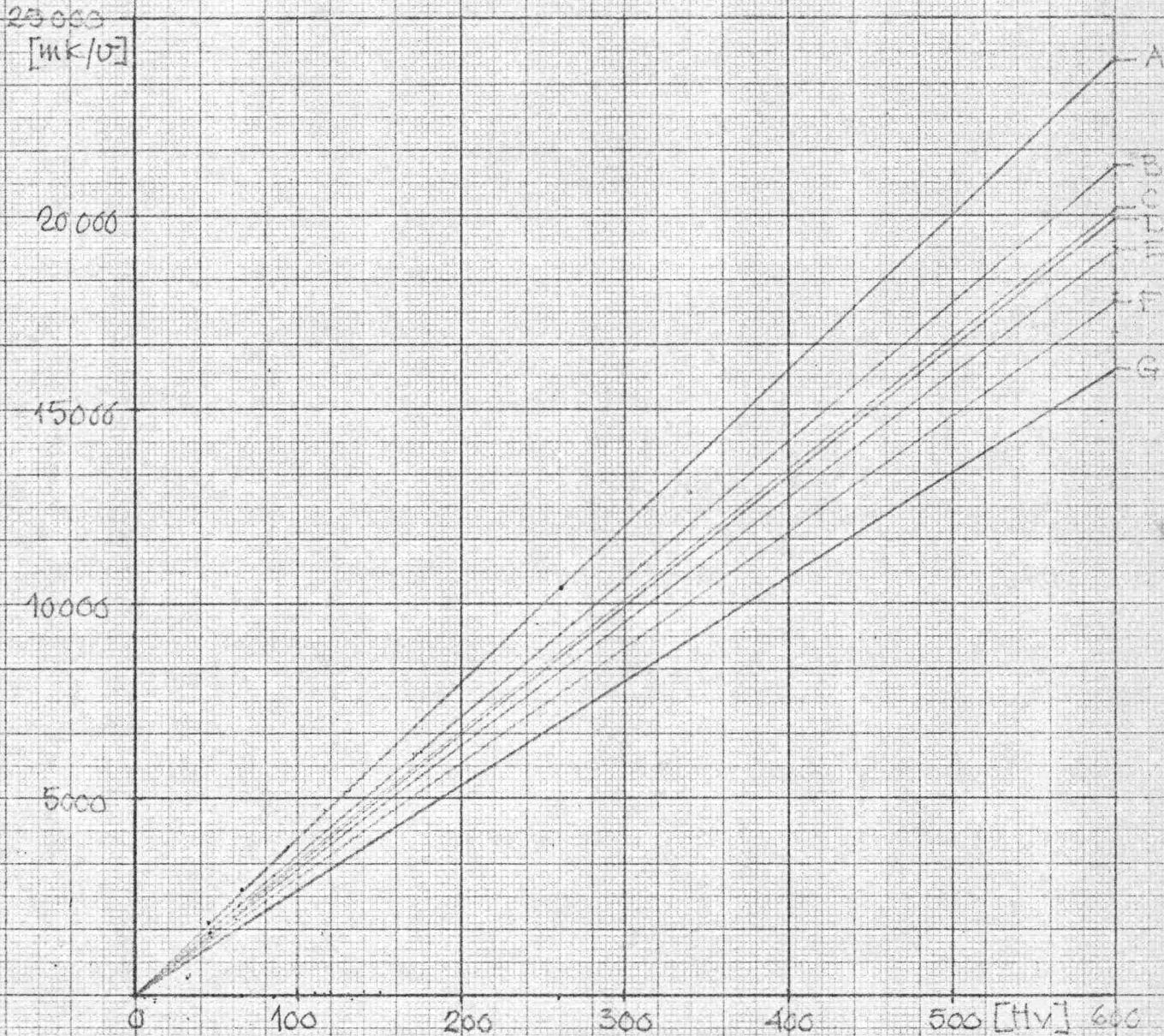
$$K = 0,95H \quad p = 6,00 \dots 8,25$$



C<sub>1</sub>

VUOTOISET POLTTO- JA VOITTELUVAINE-  
KUSTANNUKSET MOOTTORITEKON FUNKTIONA

OHINAISKULUTUS 0,22 l/kwh, POLTTOÖLYNHINTA 0,14 mk/l



- A TELAPUSKUTRAKTORIT, TELAKUORMAAJAT, MEKAANISET JA HYDRAULISET KAIVOKONEET
- B KUMIPYÖRÄPUSKUKONEET, 4-P-VEITAISET PÖRÄKUORMAAJAT, PÖRÄTRAKTORIT, TRAKTORIKUORMAAJAT
- C TIENÖPLÄT
- D TRAKTORIKAIVORIT
- E SIIRRETTÄVÄT KOMPRESSORIT
- F JVRÄT, TÄRVIEVYT
- G TRAKTORIKOMPRESSORIT

KALUOTORAONEET, MAAILUKONEET, PONTTIKÄSÄRÄT  
150 MK/0

C<sub>2</sub>

VUOTUISET RENGASKUSTANNUKSET  
RENGASKERRAN HINNAN FUNKTIONA

25000  
[mk/v]

20000

15000

10000

5000

10000

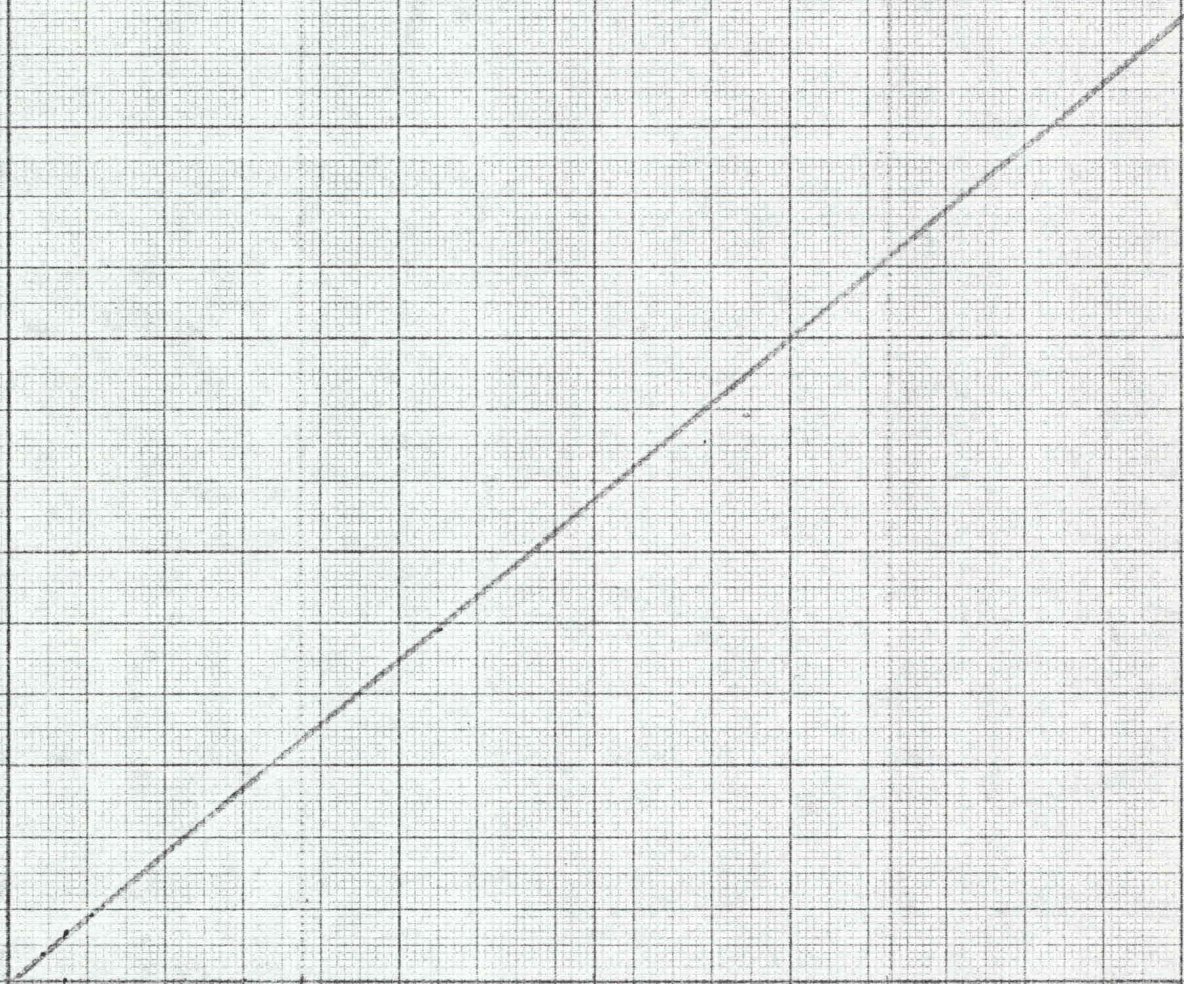
20000

30000

[mk]

40000

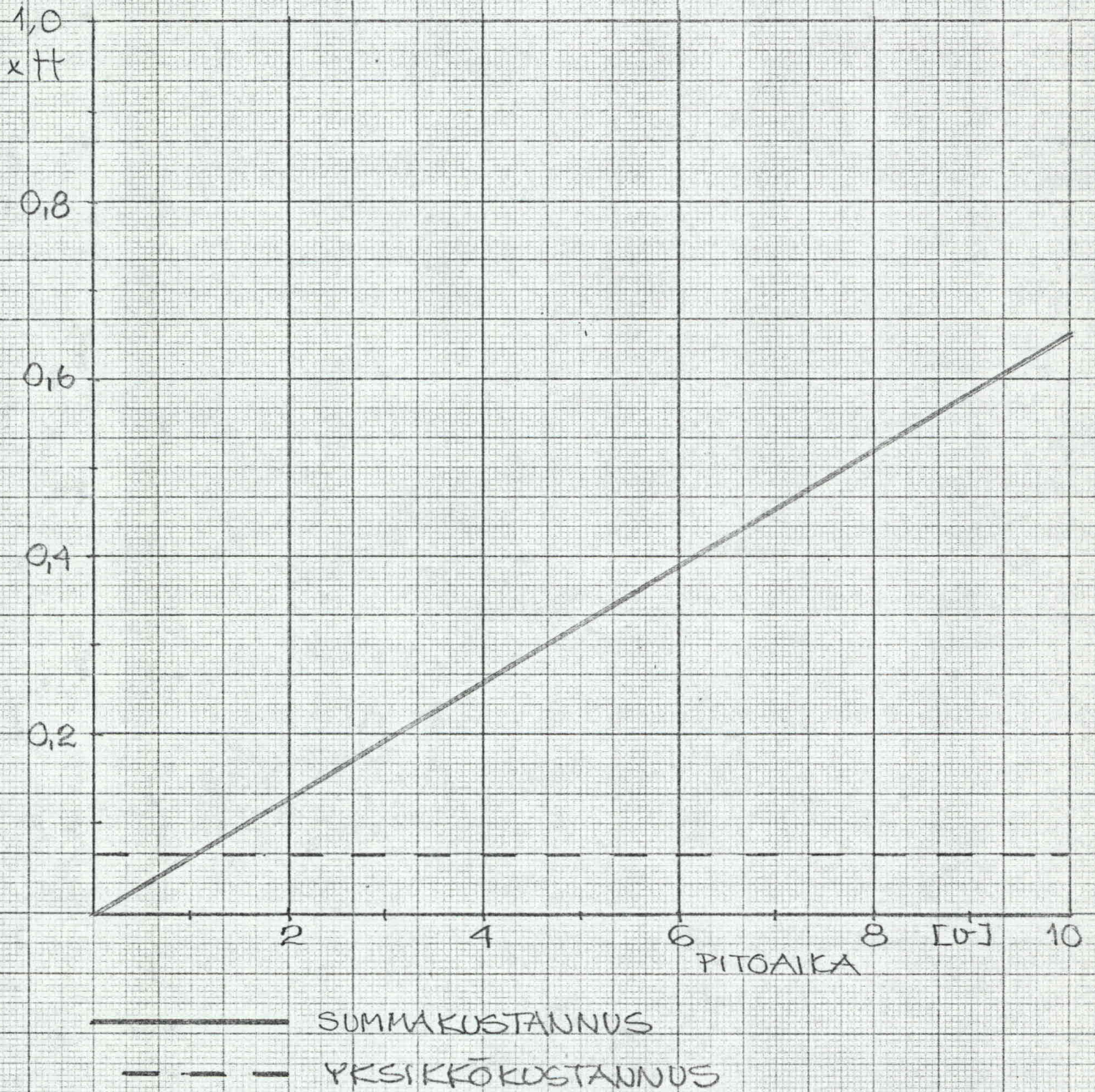
R

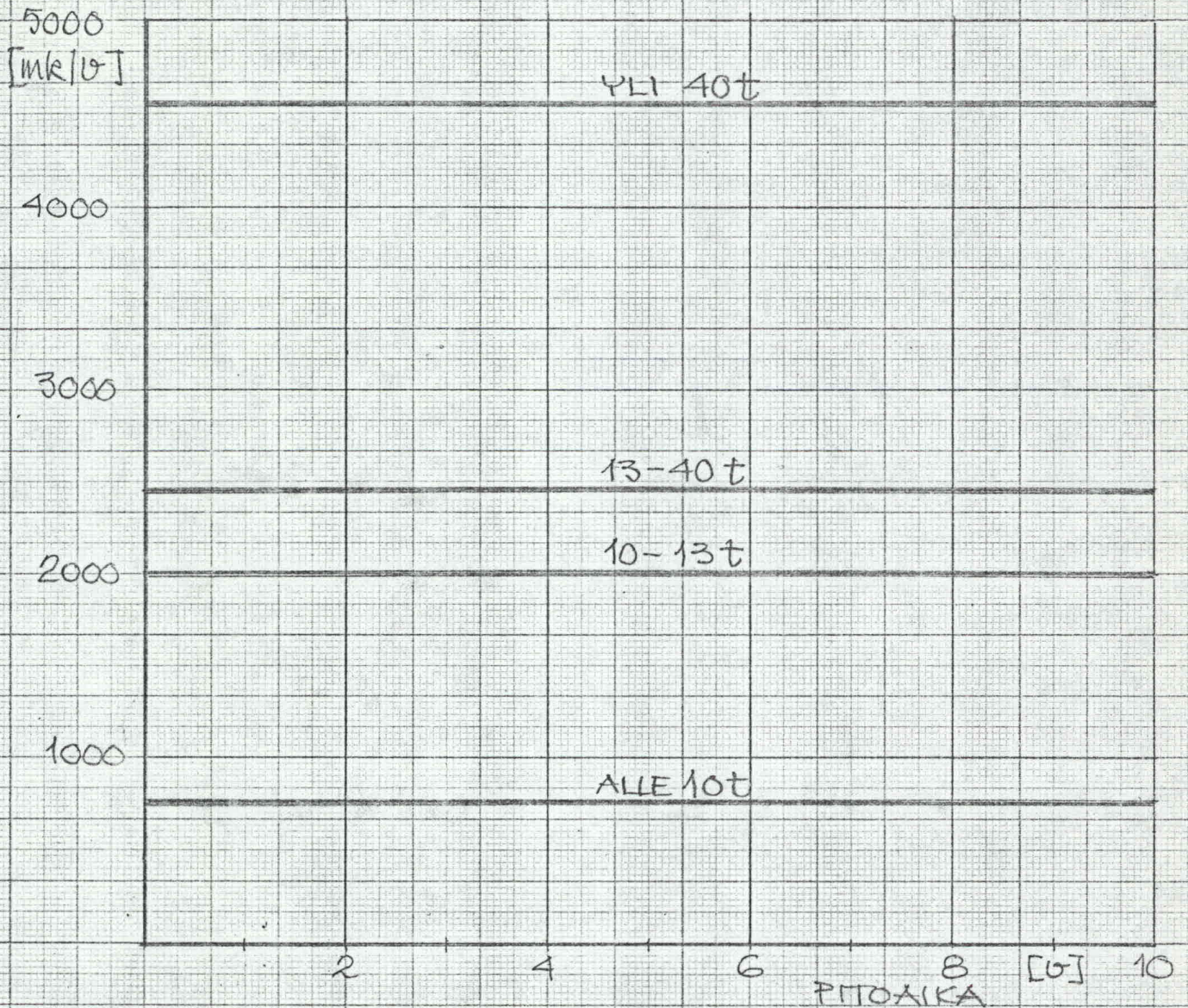




$$C_3 = 0,065 \times t$$

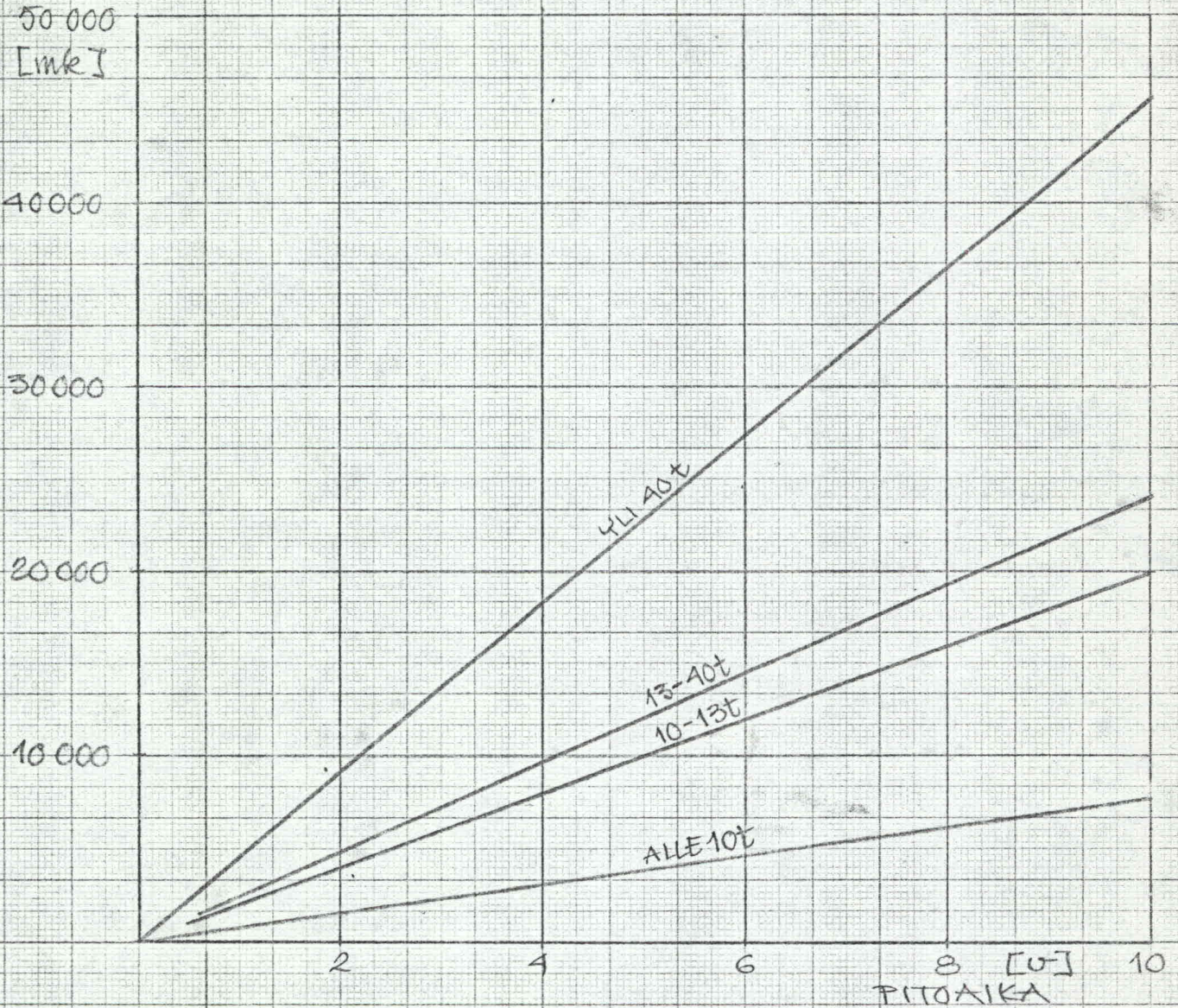
## HALLINTOKUSTANNUKSET PITÄJÄN FUNKTIONA



C<sub>4</sub>KONEEN VUOTUISET SIIRTOKUSTANNUKSET  
KONEEN PAINON JA PITOAIKAN FUNKTIONANÄMÄ SIIRTOKUSTANNUKSET EIVÄT KOSKE  
OMALLA VOIMALLA SIIRRETTÄVIÄ KONEITA

# KONEEN SIIRTOKUSTANNUKSET

LIITE 5 II

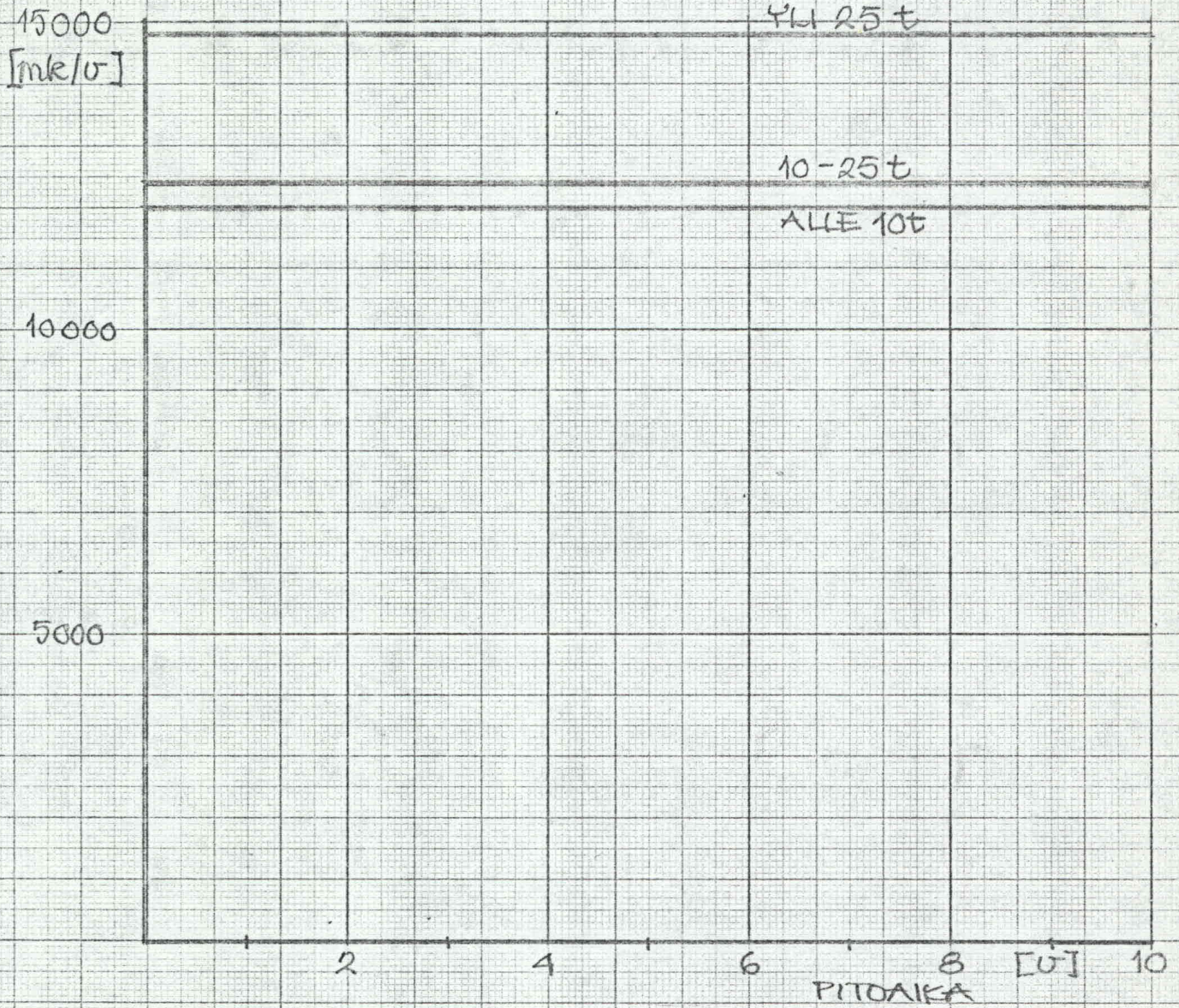


KILOMETRIHINTA 0,87 mk/km ON KUORMA-AUTOILIJAIN  
ANSIOTASON TUTKIMUSTOIMIKUNNAN 1967 OSAMIETINNÖN  
MUKAINEN MATKATAKSA AUTOLLE, JONKA KANTAVUUS  
ON VÄHINTÄÄN 8251 kg. (TVH)

KULJETUSALUSTALLA SUORITETTAVIEN SIIRTOJEN HINNAT  
ON SAATU KULJETUSLIKKEIDEN HINNUKSTOISTA. (TVH)

C<sub>5</sub>

VUOTUISET PALKKAKUSTANNUKSET KONEEN PAINON  
JA PITOAJAN FUNKTIONA



# PALKKAKUSTANNUKSET

LIITE 6 II

150000  
[mk]

100000

50000

2

4

6

8 [v]

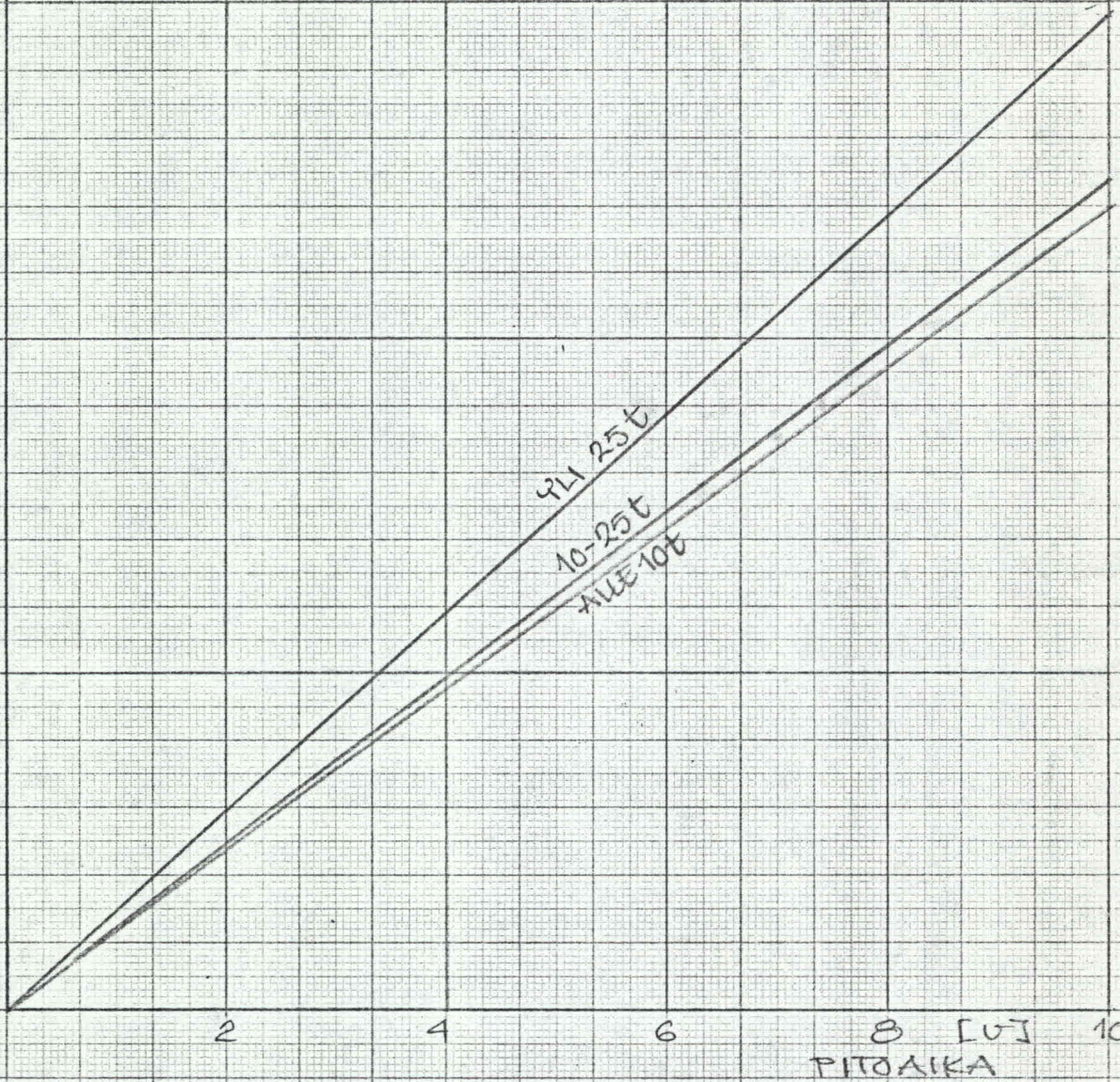
10

PITOAIKA

41-25t

10-25t

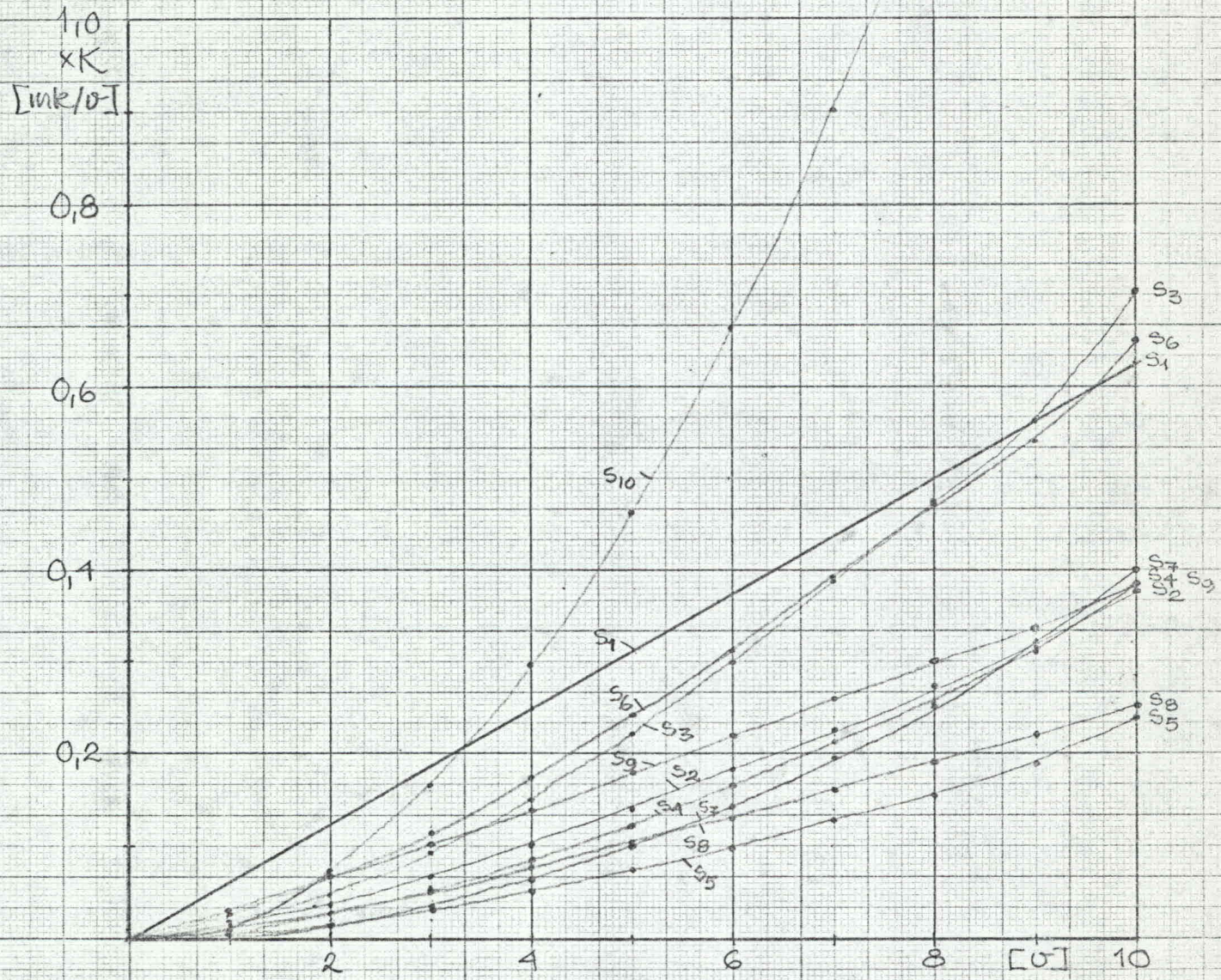
11E-10t



# KORJAUSTEN JA ENNAKKOVALUON YKSIKÖKUSTANNUKSET

LIITE 7  
I

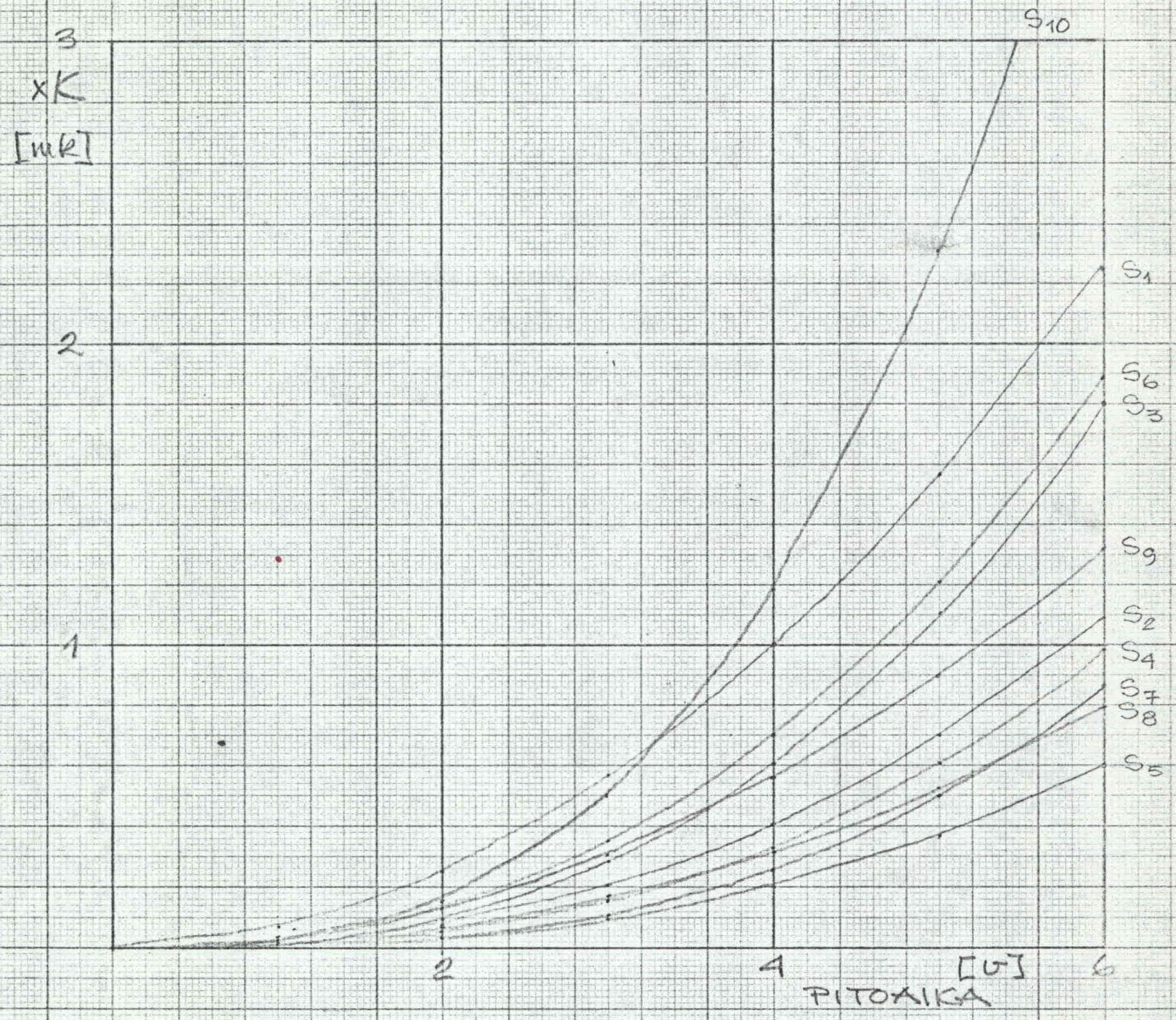
$$s = L \cdot t^{k-1}$$



- S<sub>1</sub> TELAPUSKUTRAKTORIT, TELAKUORMAAJAT
- S<sub>2</sub> KUMIPYÖRÄPUSKUTRAKTORIT, A-P-VET. TYÖRÄKUORMAAJAT, TRAKTORIKUORMAAJAT, TIEHÖYLÄT
- S<sub>3</sub> MEK. KAIVUKONEET ALLE 27t, HYDR. KAIVUKONEET ALLE 18t,
- S<sub>4</sub> MEK. KAIVUKONEET 27-60t, HYDR. KAIVUKONEET YLI 18t
- S<sub>5</sub> MEK. KAIVUKONEET YHI 60t, SIIRRETTÄVÄT KOMPRESSORIT, PONTTIASARAT
- S<sub>6</sub> TRAKTORIKAIVURIT
- S<sub>7</sub> PYÖRÄTRAKTORIT
- S<sub>8</sub> TRAKTORIKOMPRESSORIT
- S<sub>9</sub> TÄRYJYRÄT, VALSSIJYRÄT, KUMIPYÖRÄJYRÄT, TÄRYLEVYT
- S<sub>10</sub> KAIHOPORAKONEET, MAAKILAKONEET

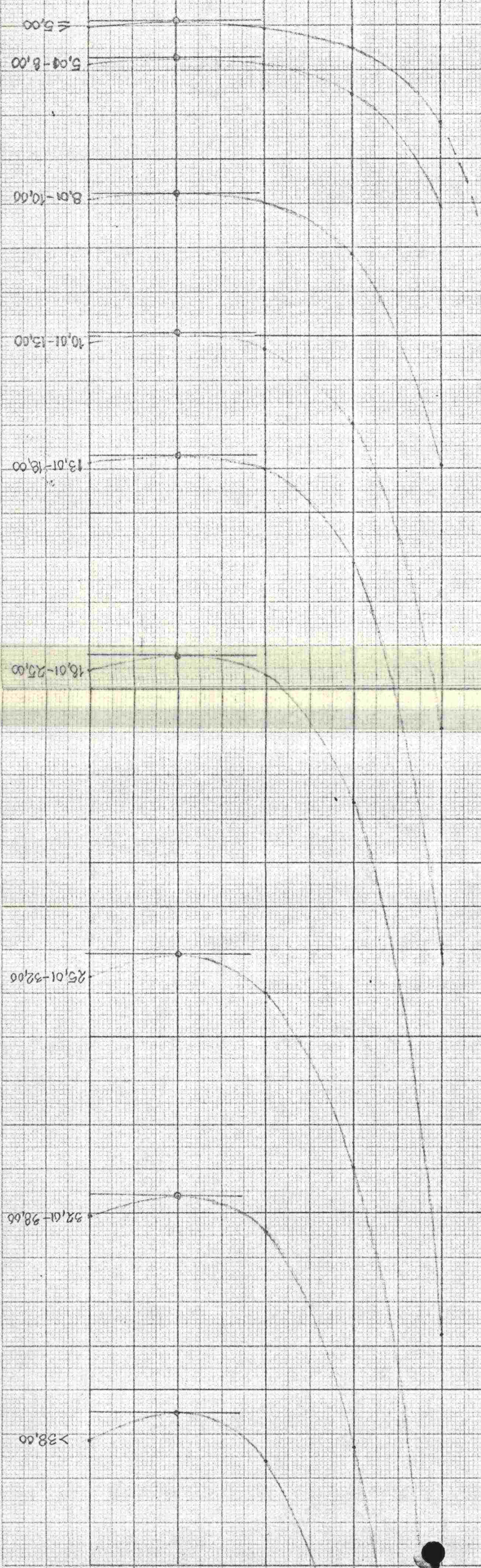
# KORJAUSTEN SUMMAKOSTAINDORSET

$$S = Lt^k$$



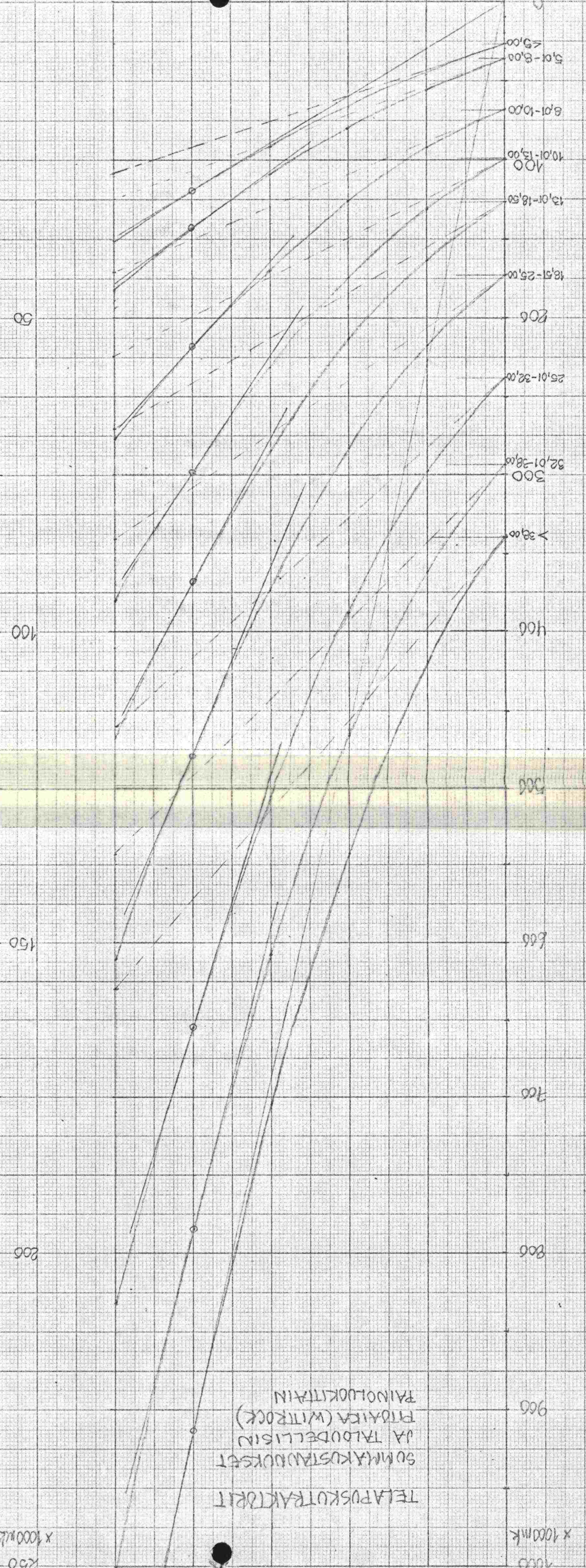
$$S_i = kts, \text{ LIITE 7}_I$$

TEIAPUSKUTRAKTORIT  
 KOKOAIKSIKKO-  
 KOSIANKUSET,  
 TUOPELUSIIPITD-  
 AICA DA YKSIKO-  
 KUSTANUSMIINI  
 4101 5



250  
 x 1000mL

TEIAPUSKUTRAKTORIT  
 SUMAKUSTANUKSET  
 JA TALOUELLISIA  
 PITAKA (WITROCK)  
 PAINOLUKITAIN



1000  
 x 1000mL



# PYÖRÄPUSKOKONEET

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄIKÄ  
(WITROCK)

KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄIKÄ  
YKSIKÖKUSTANNUSMINIMI

1000  
x 1000 mk

200  
x 1000 mk

500

100

20,01-25,00

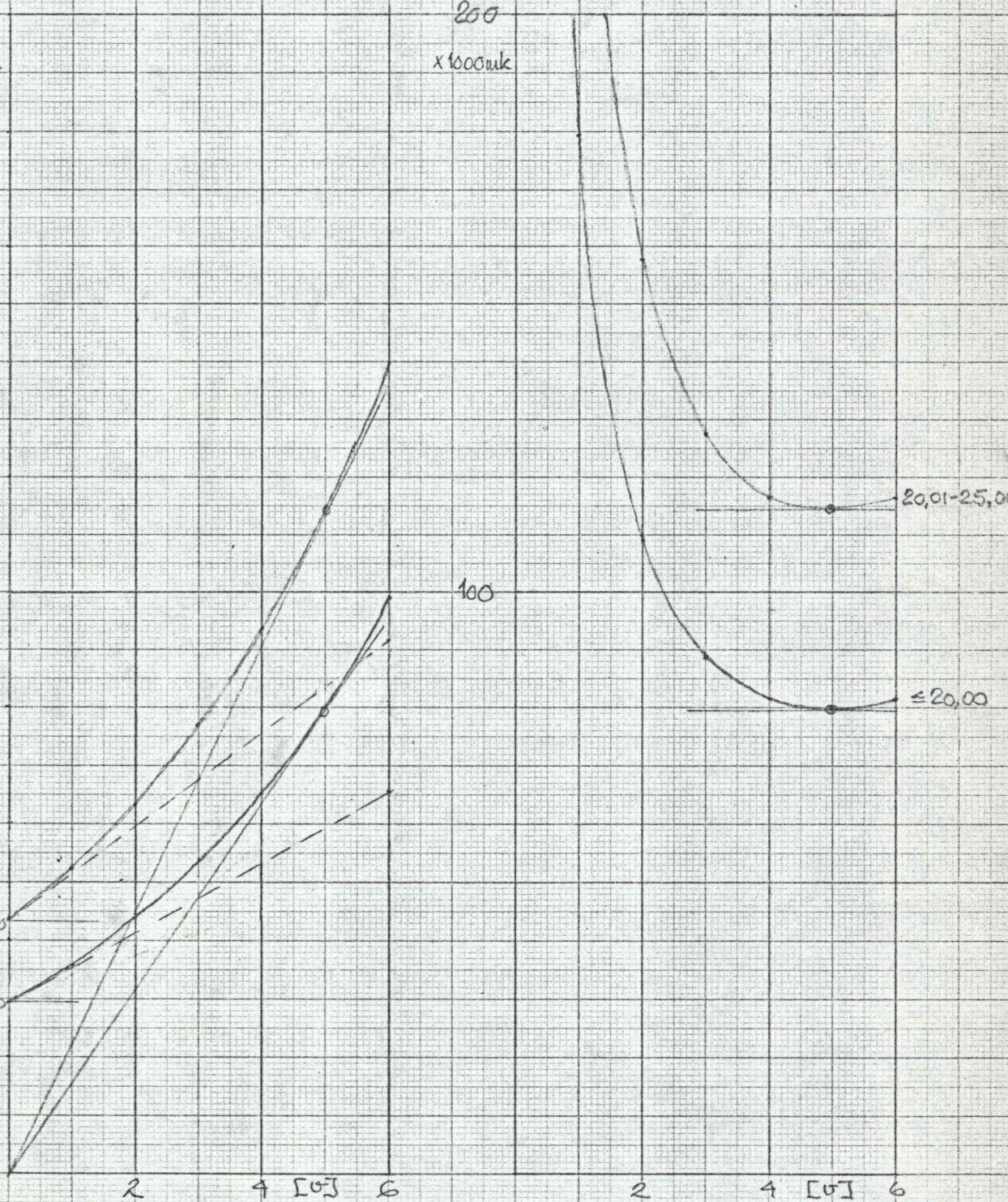
≤ 20,00

20,01-25,00

≤ 20,00

2 4 [0] 6

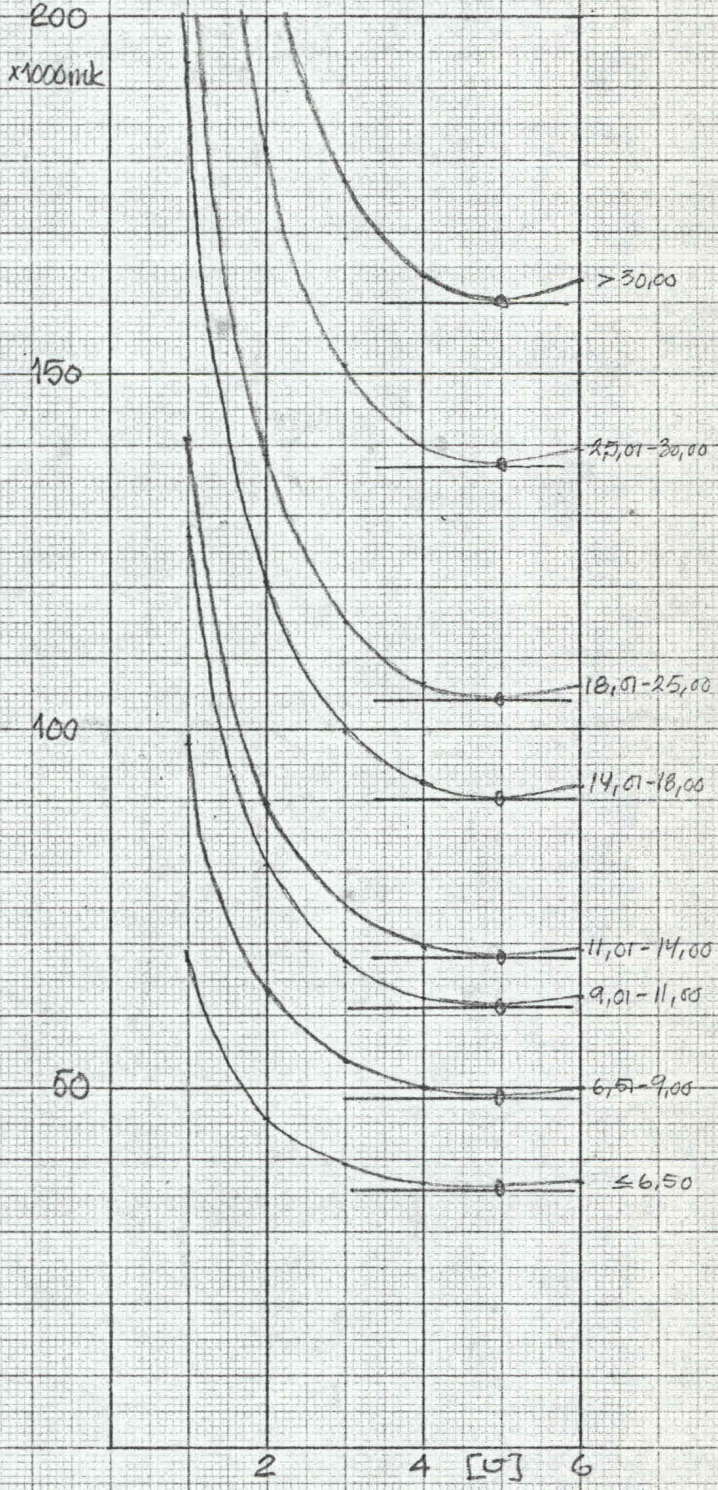
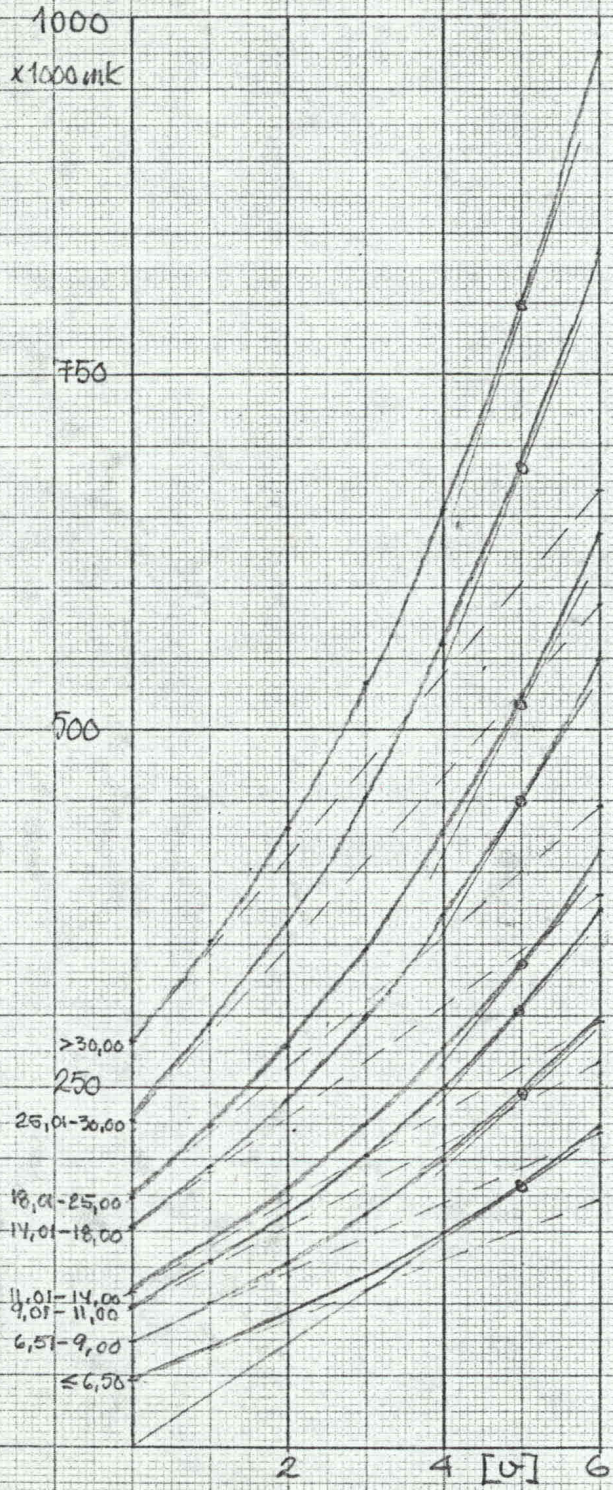
2 4 [0] 6



# 4-PYÖRÄVETOISET PYÖRAKUORMAAJAT

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA

KOKONAISYKSIKKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA  
YKSIKKÖKUSTANNUSMINIMI



# TELAKUORMAAUJAT

SUMMAKUSTANNUS  
TRUODELLISIN PITÄRIKÄ

KOKONAISYKSİKÖKUSTANNUS  
TRUODELLISIN PITÄRIKÄ  
YKSİKÖKUSTANNUSMINIMI

800  
x1000mk

200  
x1000mk

600

150

400

100

200

50

17,01-22,00

13,51-17,00

11,51-13,50

9,01-11,50

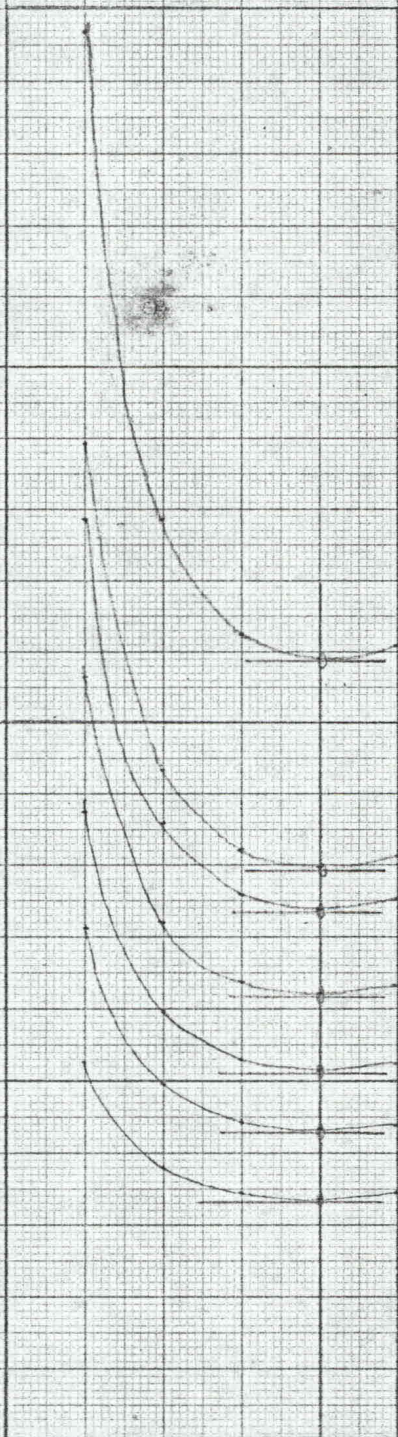
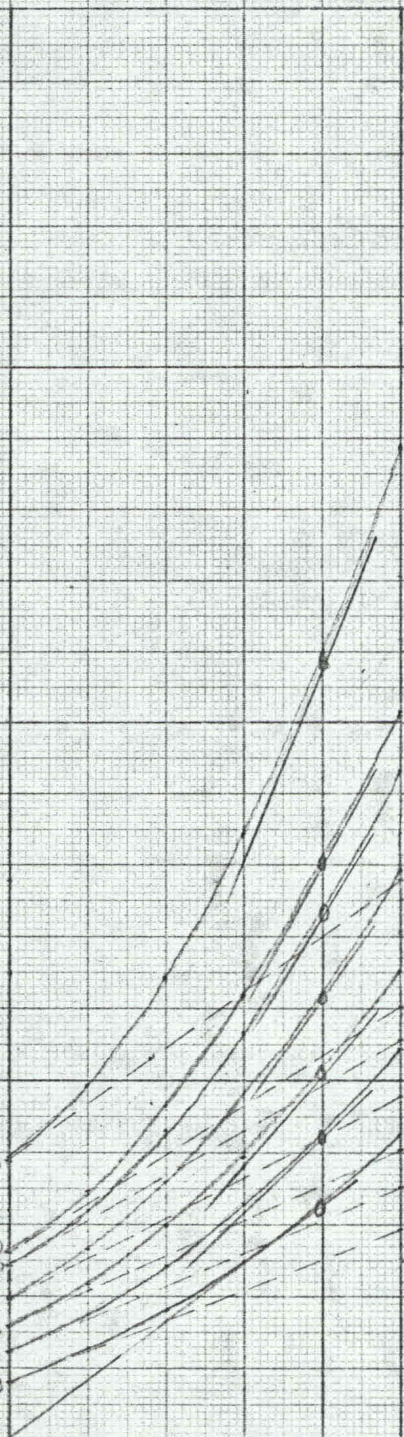
7,51-9,00

5,51-7,50

≤5,5

1 2 3 4 5

1 2 3 4 5



# MEKAANISET KAIVUKONEET

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA

KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKÖKUSTANNUSMINIMI

1000  
x1000mk

250  
x1000mk

750

200

500  
760,00

150

760,00

40,01-60,00

27,01-40,00

18,01-27,00

15,01-18,00

8,01-13,00

≤ 8,00

250  
40,01-60,00

27,01-40,00

18,01-27,00

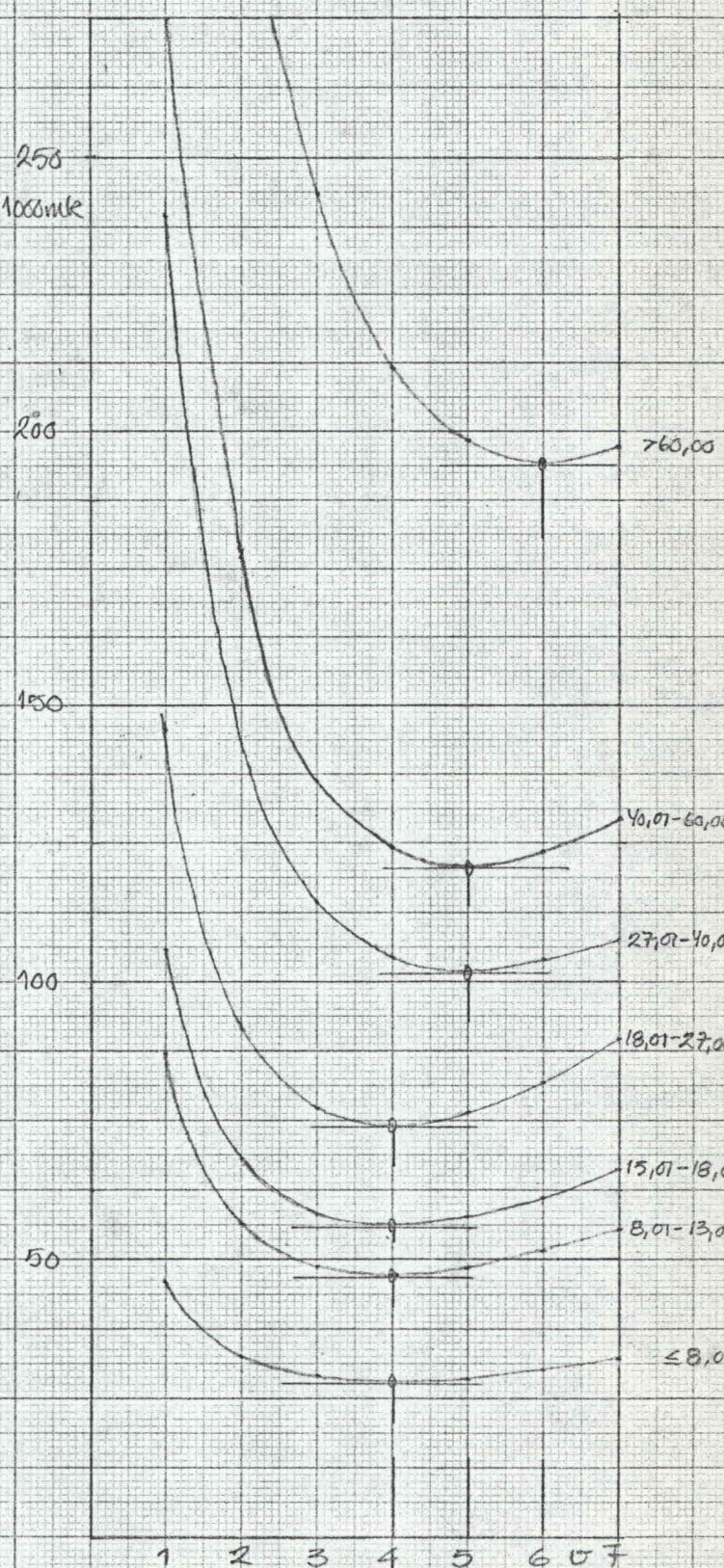
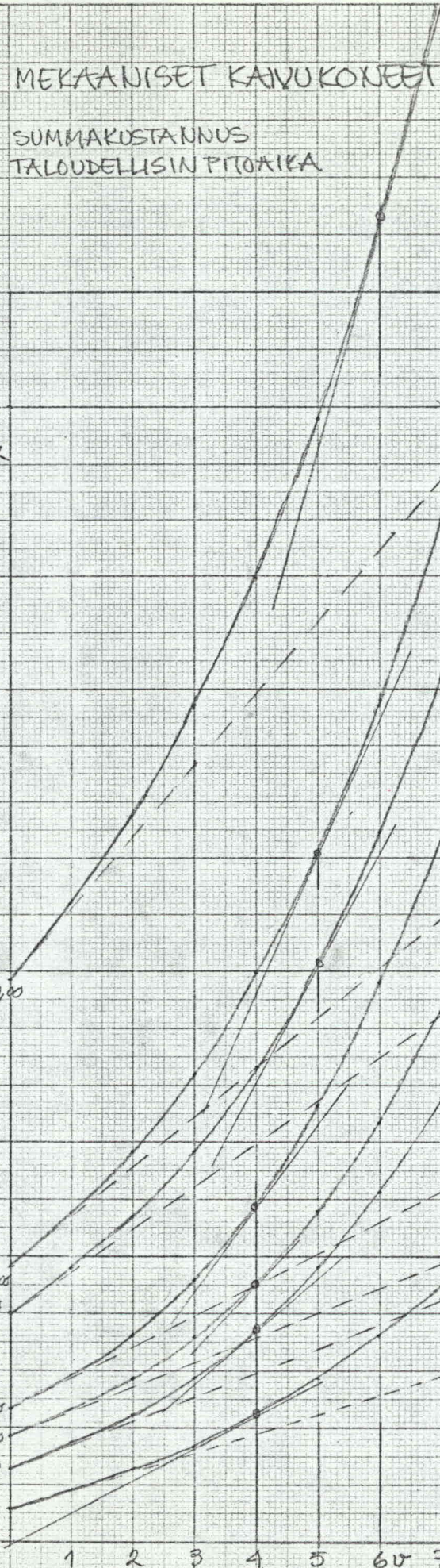
13,01-18,00

8,01-13,00

≤ 8,00

1 2 3 4 5 6 7

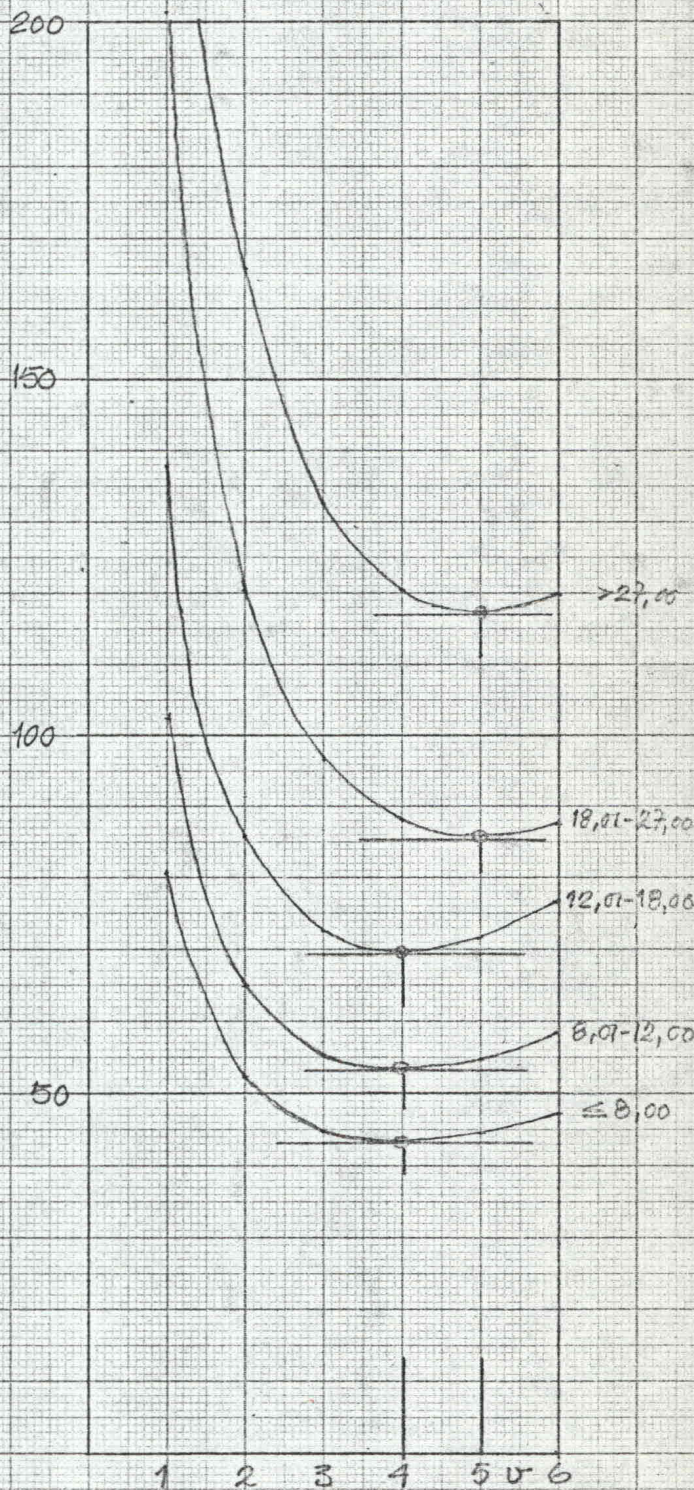
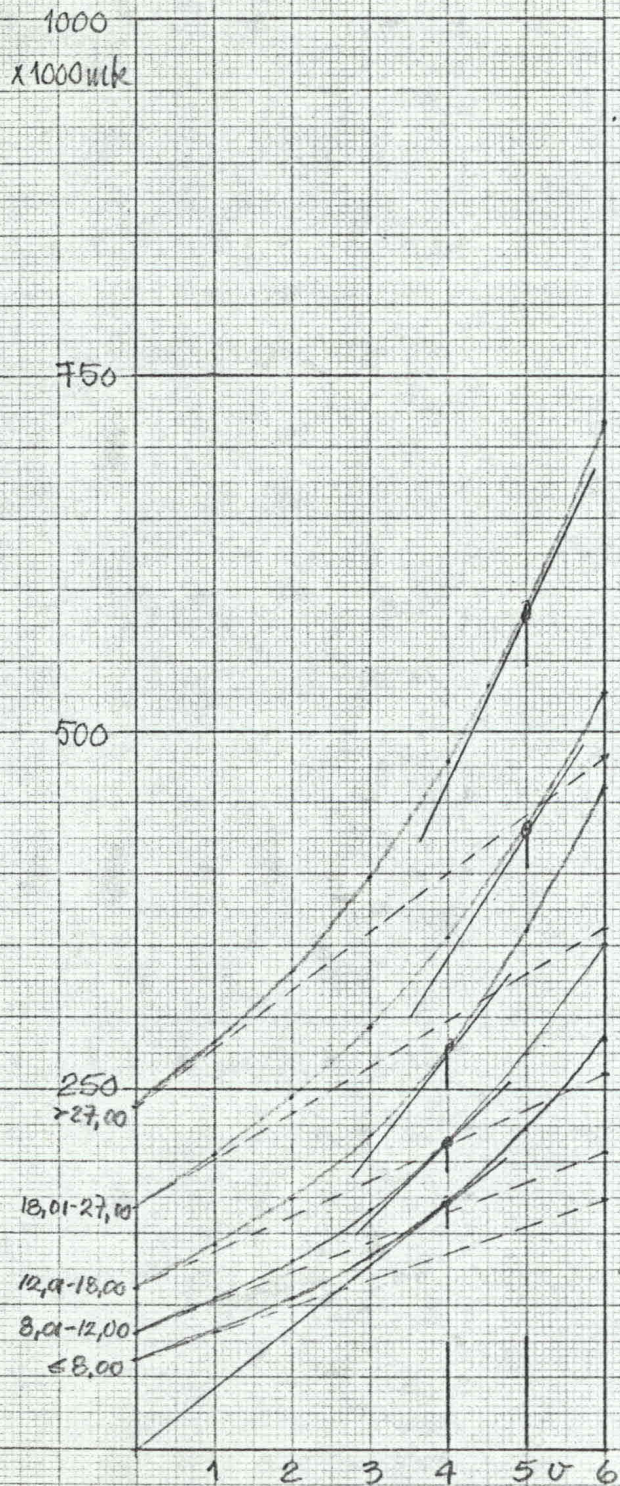
1 2 3 4 5 6 7



# HYDRAULISET KAIYUKONEET

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA

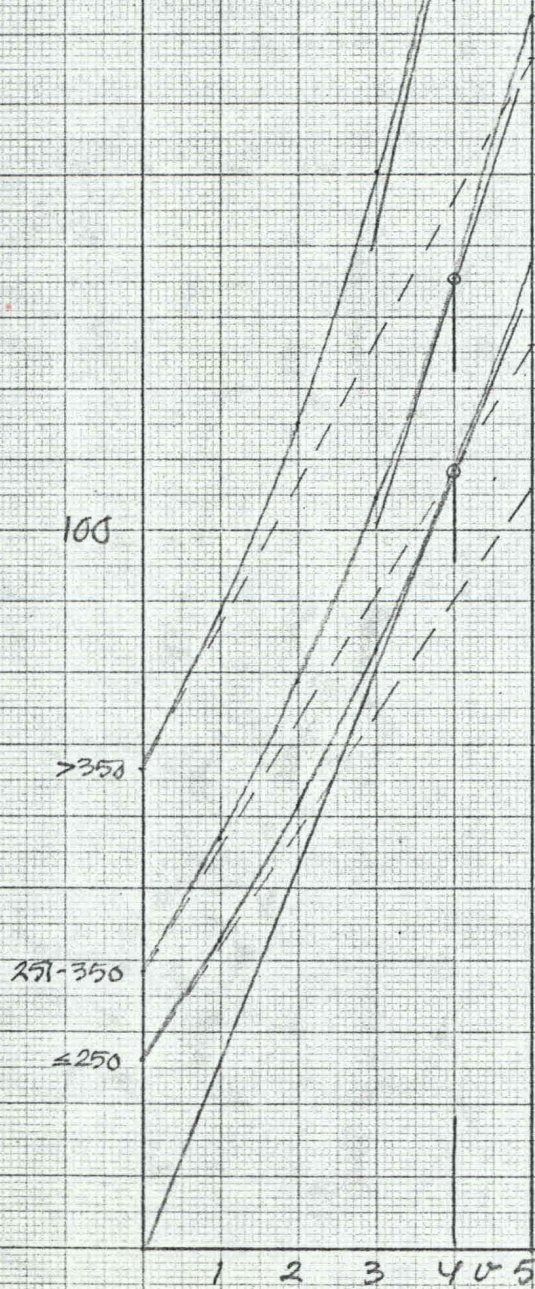
KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKÖKUSTANNUSMINUTI



# TRAKTORIKAIVURIT

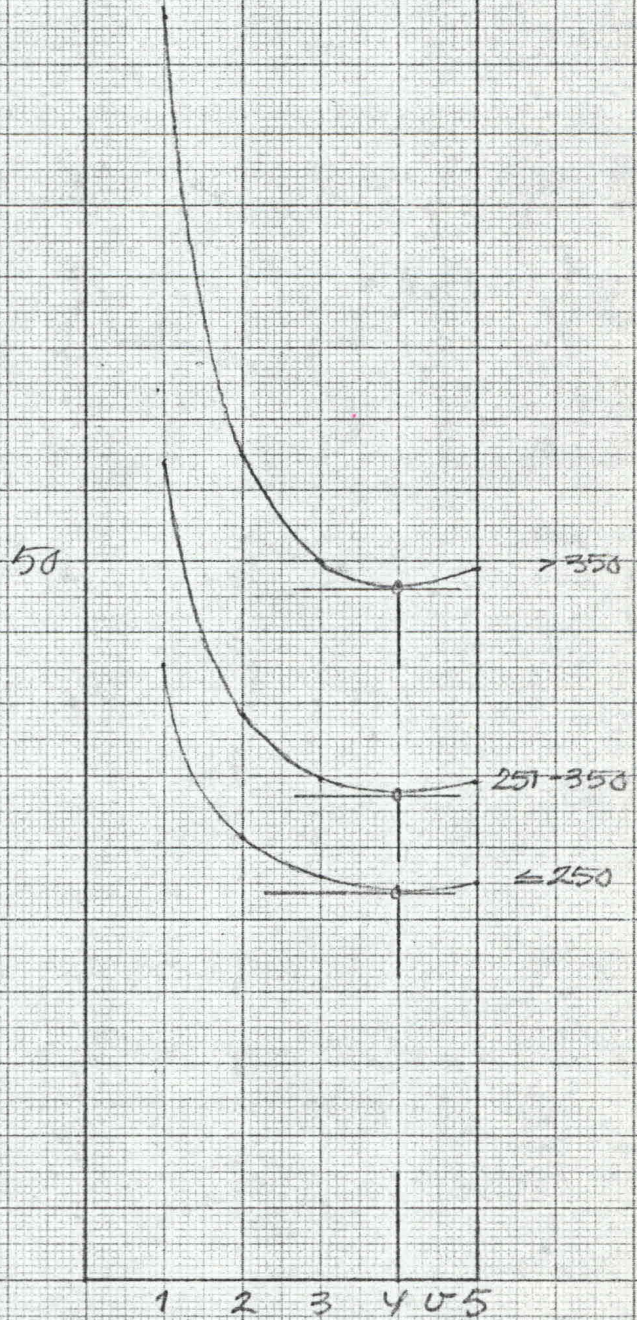
SOMMAKUSTANNUS,  
TALOUDELLISIN  
PITOAIKA

200  
x 1000 mk



KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKÖKUSTANNUSMINIMI

100  
x 1000 mk



# PYÖRÄTRAKTORIT

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN  
PITOAIKA

KOKONAISYKSIKKOKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKKOKUSTANNUSMINIMI

200  
x 1000 mk

100

100

50

>130

101-130

76-100  
61-75  
51-60  
41-50  
≤40

>130

101-130

76-100

61-75

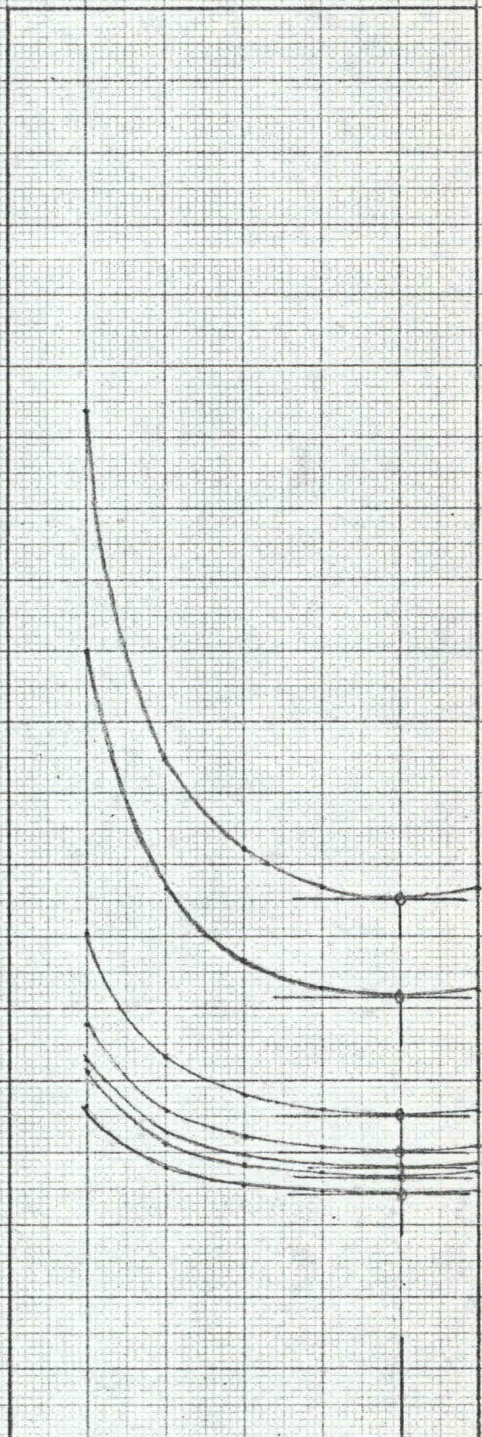
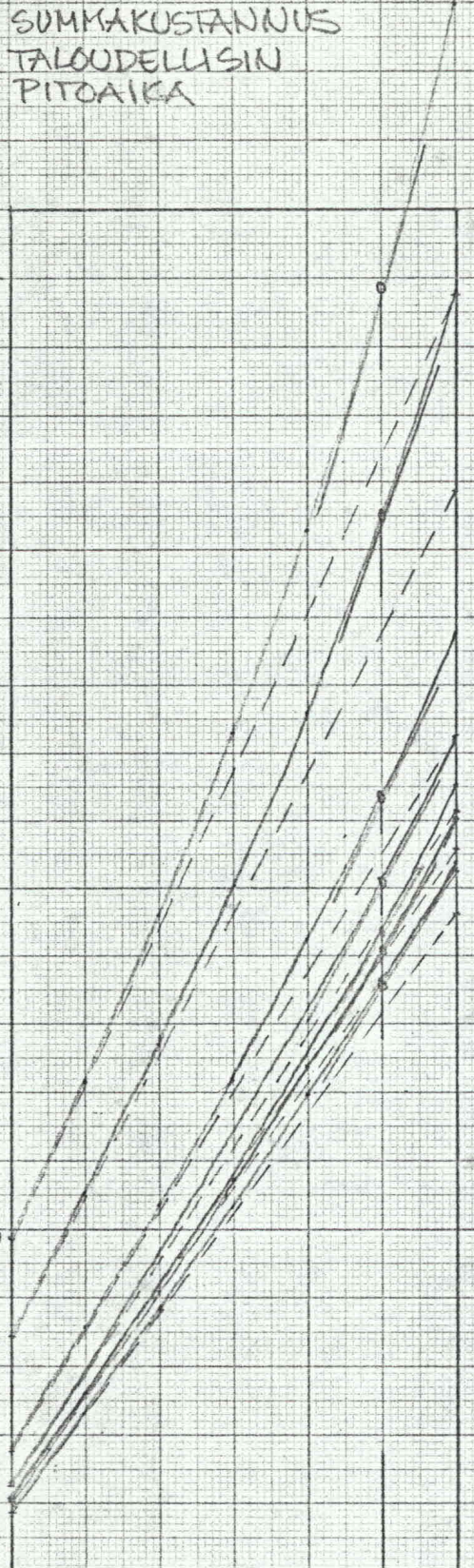
51-60

41-50

≤40

1 2 3 4 5 6

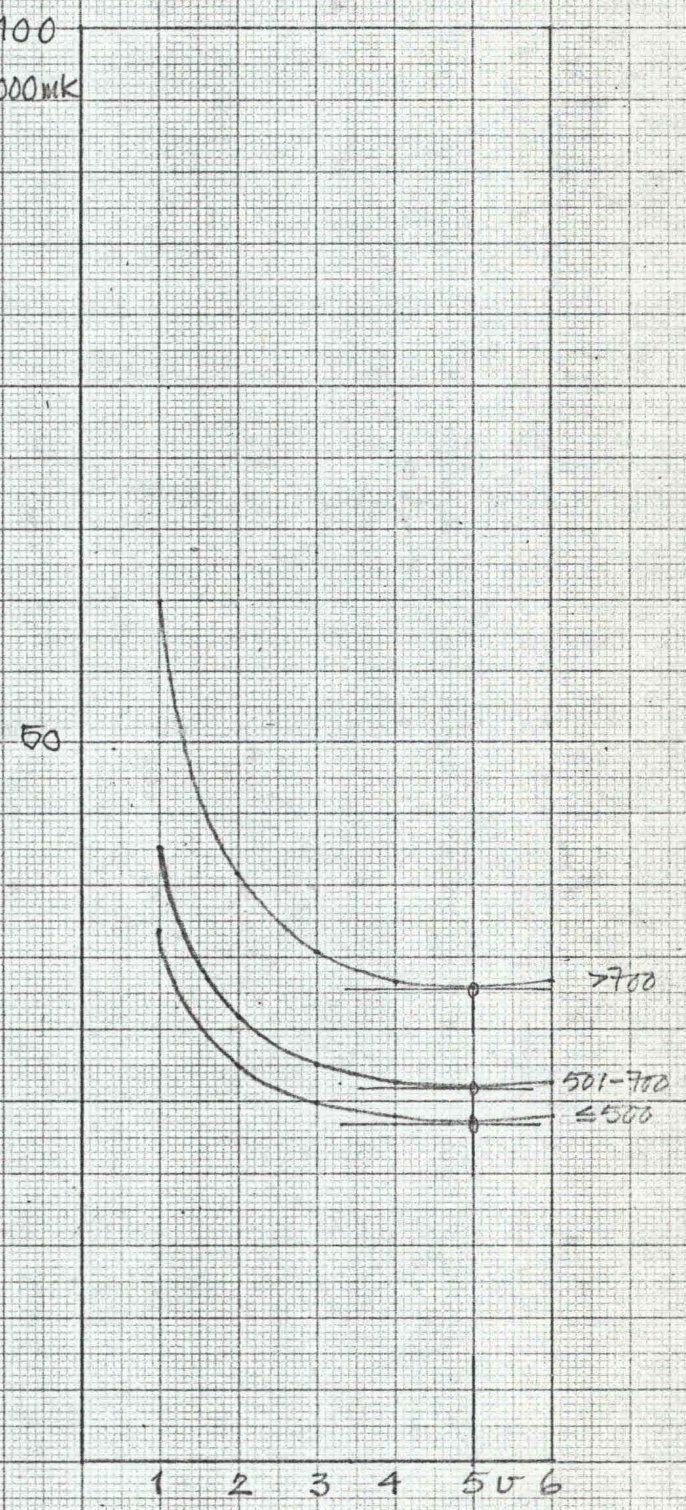
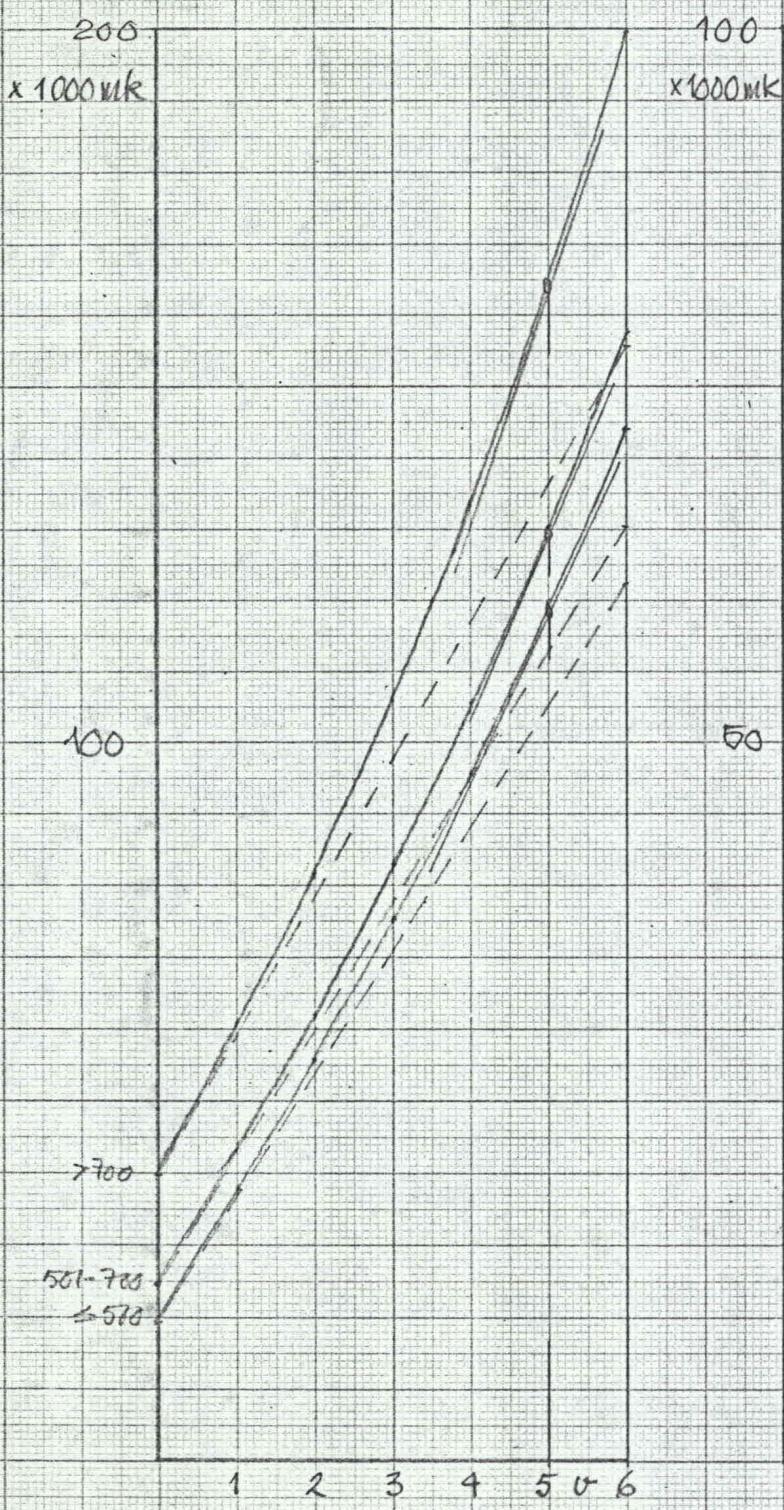
1 2 3 4 5 6



# TRAKTORIKUORMAAJAT

SOMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA

KOKONAISYKSIKKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKKÖKUSTANNUSMINIMI

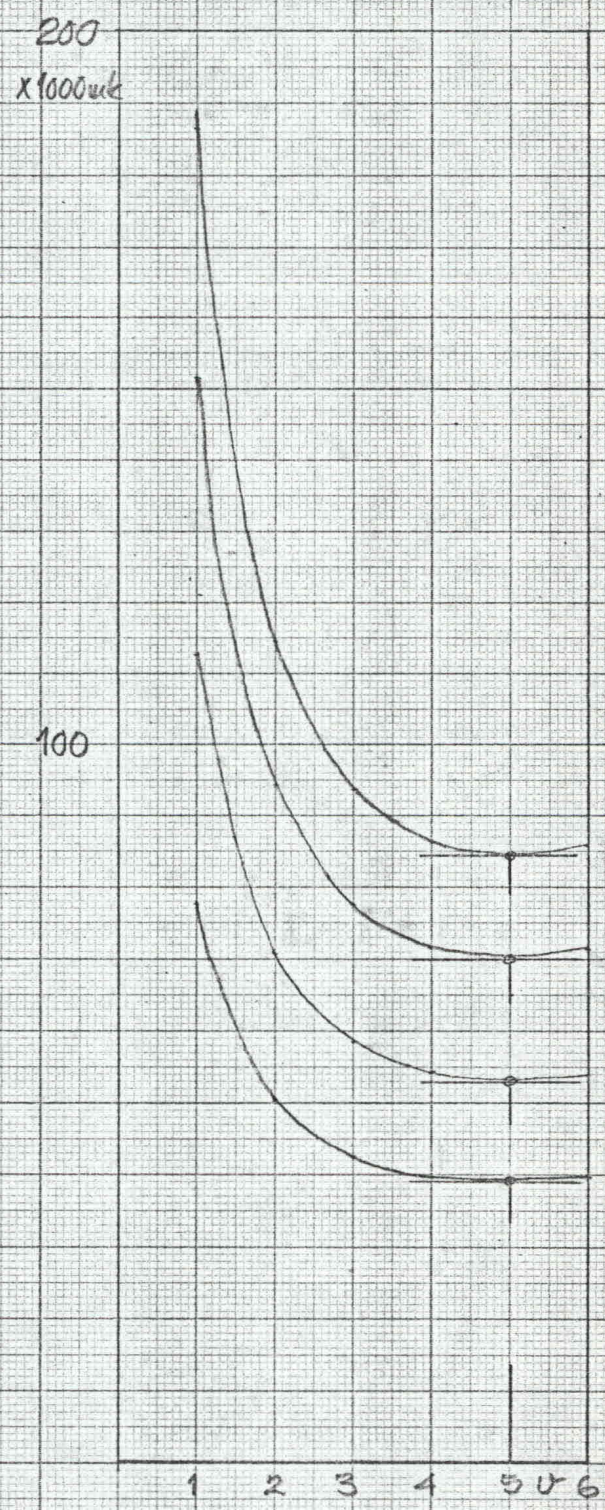
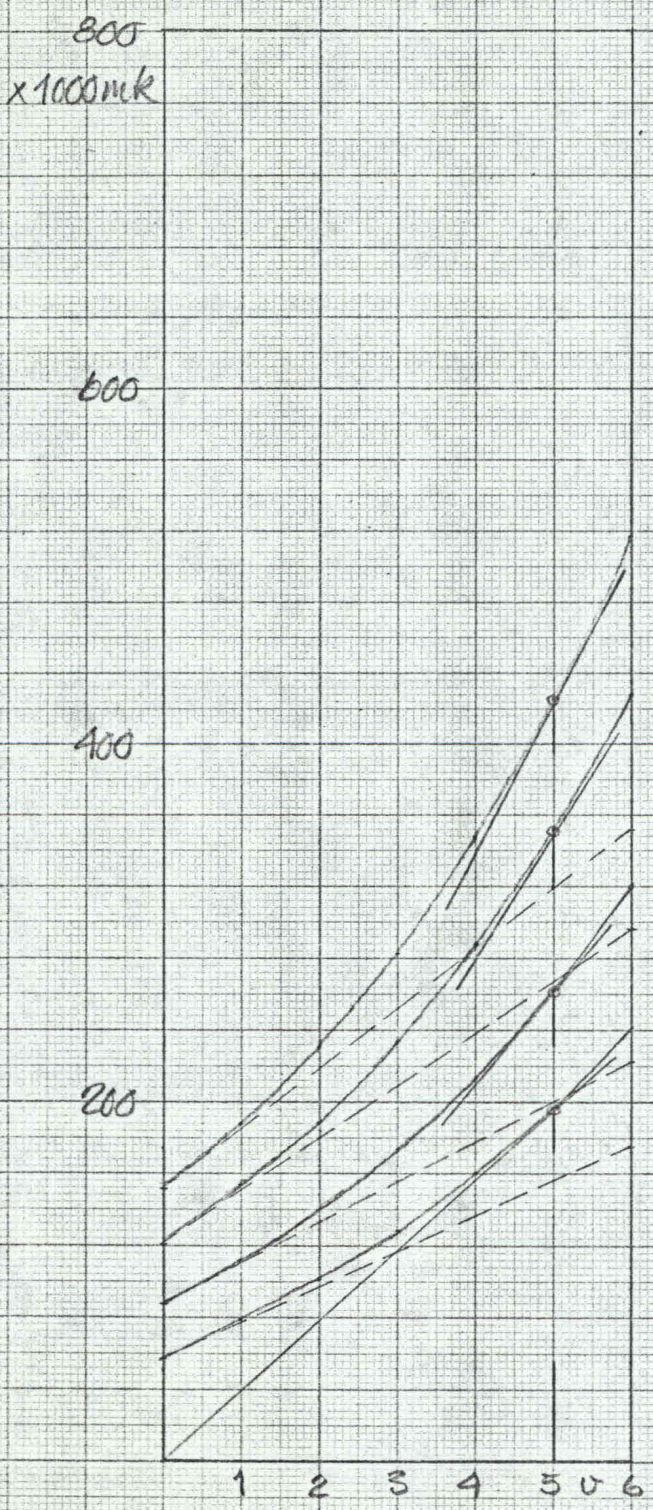




# TIEHÖYLÄT

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA

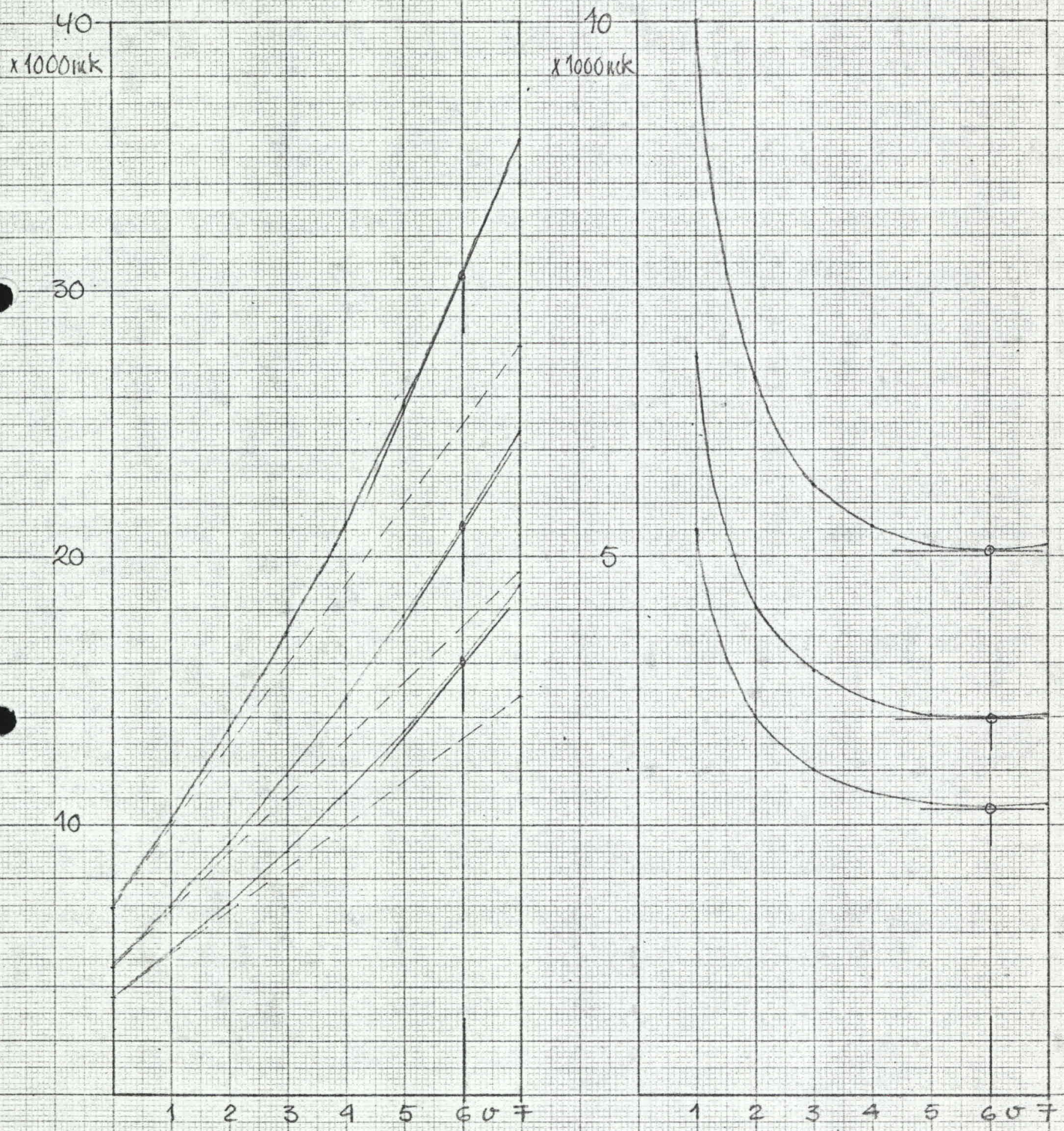
KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA  
YKSIKÖKUSTANNUSMINIMI



# TRAKTORIKOMPRESSORIT

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA

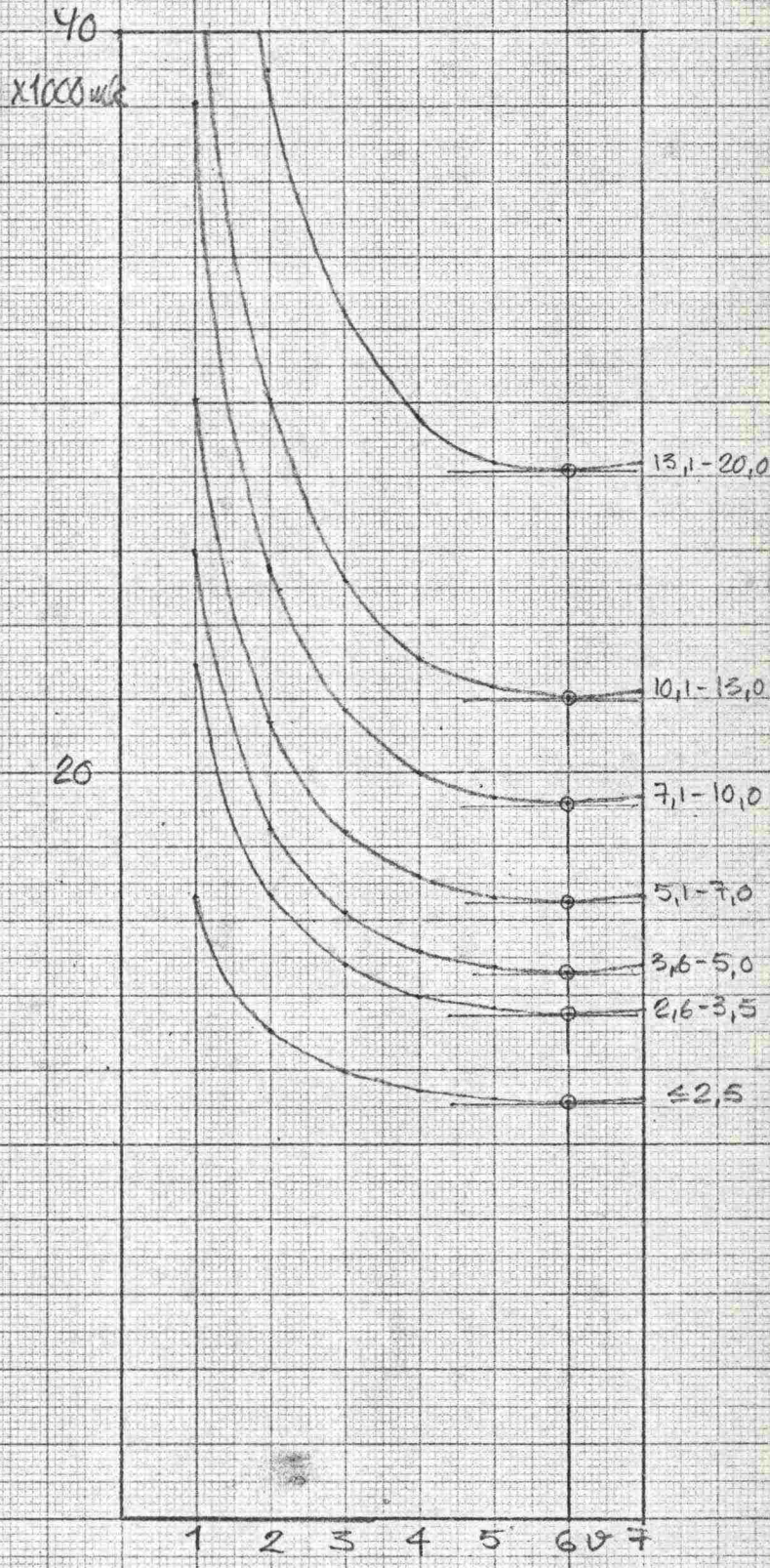
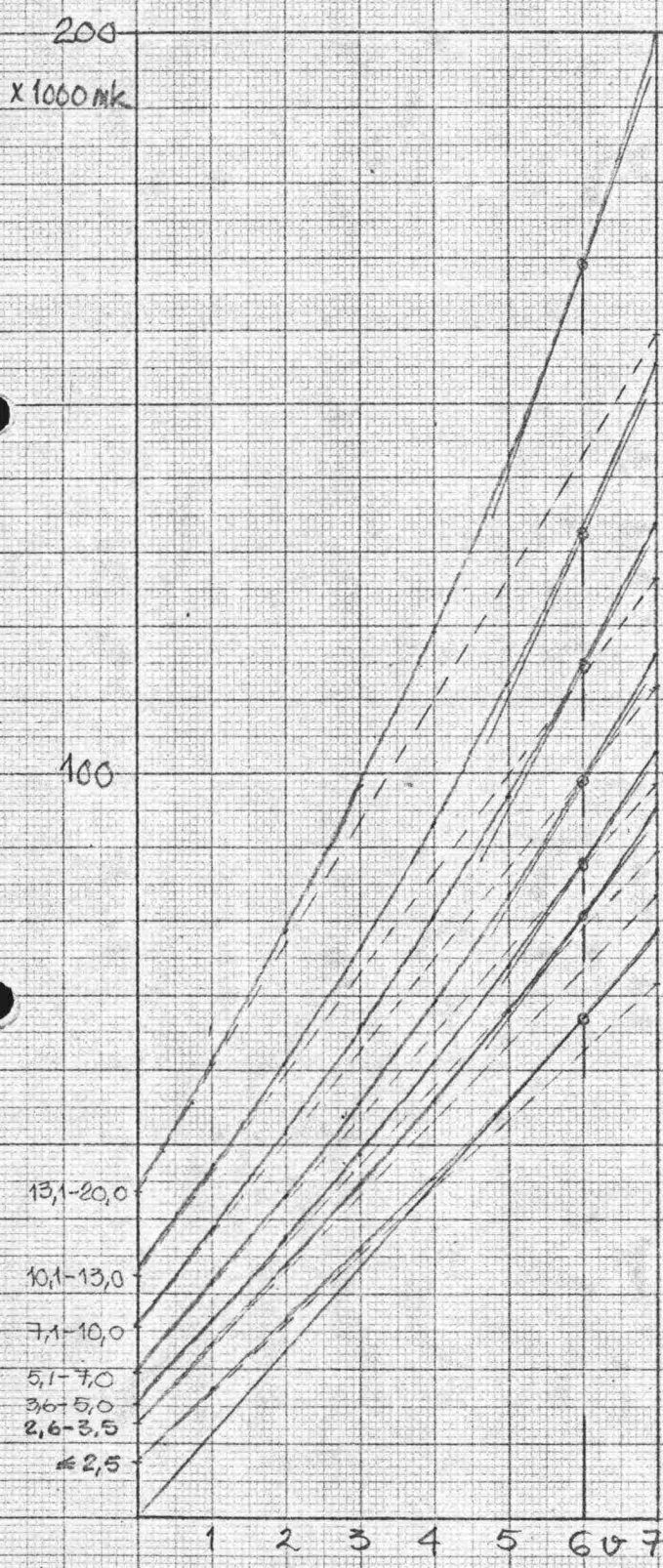
KOKONAISYKSIKKOKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKKOKUSTANNUSMINIMI



# SIIRRETTÄVÄT KOMPRESSORIT

SUMMAKUSTANNUKSEN  
TALOUDELLISIN PITÄÄIKÄ

KOROKAISEYKSIKKÖKUSTANNUKSEN  
TALOUDELLISIN PITÄÄIKÄ  
YKSIKKÖKUSTANNUKSEN MINIMI



# PAINELMAYÖKÄLÖT

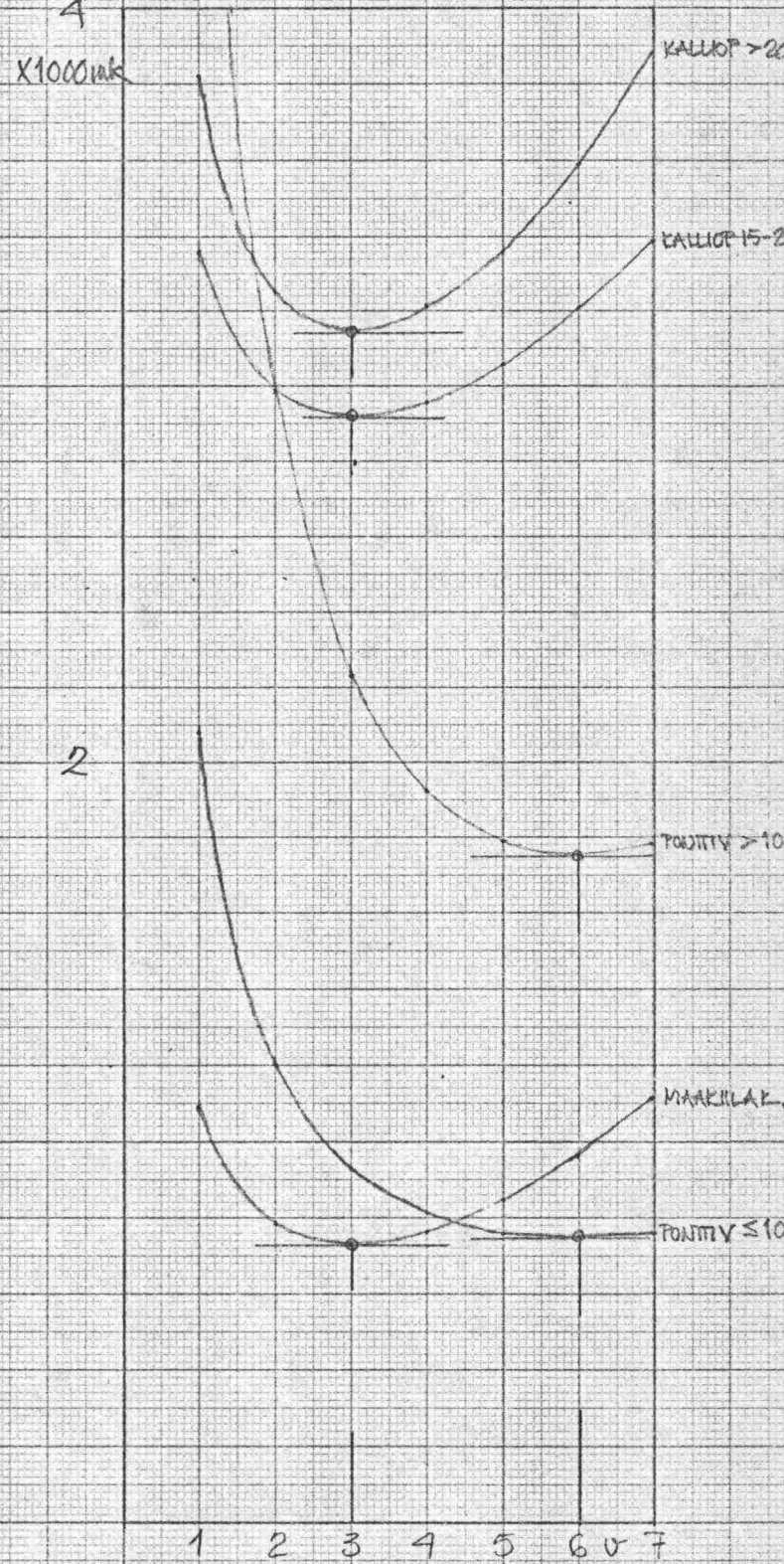
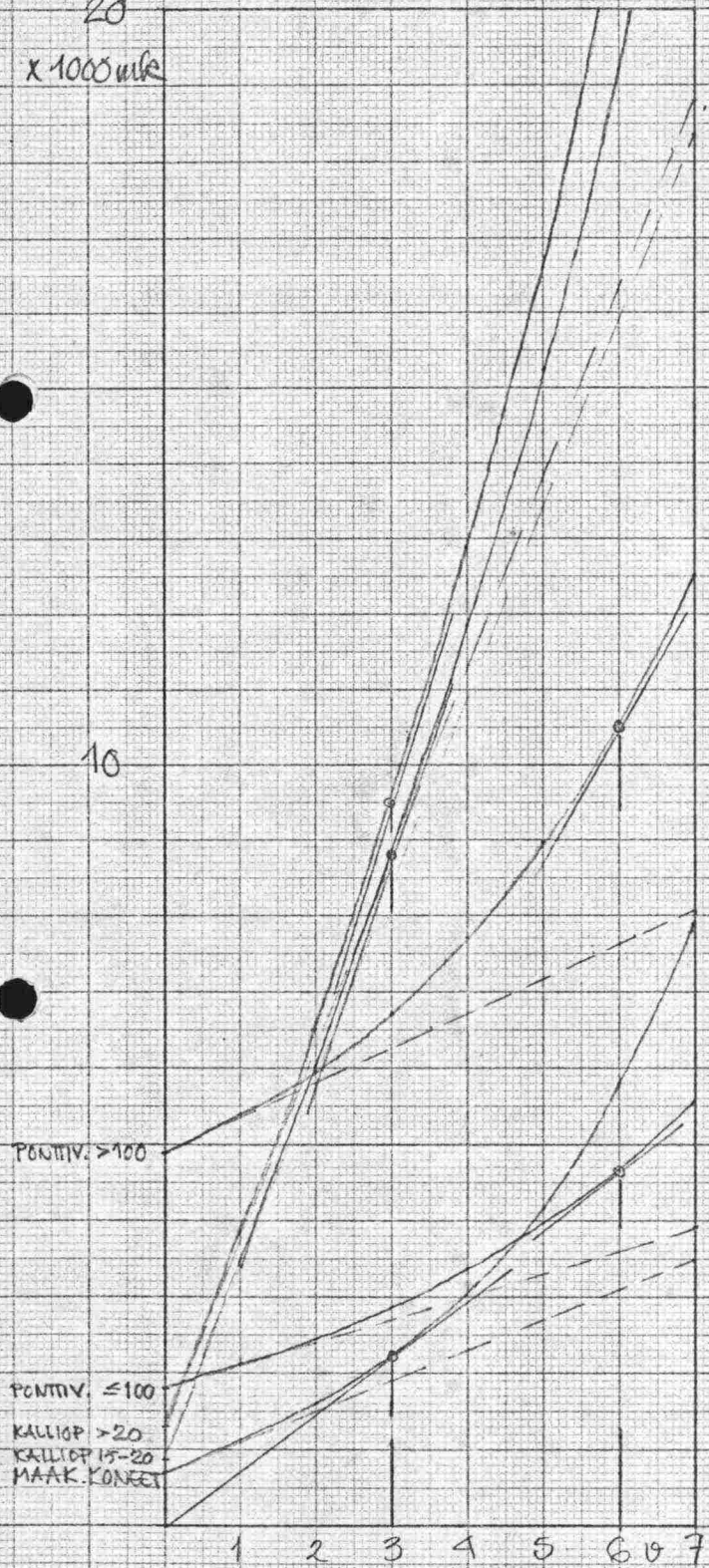
KALLIOTORAKONNET, MAAILAKONNET  
PONTTIKASEAT

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA

KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKÖKUSTANNUSMINIMI

20  
x 1000 mk

4  
x 1000 mk



PONTTI > 100

PONTTI ≤ 100

KALLIOP > 20  
KALLIOP 15-20  
MAAILAKONNET

KALLIOP > 20

KALLIOP 15-20

PONTTI > 100

MAAILAKONNET

PONTTI ≤ 100

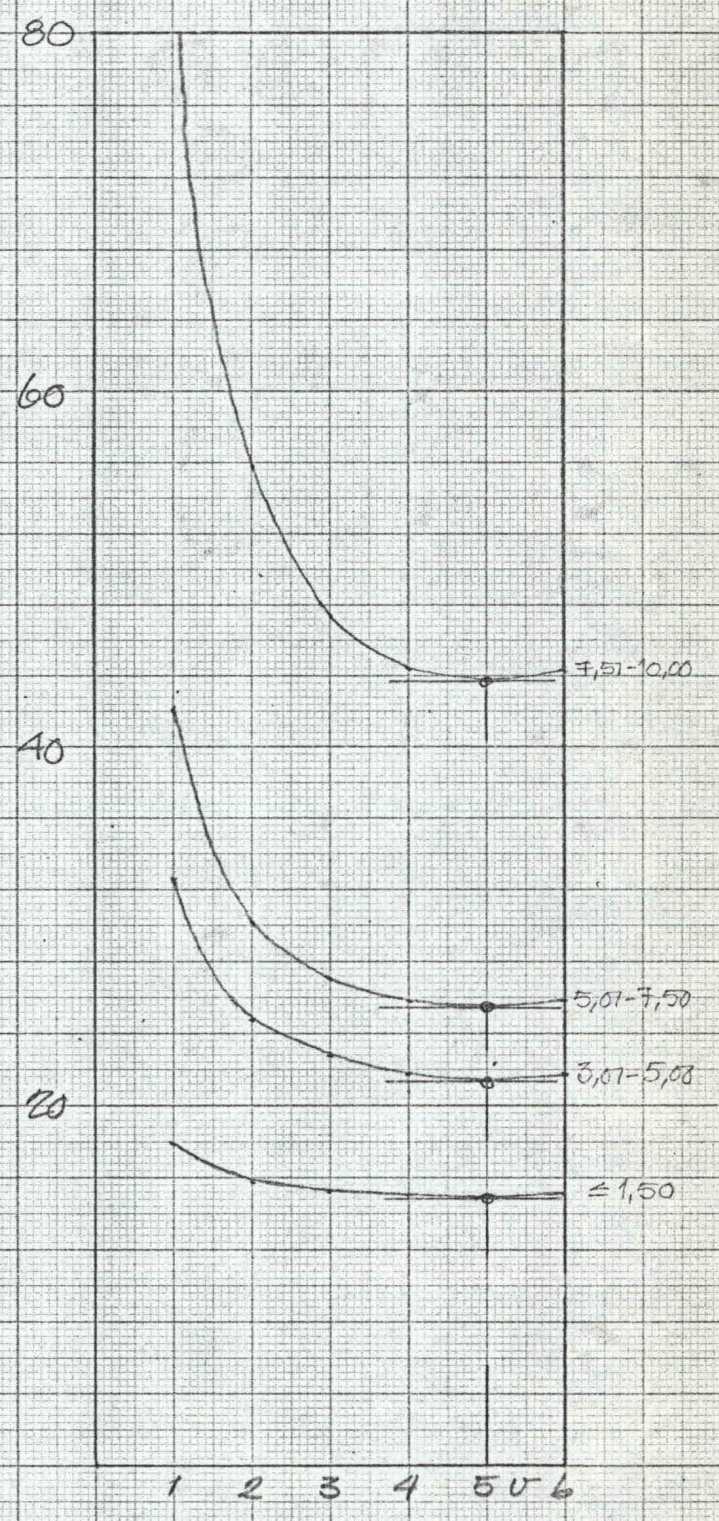
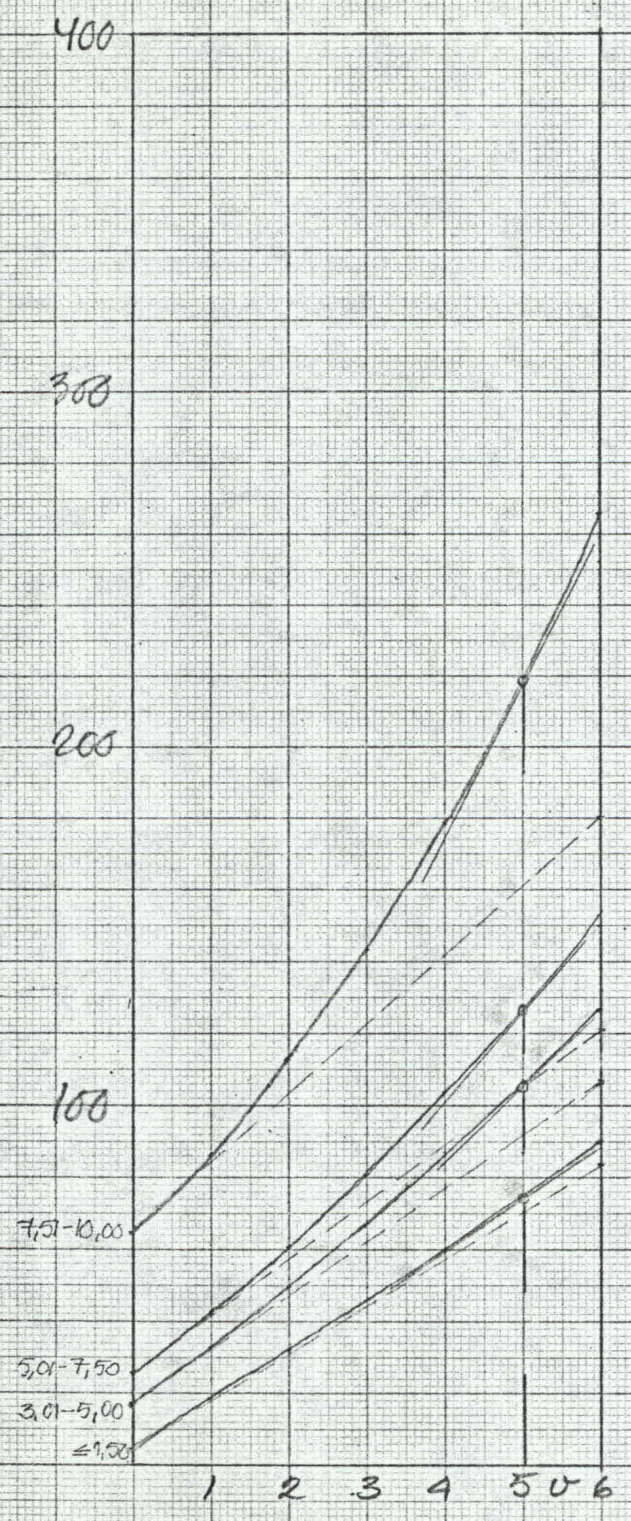
1 2 3 4 5 6 7

1 2 3 4 5 6 7

# HINATAVAT TÄRPIJYRÄT

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA

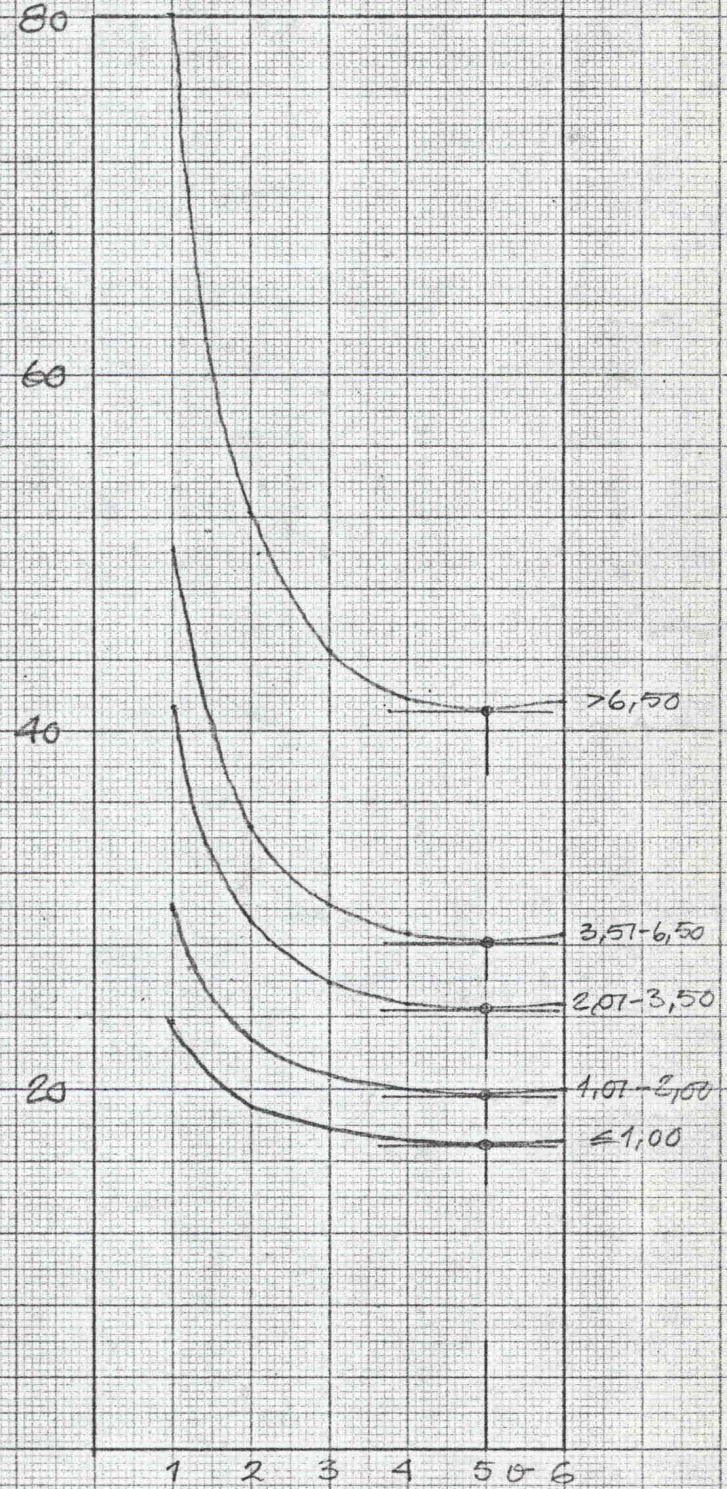
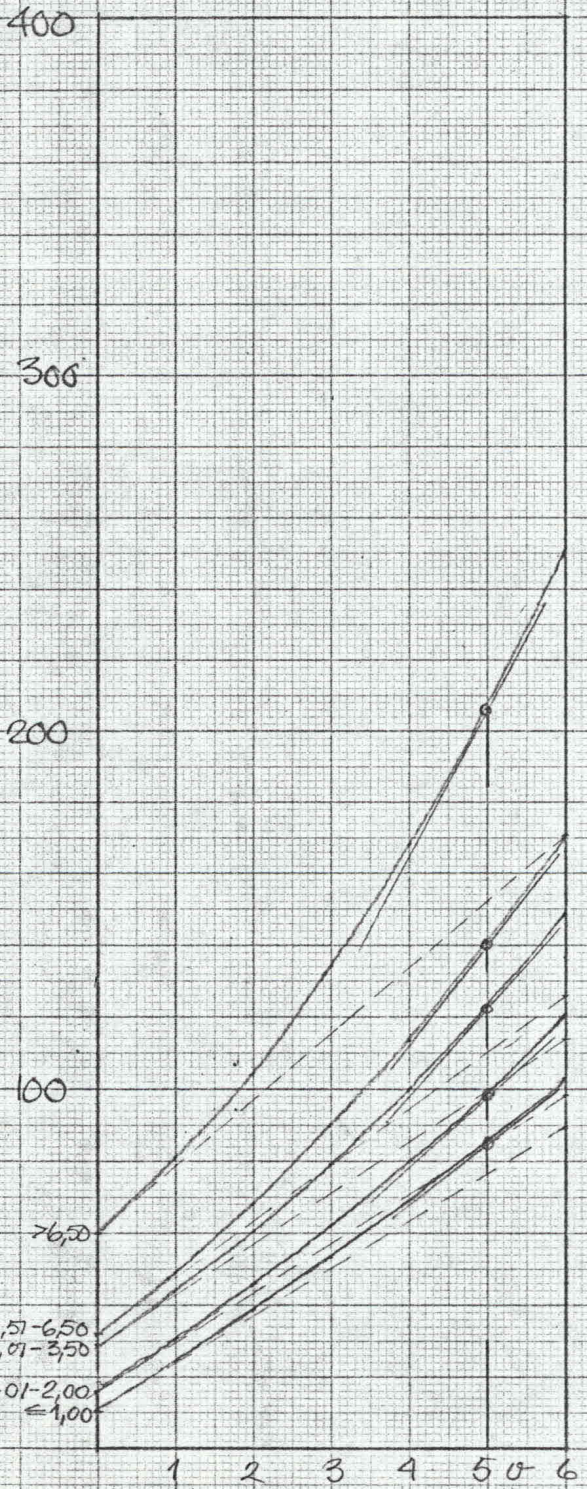
KOKONAISYKSIKKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA  
YKSIKKÖKUSTANNUSMINIMI



# OMALLA MOOTTORIVOIMALLA KULKEVAT TÄRYJYRÄT

SUMMAKUSTANNUKSEN  
TALOUDELLISIN PITÄSIKÄ

KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUKSEN  
TALOUDELLISIN PITÄSIKÄ  
YKSIKÖKUSTANNUKSEN MINIMI



# VALSSIJYRÄT

SUMMAKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄIKÄ

KOKONAISYKSIKÖKUSTANNUS  
TALOUDELLISIN PITÄIKÄ  
YKSIKÖKUSTANNUSMIKROMI

400  
x1000mk

80  
x1000mk

300

60

200

40

100

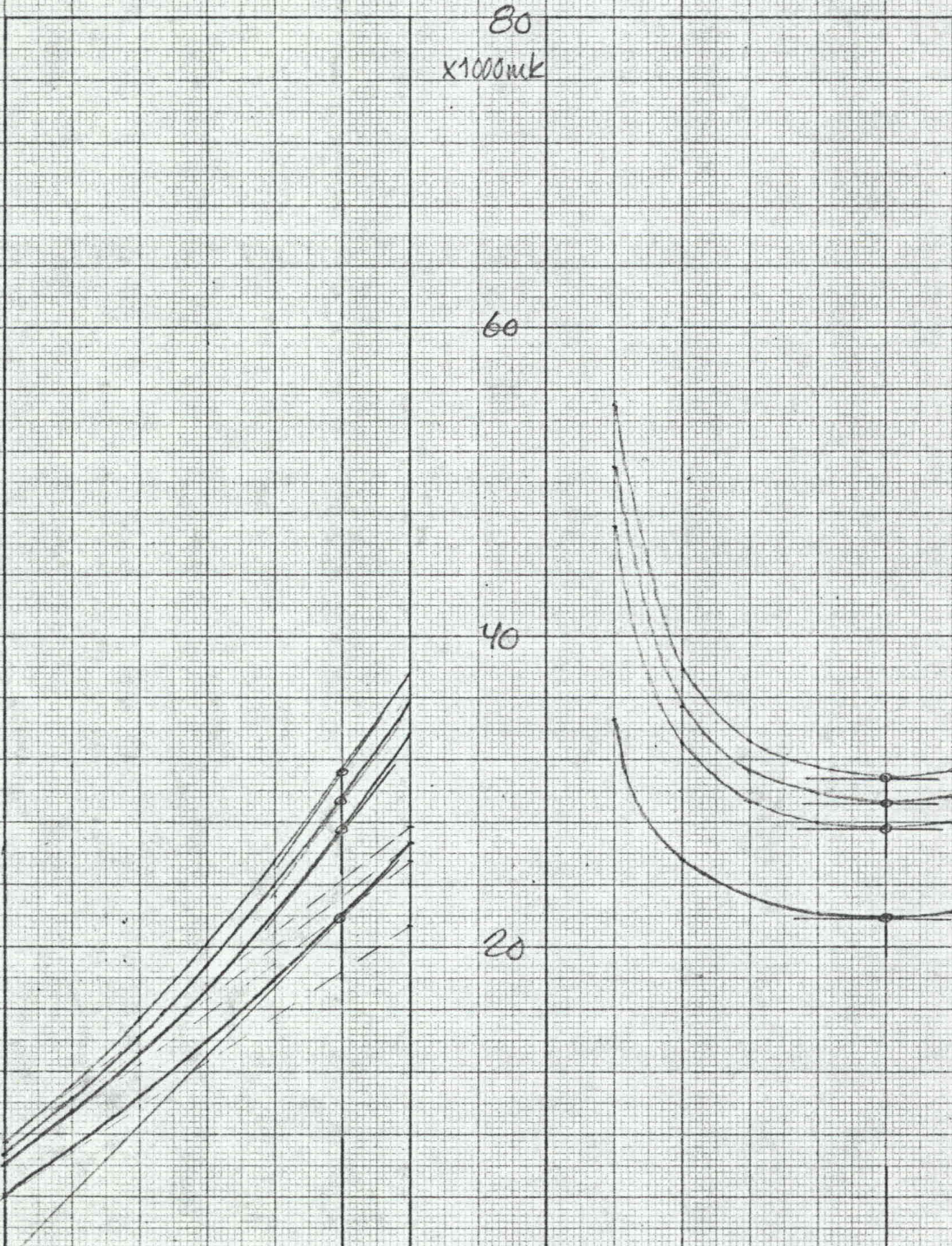
20

9,51-11,50  
7,51-9,50  
4,51-7,50  
2,01-4,50

9,51-11,50  
7,51-9,50  
4,51-7,50  
2,01-4,50

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6



# OMALLA MOOTTORIVOIMALLA KULKEVAT KUMIPYÖRÄJÄKÄT

SUMMAKUSTANNUUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA

KOKONAISYKSICÖKÖKUSTANNUUS  
TALOUDELLISIN PITÄAIKA  
YKSICÖKÖKUSTANNUUSMINIMI

400  
x1000 mk

80  
x1000 mk

300

60

200

40

100  
720,0

20

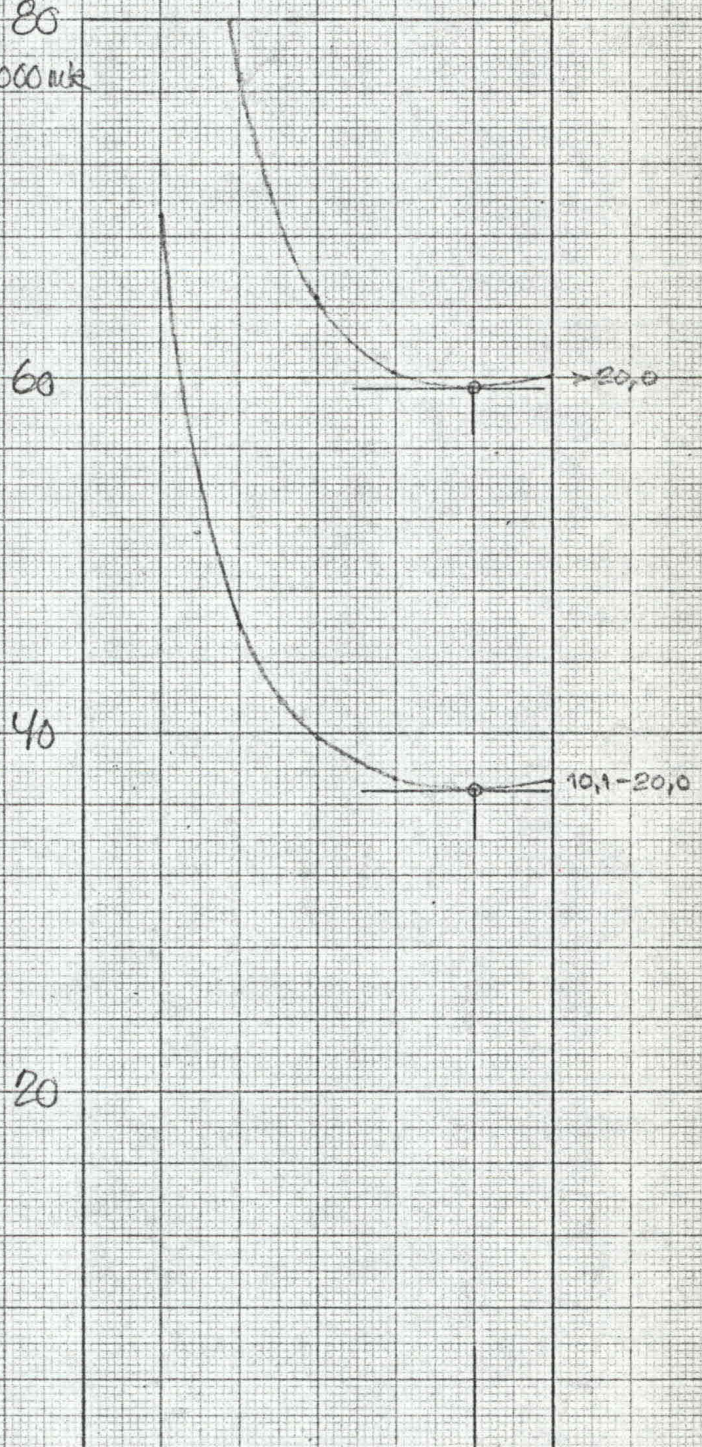
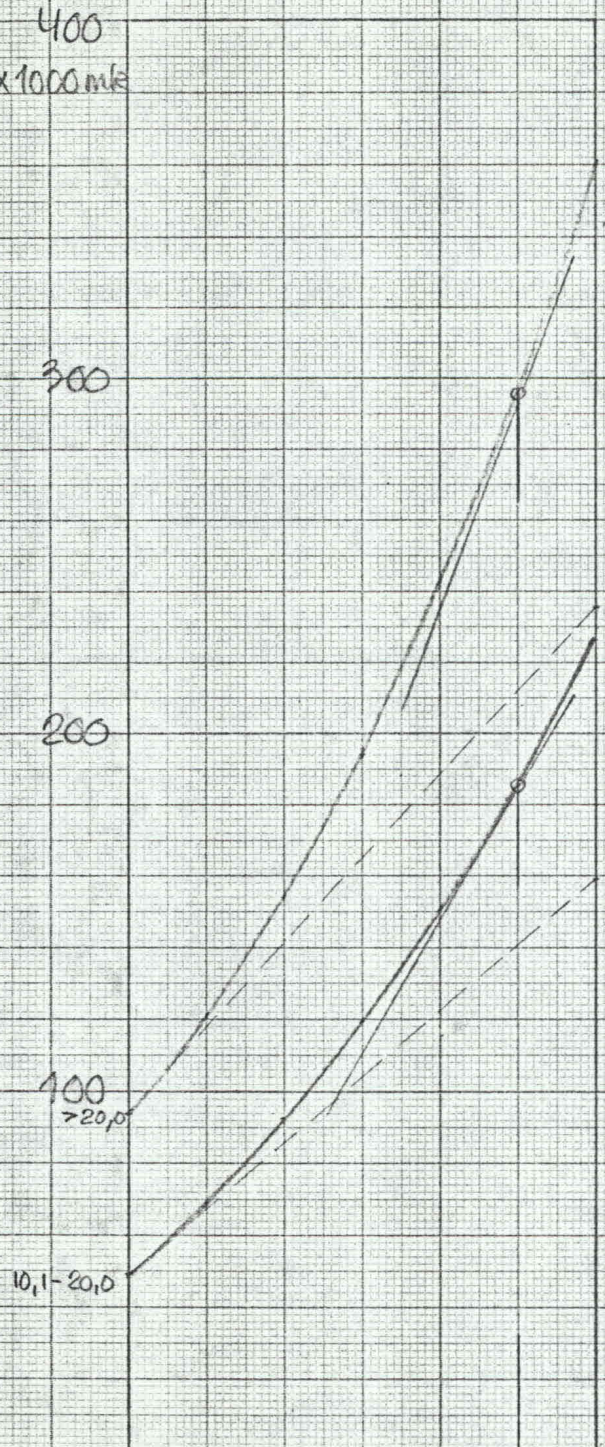
10,1-20,0

10,1-20,0

20,0

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6





# TÄRVEYYT

SUMMA KUSTANNOSS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA

KOKONAISYKSIKÖKUSTANNOSS  
TALOUDELLISIN PITOAIKA  
YKSIKÖKUSTANNOSSMINIMI

100  
x 1000 mkk

20  
x 1000 mkk

50

10

>1500

1001-1500

601-1000

201-350

351-600

≤200

>1500

1001-1500

601-1000

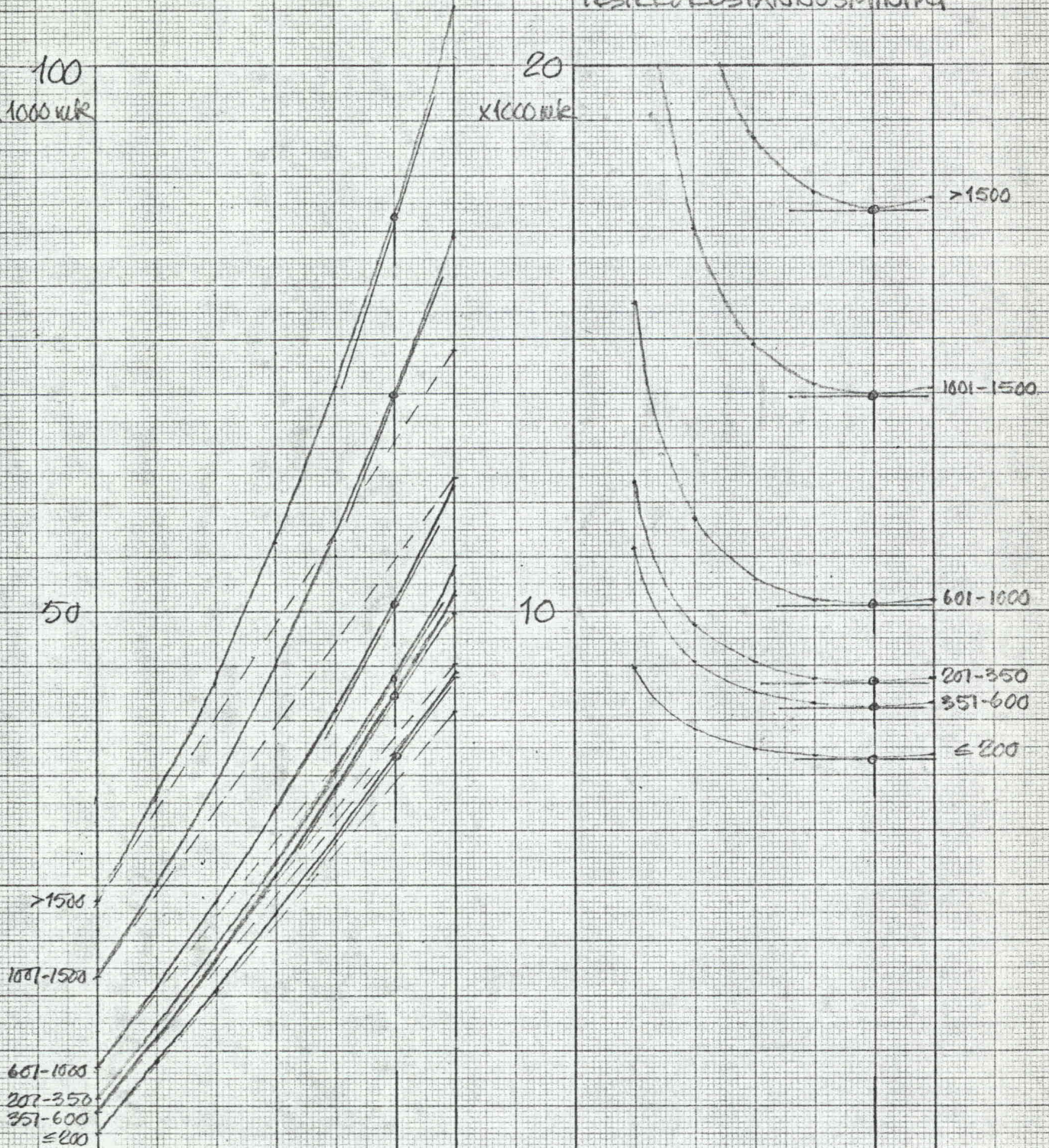
201-350

351-600

≤200

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6



KONEIDEN KUSTANNOSTEN PÄÄSIINÄVAALINEN  
JAKAUTUMINEN PITÄIKÄKÄÄLLÄ

