TEEMU AHO, professori
Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu

ILKKA VIRTANEN, professori
Vaasan korkeakoulu

Inflaation vaikutuksesta koneen edullisimpaan pitoaikaan

1. KYSYMYKSENASETTELU

Koneen edullisimman pitoajan määrittäminen on tyypillinen optimointiongelma, jossa vähintään kaksi kustannuslajia kehittyy erisuuntaisesti ajan funktiona. Koneen käyttö- ja ylläpitokustannukset yleensä kohoavat ajan funktiona. Vastaavasti koneen vuotuiset pääomakustannukset (korot ja poistot) tulevat sitä pienemmiksi, mitä kauemmin konetta pidetään käytössä. Kolmas tekijä, joka vaikuttaa koneen edullisimpaan pitoaikaan, on koneen jäännösarvo. Sen kehitys on tavallisesti ajan suhteen laskeva. Ikääntyvän koneen suorituskyvyn mahdollisella heikkenemisellä ja mm. tästä aiheutuvalla nettotulojen muutoksella saattaa niinikään olla vaikutusta edullisimman pitoajan määräytymiseen.

Kirjallisuudessa on esitetty suuri määrä erilaisia pitoaikamalleja[1]. Yleisimpinä pitoajan optimointikriteereinä on käytetty keskimääräisten vuosikustannusten minimointia ja kokonaiskustannusten nykyarvon minimointia. Pitoaikamallit eroavat toisistaan lähinnä seuraavissa suhteissa

— korvausketju/yksittäisen koneen edullisin pitoaika,
— kustannukset stokastisia/deterministisiä,
— teknologian ja tuottavuuden kehityksen huomiotta jättäminen/sisällyttäminen malliin,
— tarkastelu ilman veroja/verotus huomioon ottaen.

Inflaation vaikutusta koneen edullisimpaan pitoaikaan ei ole juurikaan analysoitu. Ainoa merkittävämpi asiaa sivuava tutkimus on Poensgenin ja Straubin[2]. Heidän tärkein tuloksensa tältä osin oli se, että inflaatio pidentää koneen edulli-

[1] Esim. Morris (1976), s. 202—210, Oakford (1970), s. 150—167, Masse (1962), s. 42—83, Aho (1982), s. 198—206 ja Christer—Goodbody (1980).

[2] Poensgen—Straub (1976).

sinta pitoaikaa. Sen vaikutuksen voimakkuutta ei kuitenkaan analysoitu tarkemmin. Johtopäätöksen perustana oli niinikään yksittäinen numeroesimerkki[3].

Tässä artikkelissa pyritään analysoimaan toisaalta aikaisempaa yleisemmissä puitteissa ja toisaalta aikaisempaa yksityiskohtaisemmin inflaation vaikutusta koneen edullisimpaan pitoaikaan. Tarkastelun pohjaksi kehitetään nykyarvomalli, jonka sekä numeerisiin että jossain määrin myös analyyttisiin tuloksiin tehtävät johtopäätökset perustetaan.

2. MALLI

2.1. Mallin olettamukset

Muodostettava malli perustuu yhden konetyypin korvausketjuun ja sen pohjalta määritettävään edullisimpaan pitoaikaan (= koneen optimaaliseen uusimisväliin ketjussa). Suunnitteluhorisontti on ääretön. Teknologian kehitystä ei sisällytetä tähän malliversioon, joten uusien koneiden suorituskyky on sama kuin alunperin käytössä olevan koneen. Diskonttauksissa käytetään positiivista laskentakorkoa, joka pysyy reaalisesti vakiona. Inflaatio oletetaan vuosittain vakioksi ja suhteellisten hintojen muutoksia ei oleteta tapahtuvaksi malliin sisältyvien tekijöiden osalta (yleinen ja yhtäläinen inflaatio). Koneen vuotuinen käyttökatevaikutus oletetaan reaalisesti vakioksi, jolloin malli voidaan muodostaa kustannusten minimointiin perutuvaksi. Koneen käyttö- ja ylläpitokustannukset oletetaan ajan mukana reaalisesti kasvaviksi ja koneen jäännösarvo vastaavasti väheneväksi. Koneen korvausinvestoinnin rahoittamisessa ei esiinny rahoitusrajoitetta.

2.2. Mallin muodostaminen; vakaa rahanarvo

Yksittäinen kone

Tarkastellaan aluksi yksittäisen koneen kokonaiskustannusten nykyarvoa vakaan rahanarvon vallitessa. Kokonaiskustannusten verojen jälkeiseksi nykyarvoksi saadaan pitoajan ollessa n vuotta

$$(2.1) \qquad PVC_n = I + (1 - f) \sum_{t=1}^{n} \frac{O_t}{(1+i)^t} - f \sum_{t=1}^{n} \frac{D_t}{(1+i)^t} - \frac{S_n}{(1+i)^n} + f \frac{S_n - B_n}{(1+i)^n}$$

[3] Ks. myös Waters—Bullock (1976), s. 249—257.

$$= I + (1 - f)\sum_{t=1}^{n} \frac{O_t}{(1+i)^t} - f\left\{\sum_{t=1}^{n} \frac{D_t}{(1+i)^t} + \frac{B_n}{(1+i)^n}\right\}$$

$$- (1 - f)\frac{S_n}{(1+i)^n},$$

missä PVC_n = koneen kokonaiskustannusten nykyarvo korvausajankohdan ollessa n vuoden kuluttua (vakaa rahanarvo),

I = koneen hankintahinta,

O_t = koneen käyttö- ja ylläpitokustannukset vuonna t, $t = 1, 2, 3, \ldots, n$,

f = veroaste,

i = laskentakorkokanta (100i %),

D_t = koneen poisto vuonna t, $t = 1, 2, 3, \ldots, n$,

S_n = koneen jäännösarvo pitoajan n lopussa,

B_n = koneen kirjanpitoarvo pitoajan lopussa:

$$B_n = I - \sum_{t=1}^{n} D_t,$$

n = koneen pitoaika.

Kokonaiskustannusten nykyarvo (verojen jälkeen) muodostuu siten neljästä eri komponentista

$$PVC_n = I + (1 - f)PVO_n - fPVD_n - (1 - f)PVS_n, \tag{2.2}$$

missä on symbolisesti merkitty

$PVO_n = \sum_{t=1}^{n} \frac{O_t}{(1+i)^t}$ = käyttö- ja ylläpitokustannusten nykyarvo

$PVD_n = \sum_{t=1}^{n} \frac{D_t}{(1+i)^t} + \frac{B_n}{(1+i)^n}$ = poistojen (ml. kirjanpitoarvo pitoajan lopussa) nykyarvo

$PVS_n = \frac{S_n}{(1+i)^n}$ = jäännösarvon nykyarvo.

Lausekkeen (2.2) mukaan kokonaiskustannusten nykyarvoa määritettäessä koneen hankintahintaan lisätään ensin verottajan kuluosuudella vähennetty käyttö- ja ylläpitokustannusten nykyarvo. Näiden summasta vähennetään verottajan kuluosuus poistoista (so. niiden nykyarvosta, myyntihetkellä vielä poistamattoman osan nykyarvo mukaan lukien) ja viimeisenä vähennetään verojen jälkeinen jäännösarvon nykyarvo. Mikäli verokantana käytetään efektiivistä verokantaa, kaikki koneen pitoajan tilinpäätökset täytyy olettaa kriittisiksi. Vasta kriittisissä tilinpäätöksissä verottaja maksaa efektiivistä verokantaa vastaavan kuluosuutensa syntyvistä kustannuksista[4].

Identtisten koneiden korvausketju

Seuraavaksi määritetään kokonaiskustannusten nykyarvo korvausketjulle, jossa käytössä oleva kone korvataan identtisellä uudella koneella n vuoden välein. Suunnitteluhorisontti ulottuu äärettömyyteen. Kokonaiskustannusten nykyarvo ($PVCH_n$) muodostuu yksittäisten koneiden kokonaiskustannusten nykyarvojen diskontatusta summasta

$$(2.3) \qquad PVCH_n = \underbrace{PVC_n}_{\substack{\text{1. koneen}\\ \text{kok.kustannus-}\\ \text{ten nykyarvo}}} + \underbrace{\frac{PVC_n}{(1+i)^n}}_{\substack{\text{2. koneen}\\ \text{kok.kustannus-}\\ \text{ten nykyarvo}}} + \underbrace{\frac{PVC_n}{(1+i)^{2n}}}_{\substack{\text{3. koneen}\\ \text{kok.kustannus-}\\ \text{ten nykyarvo}}} + \ldots$$

$$= PVC_n \left\{ 1 + \frac{1}{(1+i)^n} + \frac{1}{(1+i)^{2n}} + \ldots \right\}$$

$$= PVC_n \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

$$= PVC_n \frac{c_{\overline{n}|i}}{i},$$

missä $PVCH_n$ = kokonaiskustannusten nykyarvo ketjulle, jossa kone korvataan uudella identtisellä koneella aina n vuoden välein

$$c_{\overline{n}|i} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \text{annuiteettitekijä}$$

Kokonaiskustannusten nykyarvo saadaan kertomalla ensimmäisen koneen kokonaiskustannusten nykyarvo annuiteettitekijän ja laskentakorkokannan osamäärällä.

2.3. Mallin laajentaminen inflaatio-oloihin

Yksittäinen kone

Inflaatio voidaan sisällyttää investointilaskelmiin kahdella tavalla: a) virrat ilmaistaan nimellisinä ja myös laskentakorkona käytetään inflaation sisältävää ni-

[4] Verojen käsittelyvaihtoehtoja investointilaskelmissa ja niiden taustaolettamuksia on käsitelty mm. teoksessa Aho (1982), s. 109—110.

mellistä laskentakorkoa, b) virrat ilmaistaan reaalisina (inflaation vaikutuksista puhdistettuina) ja laskentakorkona käytetään reaalista laskentakorkoa. Tässä käytetään ensiksi mainittua laskentatapaa, ja sitä sellaisessa muodossa, missä inflaation osuus nimellisistä suureista on eksplisiittisesti kirjoitettu näkyviin (esimerkiksi nimellinen laskentakorko (i') on reaalisen laskentakoron (i) ja inflaatioasteen (s) avulla lausuttuna $1 + i' = (1 + i)(1 + s)$ taikka $i' = i + s + is$).

Inflaation ollessa 100s % p.a. yksittäisen koneen kokonaiskustannusten nykyarvo on

$$(2.4)\quad PVC_n(s) = I + (1 - f)\sum_{t=1}^{n} \frac{O_t(1+s)^t}{(1+i)^t(1+s)^t} - f\left\{\sum_{t=1}^{n} \frac{D_t}{(1+i)^t(1+s)^t} + \frac{B_n}{(1+i)^n(1+s)^n}\right\} - (1 - f)\frac{S_n(1+s)^n}{(1+i)^n(1+s)^n}.$$

Käyttö- ja ylläpitokustannusten sekä jäännösarvon oletetaan muuttuvan yleisen inflaation tahdissa. Sitä vastoin verotuksessa vähennettävät poistot perustuvat alkuperäiseen hankintamenoon, samoin koneen kirjanpitoarvo pitoajan n lopussa. Mitä korkeammilla inflaatiotasoilla ollaan, sitä pienemmäksi tulevat poistojen ja kirjanpitoarvon reaaliarvot.

Lausekkeesta (2.4) saadaan termejä edelleen yhdistelemällä (2.2):n kaltainen komponenttiesitys

$$(2.5)\quad PVC_n(s) = I + (1 - f)\sum_{t=1}^{n} \frac{O_t}{(1+i)^t} - f\left\{\sum_{t=1}^{n} \frac{D_t}{(1+i)^t(1+s)^t} + \frac{B_n}{(1+i)^n(1+s)^n}\right\} - (1 - f)\frac{S_n}{(1+i)^n}$$
$$= I + (1 - f)PVO_n - fPVD_n(s) - (1 - f)PVS_n.$$

Verottajan kuluosuus poistoista ($fPVD_n(s)$) on inflaatioasteen s funktio nimelliseen laskentakorkoon sisältyvän inflaatiovaikutuksen johdosta. Yleistä ja yhtäläistä inflaatiota koskevan olettamuksen johdosta jäännösarvo S_n ja käyttö-/ylläpitokustannukset O_t sen sijaan sisältyvät lausekkeeseen (2.5) reaalisina, samoin kuin diskonttauksissa käytettävät laskentakorot ovat näiltä osin reaalikorkoja.

Inflaation vaikutus koneen kokonaiskustannusten nykyarvoon saadaan vähentämällä lausekkeesta (2.5) vastaava vakaan rahanarvon tilanteen mukainen nykyarvo (2.1) ja/tai (2.2):

$$(2.6)\quad \Delta PVC_n(s) = PVC_n(s) - PVC_n$$
$$= -f\left\{PVD_n(s) - PVD_n\right\}$$

$$= f\left\{\sum_{t=1}^{n} \frac{(1 + s)^t - 1}{(1 + s)^t} \frac{D_t}{(1 + i)^t} + \frac{(1 + s)^n - 1}{(1 + s)^n} \frac{B_n}{(1 + i)^n}\right\}$$

Lausekkeesta nähdään, että inflaatio vaikuttaa kokonaiskustannusten nykyarvoon ainoastaan poistojen (ml. päätehetken kirjanpitoarvo) verovaikutuksen kautta. Inflaatiolla on näin ollen vaikutusta vain silloin, kun verokanta $f > 0$. Tapauksessa $f = 0$ säilyy vakaan rahanarvon mukainen tilanne, ts. on $\Delta PVC_n(s) = 0$. Toisaalta inflaatiovauhdin s ollessa positiivinen (ja $f > 0$) inflaatio lisää kokonaiskustannusten nykyarvoa. Vakaata rahanarvoa vastaavassa tilanteessa ($s = 0$) lauseke (2.5) palautuu vakaan rahanarvon mukaiseksi nykyarvolausekkeeksi.

Identtisten koneiden korvausketju

Identtisten koneiden korvausketjun tapauksessa kokonaiskustannusten (reaaliseksi) nykyarvoksi saadaan

$$(2.7) \qquad PVCH_n(s) = PVC_n(s) + \frac{PVC_n(s) \cdot (1 + s)^n}{(1 + i')^n} + \frac{PVC_n(s) \cdot (1 + s)^{2n}}{(1 + i')^{2n}} + \ldots$$

$$= PVC_n(s) + \frac{PVC_n(s)}{(1 + i)^n} + \frac{PVC_n(s)}{(1 + i)^{2n}} + \ldots$$

$$= \frac{c_{\overline{n}|i}}{i} PVC_n(s).$$

Kokonaiskustannusten (reaalinen) nykyarvo saadaan kertomalla ensimmäisen koneen kokonaiskustannusten (reaalinen) nykyarvo reaalisen laskentakoron mukaisen annuiteettitekijän ja reaalisen laskentakoron osamäärällä.

Inflaation vaikutus ketjun kokonaiskustannusten nykyarvoon saadaan vähentämällä lausekkeesta (2.7) lauseke (2.3), jolloin saadaan

$$(2.8) \qquad \Delta PVCH_n(s) = PVCH_n(s) - PVCH$$

$$= \frac{c_{\overline{n}|i}}{i} f\{PVD_n - PVD_n(s)\}$$

$$= \frac{c_{\overline{n}|i}}{i} \Delta PVC_n(s)$$

Inflaation vaikutus on samansuuntainen mutta voimakkaampi kuin yksittäisen koneen tapauksessa. Tapauksessa $s > 0$, $f > 0$ kokonaiskustannusten nykyarvo kohoaa vakaaseen rahanarvon tilanteeseen verrattuna. Välttämätön ehto $\Delta PVCH_n(s)$:n positiivisuudelle on jälleen veroasteen positiivisuus ($f > 0$). Inflaatiolla ei tehdyillä olettamuksella (erityisesti olettamus yleisestä ja yhtäläisestä inflaatiosta) nytkään ole omaa, yksinään esiintyvää vaikutusta kokonaiskustannusten nykyarvoon vaan tämä vaikutus syntyy ainoastaan yhteisvaikutuksena verotuksen kanssa, verottajan poistoista maksaman kuluosuuden välityksellä (verotuksella sen sijaan on myös oma, inflaatiosta riippumaton vaikutuksensa, kuten myöhempi analyysi osoittaa).

3. MALLIN ANALYSOINTIA

Määritetään seuraavaksi edullisimmalle pitoajalle (N) optimiehdot identtisten koneiden korvausketjun tapauksessa. Tarkasteltava malli on (2.5):n ja (2.7):n mukaisesti muotoa:

$$(3.1) \qquad PVCH_n(s) = \frac{c_{\overline{n}|i}}{i}\left\{I + (1-f)PVO_n - fPVD_n(s) - (1-f)PVS_n\right\}$$

missä PVO_n:n, $PVD_n(s)$:n ja PVS_n:n lausekkeet ovat kuten (2.5):ssä.

Jotta N olisi optimaalinen, kokonaiskustannusten nykyarvon $PVCH_n(s)$ minimoiva pitoaika, on oltava voimassa ehdot

$$(3.2) \qquad PVCH_N(s) \leq PVCH_{N+1}(s)$$

$$(3.3) \qquad PVCH_N(s) \leq PVCH_{N-1}(s).$$

Ehdot (3.2) ja (3.3) sisältävät vain sen ilmeisen toteamuksen, että pitoajan pidentäminen vuodella tai lyhentäminen vuodella johtaa optimipitoaikaa korkeampaan kokonaiskustannusten nykyarvoon.

Mallin parametrien avulla lausutuiksi optimiehdoiksi saadaan (sijoittamalla (3.1) (3.2):een ja (3.3):een ja suorittamalla joukko sievennyksiä)

$$(3.2') \qquad iPVCH_N(s) \leq (1-f)\left\{O_{N+1} + iS_N + (S_N - S_{N+1})\right\} - f(1+i)^{N+1}\left\{PVD_{N+1}(s) - PVD_N(s)\right\}$$

$$(3.3') \qquad iPVCH_{N-1}(s) \geq (1-f)\left\{O_N + iS_{N-1} + (S_{N-1} - S_N)\right\} - f(1+i)^N\left\{PVD_N(s) - PVD_{N-1}(s)\right\}$$

Tarkastellaan ehtoa (3.2') ja sen tulkintaa marginaaliajattelun valossa. Vastaavanlainen tarkastelu voidaan suorittaa ehdolle (3.3'). Ehdon (3.2') oikean puolen ensimmäisen aaltosulkulausekkeen termeillä on seuraavanlaiset merkitykset

O_{N+1} = vuoden N + 1 käyttö- ja ylläpitokustannukset (reaalisina)

iS_N = jäännösarvon reaaliset korkokustannukset vuonna N + 1

$S_N - S_{N+1}$ = jäännösarvon lasku vuonna N + 1

Aaltosulkulauseke ilmoittaa näin pitoajan kasvattamisesta N:stä vuodesta (N + 1):een vuoteen aiheutuvat lisäkustannukset, kertoimella 1 — f varustettuna ko. lauseke ilmoittaa nämä kustannukset verojen jälkeen.

Ehdon (3.2') oikean puolen jälkimmäinen aaltosulkulauseke puolestaan ilmoittaa poistojen reaalisen nykyarvon laskun, mikäli pitoaikaa kasvatetaan N:stä vuodesta yhdellä vuodella. Aaltosulkulauseke $(1 + i)^{N+1}$:llä kerrottuna ilmoittaa tämän nykyarvon laskun vuoden N + 1 rahassa lausuttuna (reaalisena), jolloin (3.2'):n oikean puolen jälkimmäinen termi kokonaisuudessaan ilmaisee poistosarjan nykyarvon alenemisesta aiheutuvat verojen jälkeiset kustannukset.

Lausekkeen (3.2') oikea puoli ilmaisee näin kaiken kaikkiaa pitoajan kasvattamisesta yhdellä vuodella aiheutuvat kokonaislisäkustannukset (reaalisena, verojen jälkeen). Saman lausekkeen vasen puoli $iPVCH_N(s)$ puolestaan ilmaisee *keskimääräiset vuosikustannukset* pitoajan ollessa N vuotta. Keskimääräiset vuosikustannukset muodostuvat kokonaiskustannusten nykyarvolle lasketusta reaalikorosta (ääretön suunnitteluhorisontti).

Optimissa edullisinta pitoaikaa vastaavat vuosikustannukset ovat siten korkeintaan yhtä suuret kuin lisäkustannukset, jotka aiheutuvat pitoajan pidentämisestä N:stä vuodesta (N + 1):een (ehto (3.2')). Vastaavasti edullisinta pitoaikaa edeltävät vuosikustannukset ovat vähintään yhtä suuret kuin ne kustannukset, jotka aiheutuvat pitoajan lyhentämisestä N:stä vuodesta (N — 1):een vuoteen (ehto (3.3')).

Optimiehdot voidaan tiivistää seuraaviksi päätöskriteereiksi:

> Konetta ei kannata korvata niin pitkään kuin keskimääräiset vuosikustannukset ovat suuremmat kuin pitoajan pidentämisestä (yhdellä vuodella) aiheutuvat lisäkustannukset. Kone kannattaa korvata heti, kun seuraavan vuoden lisäkustannukset ovat suuremmat kuin keskimääräiset kustannukset.

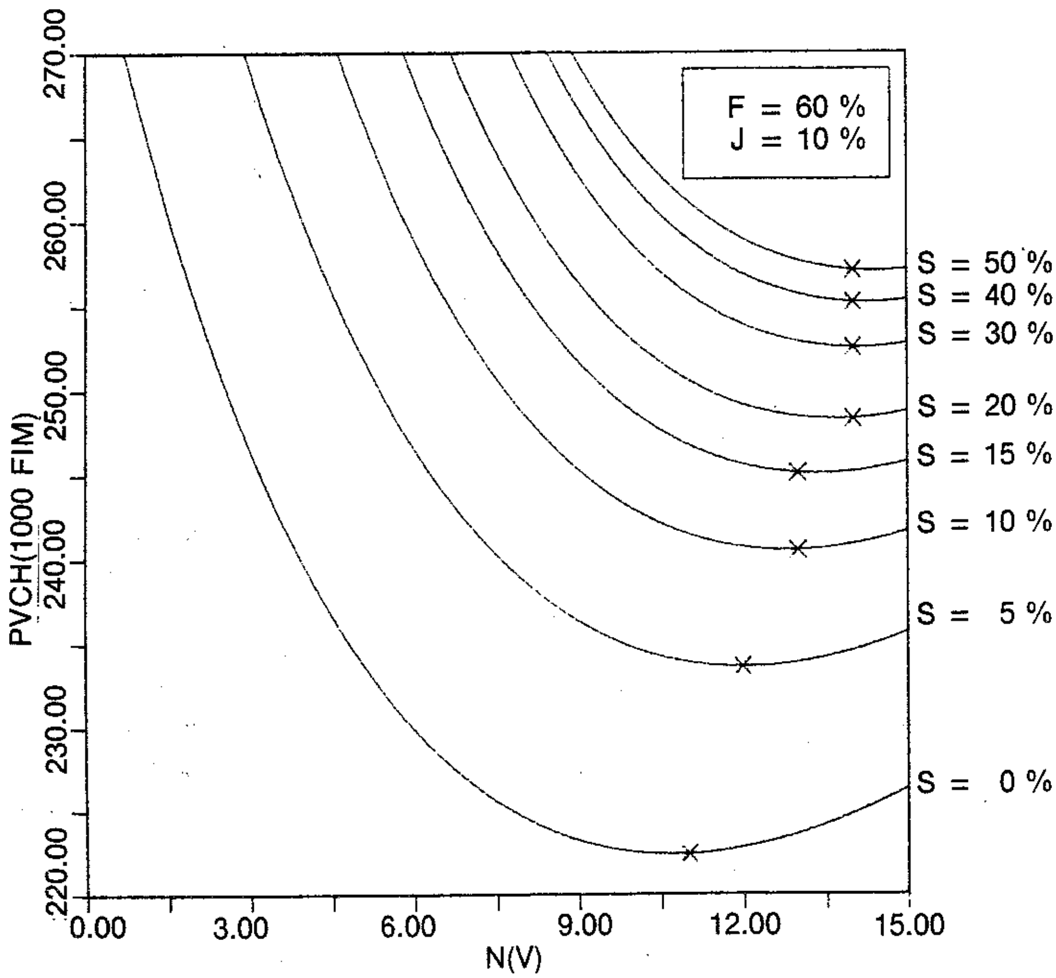
Tarkastellaan vielä lähemmin lausekkeen (3.1) mukaisen mallin komponenteista PVO_n:n, $PVD_n(s)$:n ja PVS_n:n lausekkeita eri tilanteissa.

Käyttö- ja ylläpitokustannusten pysyessä reaalisesti vakiona (merkitään $O_t = O$) PVO_n:lle saadaan lauseke

$$(3.4) \qquad PVO_n = a_{\overline{n|}i} \cdot O = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \cdot O.$$

Geometrisen kasvun tapauksessa (kasvukerroin $g > 0$) saadaan $O_t = O\,(1 + g)^t$, jolloin

$$(3.5) \qquad PVO_n = \frac{1+g}{i-g}\left[1 - \left(\frac{1+g}{1+i}\right)^n\right] \cdot O.$$



Kuvio 4.1. Inflaation vaikutus $PVCH_n$-funktioon, f = 0.60, j = 0.10.

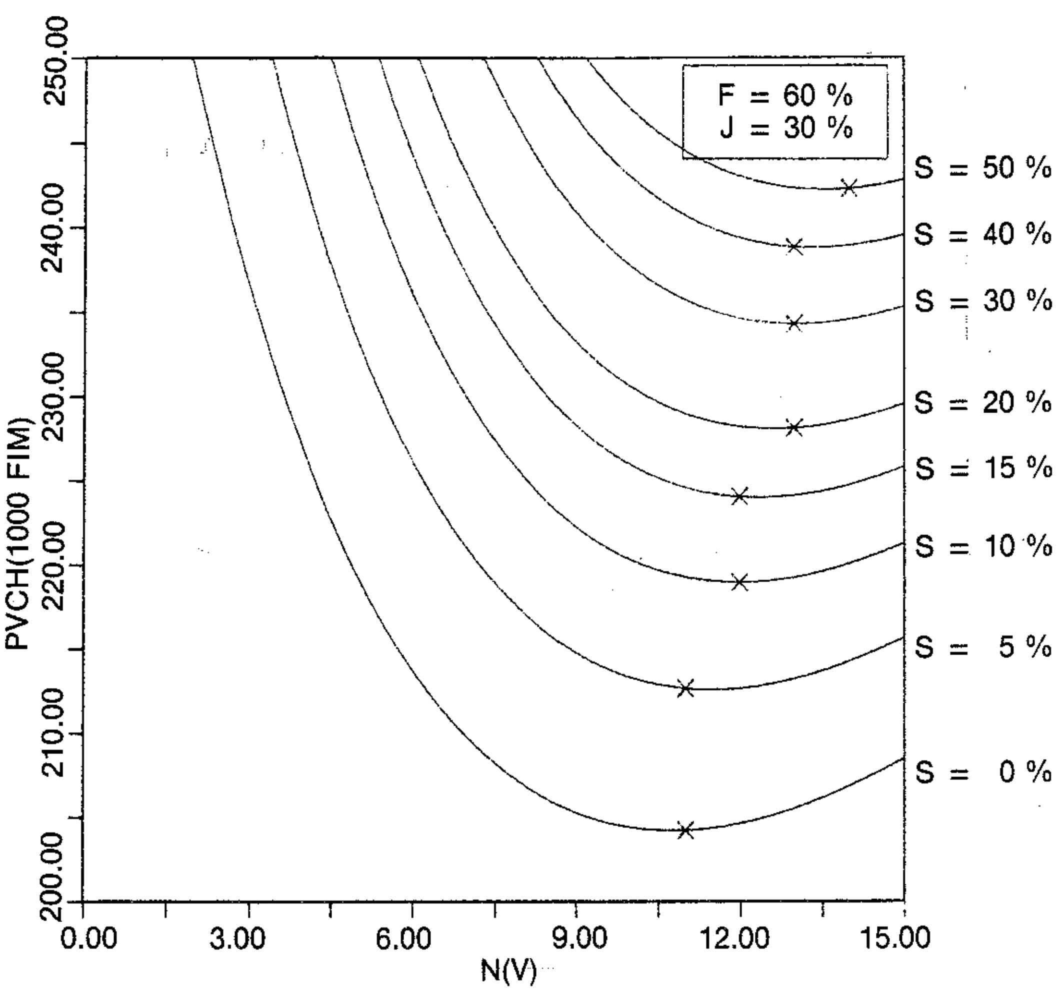
Lineaarisen kasvun tapauksessa (kulmakerroin b, b > 0) saadaan $O_t = O + bt$, jolloin

$$(3.6) \qquad PVO_n = \left(O + \frac{1+i}{i}\, b\right) a_{\overline{n}|i} - \frac{nb}{i(1+i)^n}.$$

Jäljempänä suoritettavassa simuloinnissa PVO_n määritellään lausekkeen (3.5) mukaisesti, koska useimmissa koneinvestoinneissa käyttö- ja ylläpitokustannukset kasvavat geometrisesti[5].

Poistomenetelmänä käytetään menojäännös-/jäännösarvopoistoa, jolloin poistosarjan nykyarvoksi $[PVD_n(s)]$ saadaan (pitoajan lopussa vielä poistamaton investoinnin kirjanpitoarvo mukaanlukien)

[5] Ks. Lohmann—Foster (1982), s. 252—256.



Kuvio 4.2. Inflaation vaikutus $PVCH_n$-funktioon, f = 0.60, j = 0.30.

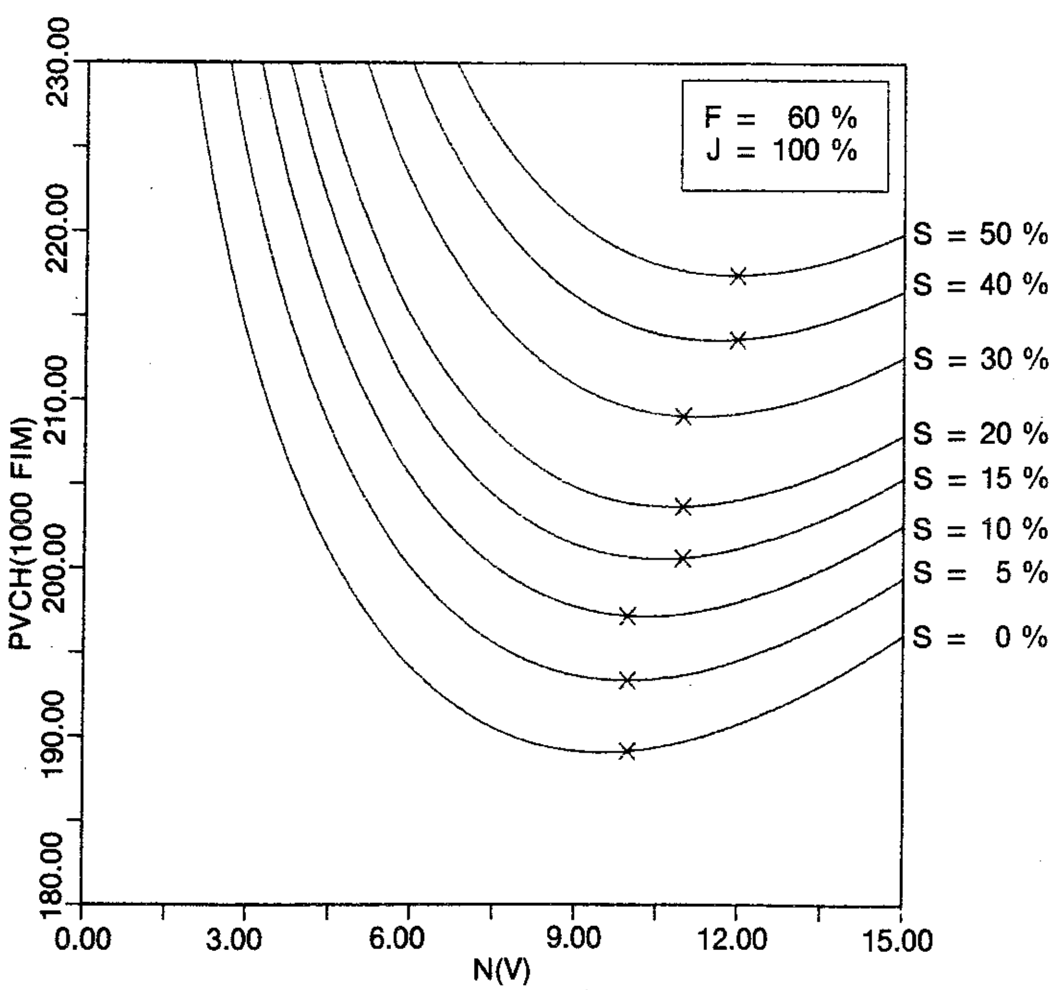
$$\text{(3.7)} \qquad PVD_n(s) = \frac{j + (i + s + is)\dfrac{(1-j)^n}{(1+i)^n(1+s)^n}}{j + i + s + is}\, I.$$

Koneen jäännösarvon oletetaan (reaalisesti) vähenevän eksponentiaalisesti vauhdilla r (100r %), jolloin

$$\text{(3.8)} \qquad PVS_n = \left(\frac{1-r}{1+i}\right)^n I.$$

4. NUMEERISIA TULOKSIA

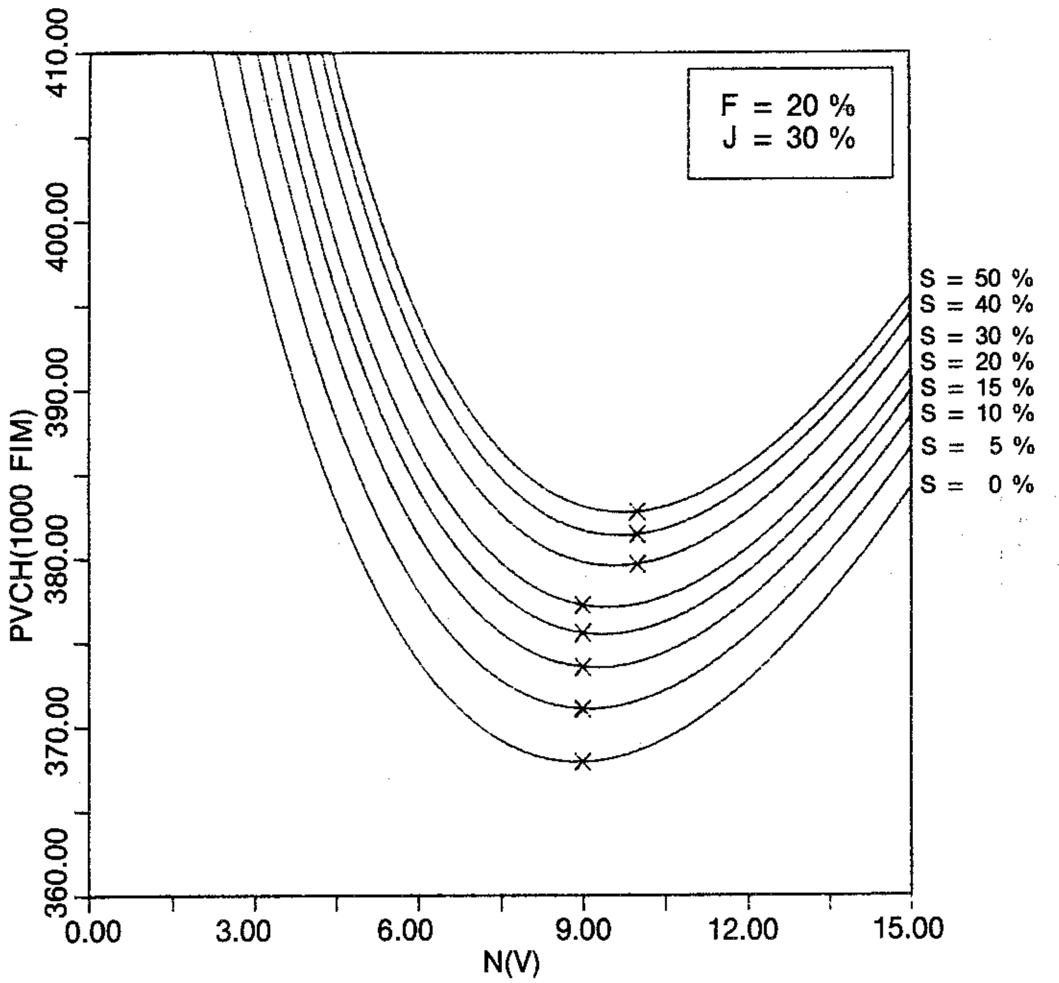
Investointiketjun kokonaiskustannusten nykyarvoa ja sen perusteella määräytyvää optimaalista pitoaikaa tarkasteltiin edellä nimenomaan inflaatiovauh-



Kuvio 4.3. Inflaation vaikutus $PVCH_n$-funktioon, f = 0.60, j = 1.

din s funktiona. Tämä on päämielenkiinnon kohteena tässä artikkelin numeerisessakin osassa. Mallin analyysin yhteydessä kuitenkin todettiin, että inflaation vaikutus ilmenee vain verotuksessa hyväksyttävien poisto-osuuksien välityksellä. Näin on tiettyä mielenkiintoa tarkastella myös näiden tekijöiden vaikutusta mallin tuloksiin. Inflaatiovauhtia tai -astetta (s) pidetään seuraavassa varsinaisena tutkittavana muuttujana sekä verokantaa (f) ja menojäännöspoiston poistosuhdetta (j) parametreina, joita varioidaan tietyissä käytännön kannalta relevanteissa puitteissa niiden vaikutuksen esille saamiseksi. Kustannusfunktiot lasketaan seuraavilla vakioparametriarvoilla

Laskentakorko (reaalinen) i = 0.10
Koneen alkuperäinen hankintahinta I = 100.000 mk
Alkuperäiset käyttö- ja ylläpitokustannukset
O = 20.000 mk/vuosi



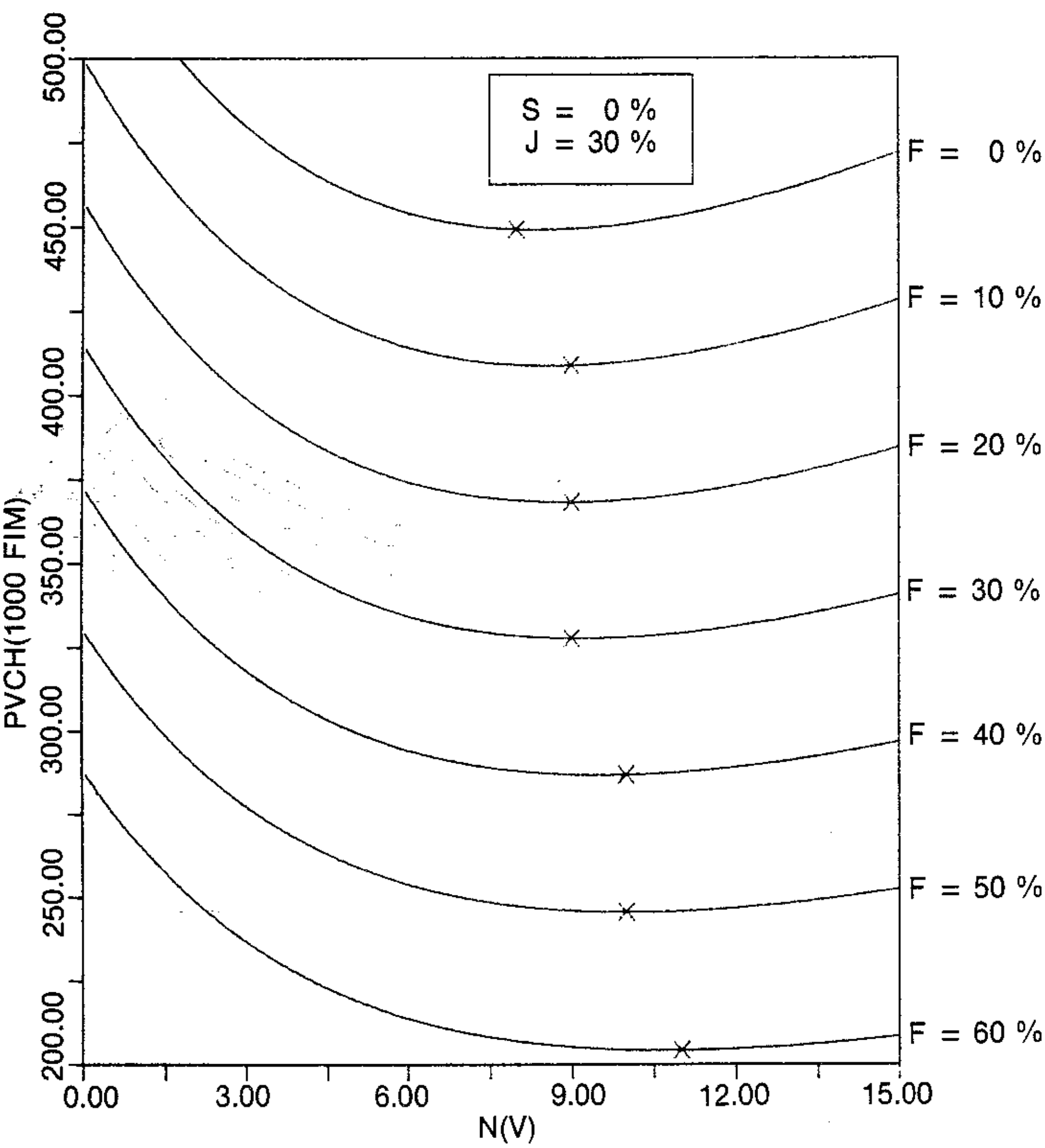
Kuvio 4.4. Inflaation vaikutus $PVCH_n$-funktioon, f = 0.20, j = 0.30.

Käyttö- ja ylläpitokustannusten reaalikasvu g = 0.08
Jäännösarvon laskusuhde (reaalinen) r = 0.20

Varioitavien parametrien arvoalueet ovat

Verokanta $f \in [0, 60\ \%]$
Poistosuhde j = 0.10, 0.30, 1

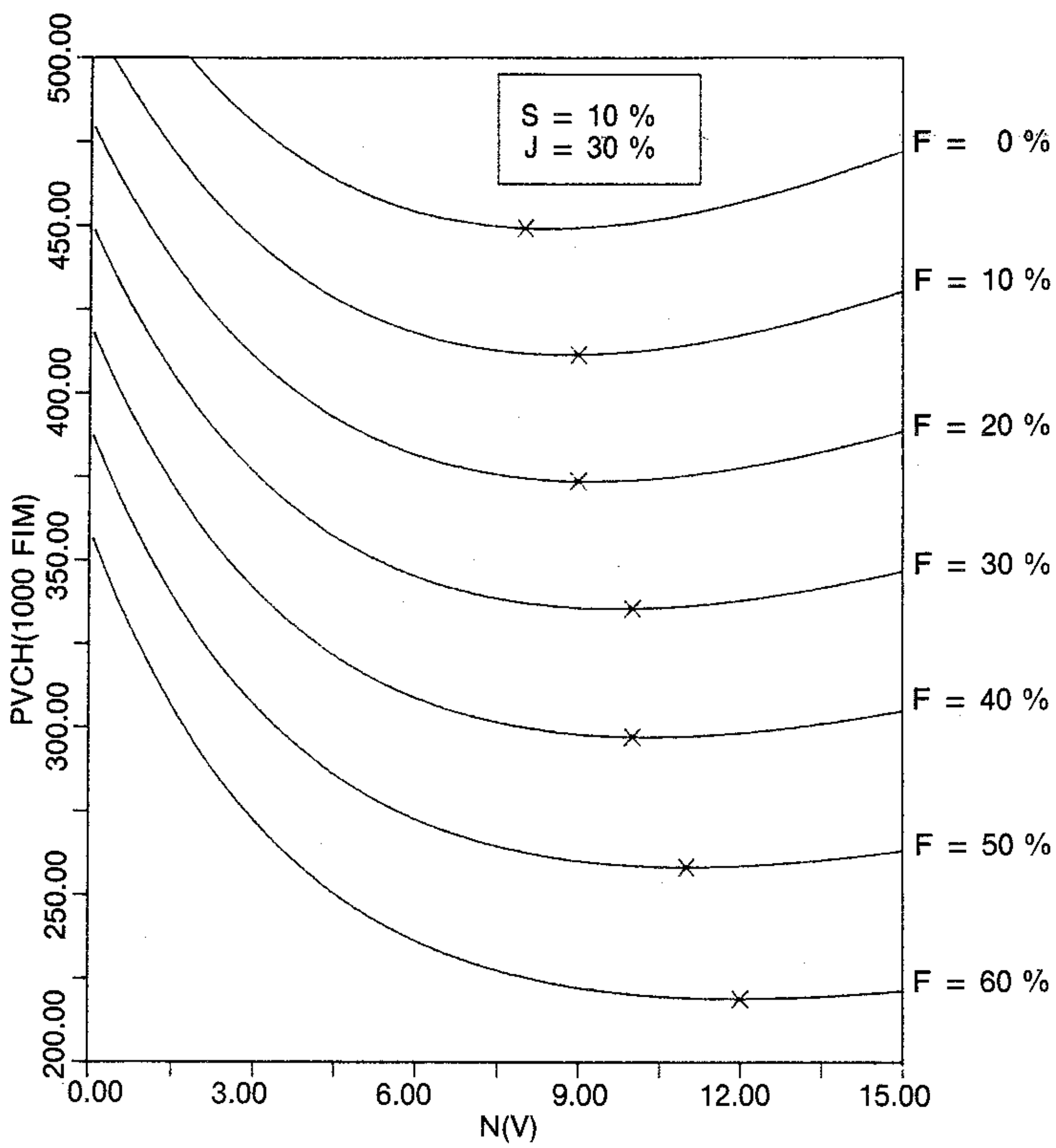
Kuvioihin 4.1.—4.3. on laskettu kokonaiskustannusten nykyarvofunktiot verokannalla f = 0.60 ja poistosuhteilla j = 0.10, 0.30, 1. Alin nykyarvokäyrä kussakin kuviossa kuvaa vakaan rahanarvon mukaista tilannetta (s = 0). Kuvioista nähdään ensinnäkin, että korvausketjun yhteenlaskettu nykyarvo kohoaa kaikilla pitoajoilla inflaation kohotessa. Kuvioista nähdään myös, että samalla kun inflaation kohotessa $PVCH_n$-käyrät siirtyvät yhä ylemmäs (inflaatio kasvattaa kokonaiskustannusten nykyarvoa), käyrien minimikohdat siirtyvät oikeal-



Kuvio 4.5. Verokannan vaikutus $PVCH_n$-funktioon, s = 0, j = 0.30.

le (pienimmät kokonaiskustannukset tuottava pitoaika kasvaa). *Inflaatio siis pidentää koneen edullisinta pitoaikaa.* Esimerkiksi kuviossa 4.1. edullisimmaksi pitoajaksi tulee 11 vuotta vakaan rahanarvon tilanteessa, eli kone kannattaa korvata uudella aina 11 vuoden välein. Inflaatiotasolla s = 0.10 (100s = 10 %) kokonaiskustannusten nykyarvon minimoivaksi pitoajaksi tulee 13 vuotta, eli 10 %:n inflaatio pidentää edullisinta pitoaikaa 2 vuodella. Inflaation kohoaminen 10 %:sta 20 %:iin pidentää edullisinta pitoaikaa vielä yhdellä vuodella eli 14 vuoteen.

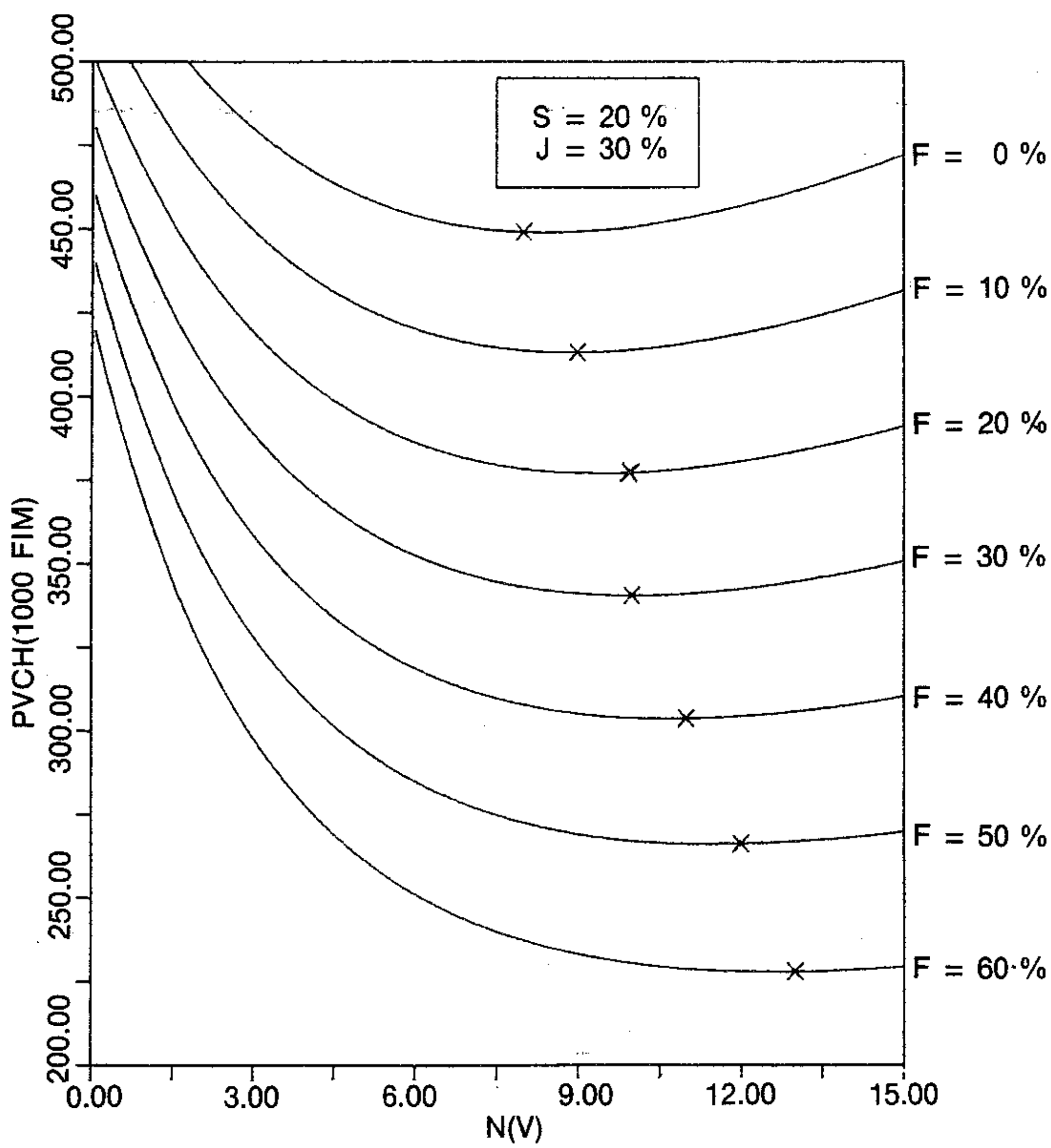
Kuvioita vertailemalla voidaan poistosuhteen j merkityksestä todeta, että in-



Kuvio 4.6. Verokannan vaikutus $PVCH_n$-funktioon, s = 0.20, j = 0.30.

flaation vaikutus säilyy laadullisesti samanlaisena. Määrällisesti sen sijaan j:n kasvaessa inflaation vaikutus heikkenee. Tämä näkyy sekä kustannusfunktion arvon muutoksissa että pitoajan muutoksissa. Esimerkiksi koko investoinnin kertapoiston tapauksessa (kuvio 4.3.) edullisin pitoaika vakaan rahanarvon tapauksessa on 10 vuotta. 10 %:n inflaatiotasolla se on edelleen sama ja vasta 15 %:n inflaatiotasolla se pitenee yhdellä vuodella eli 11 vuoteen.

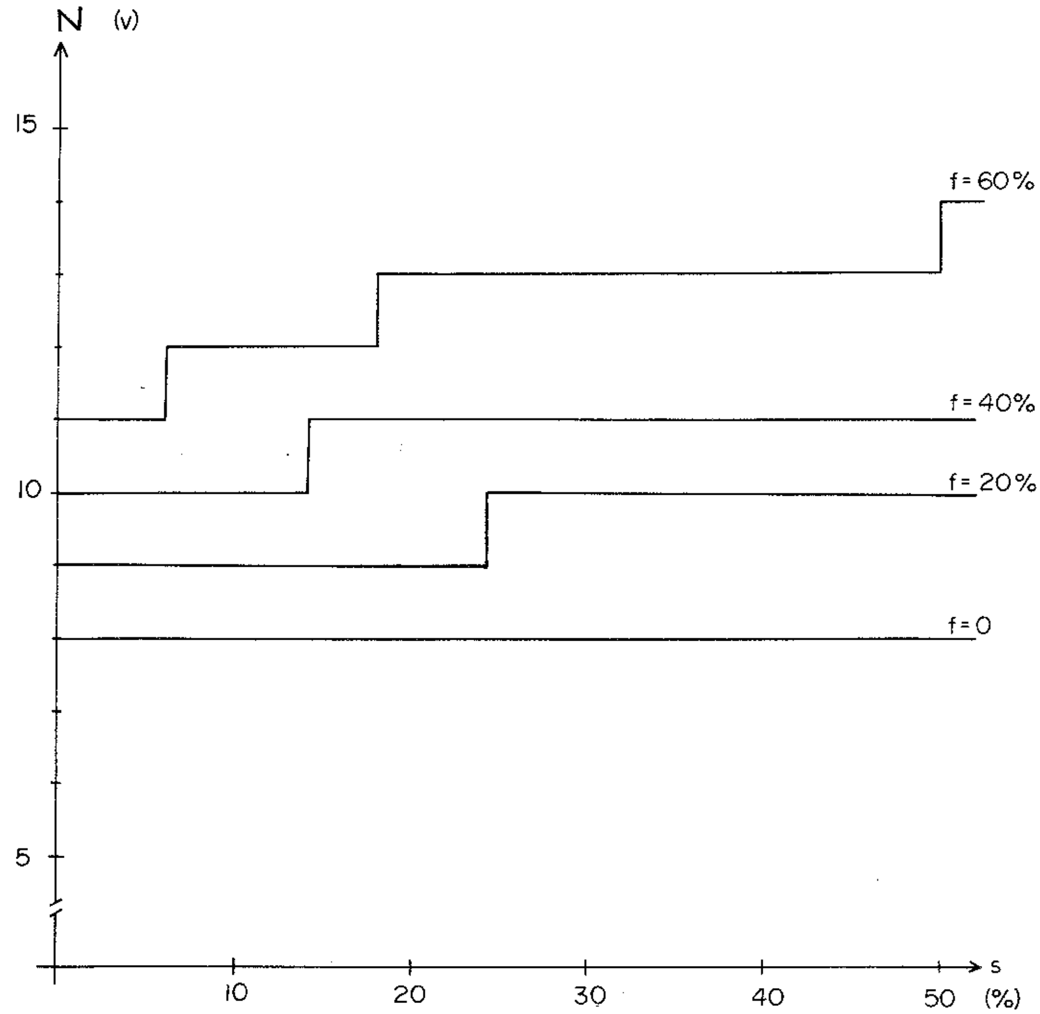
Kuvio 4.4. poikkeaa kuviosta 4.2. vain verokannan osalta, joka on nyt 20 %. Edullisin pitoaika on vakaan rahanarvon tilanteessa 9 vuotta, kun se oli 60 %:n verokannalla 11 vuotta. Inflaatio pidentää edullisinta pitoaikaa siten, että se on



Kuvio 4.7. Verokannan vaikutus $PVCH_n$-funktioon, s = 0.20, j = 0.30.

20—50 %:n inflaatioilla 10 vuotta. Siten alhaisilla verokannoilla inflaation pitoaikaa pidentävä vaikutus tulee vähäisemmäksi kuin korkeilla verokannoilla.

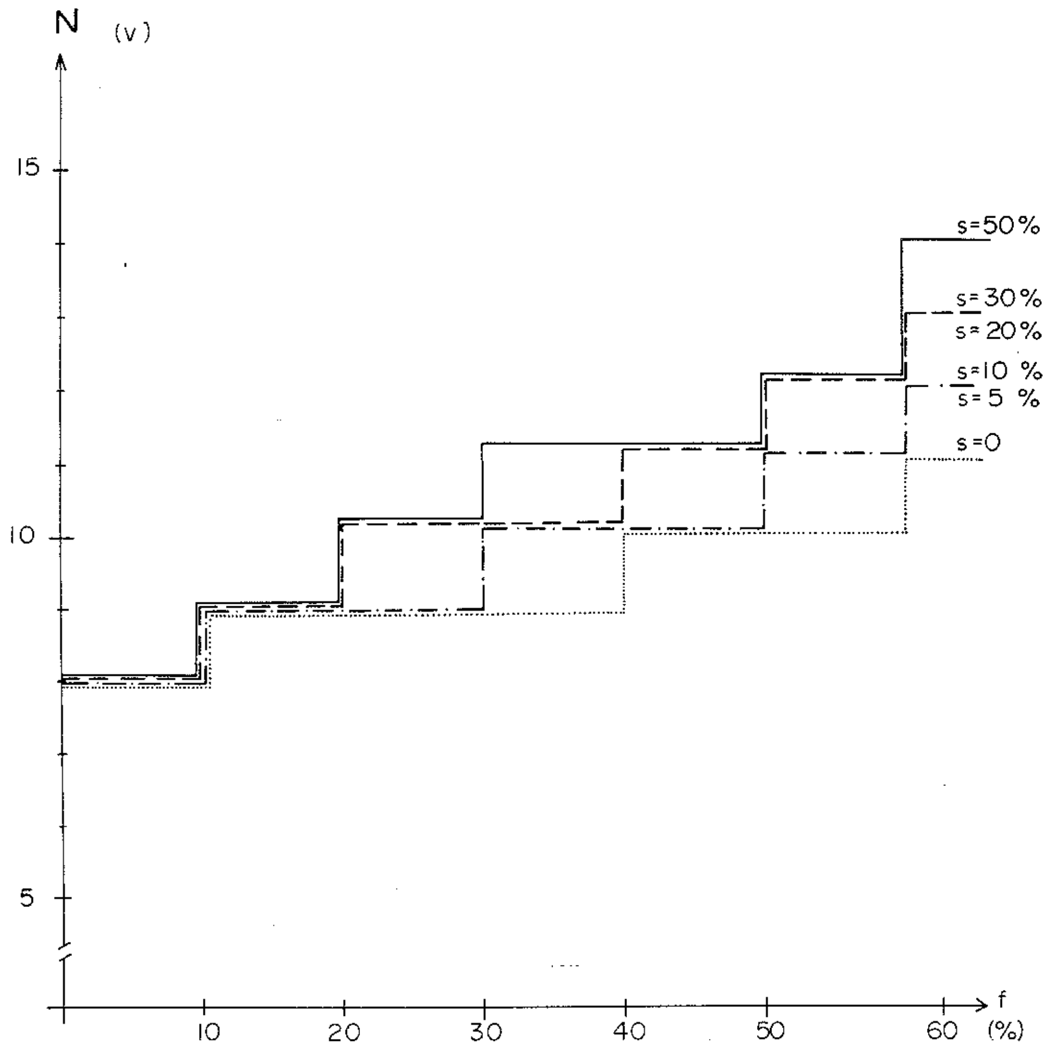
Verokannan oma vaikutus tulee selvästi näkyviin kuvioissa 4.5.—4.7., joissa on esitetty kokonaiskustannusten nykyarvon riippuvuus pitoajasta ja verokannasta eri s:n arvoilla (s = 0, 0.10, 0.20). Verokannan kohoaminen alentaa kokonaiskustannusten nykyarvoa kaikilla pitoajoilla. Inflaatiovauhdin ollessa annettu (tilanne kussakin yksittäisessä kuviossa) *verokannan kohoaminen pidentää koneen edullisinta pitoaikaa.* Esimerkiksi 10 %:n inflaatiotasolla (kuvio 4.6.) edullisimmaksi pitoajaksi tulee verottomassa tilanteessa (f = 0) 8 vuotta, 30 %:n ve-



Kuvio 4.8. Edullisimman pitoajan (N) riippuvuus inflaatiosta (s) verokannan (f) eri arvoilla.

rokannalla 10 vuotta ja 60 %:n verokannalla 12 vuotta. Kuvioita 4.5.—4.7. vertaamalla nähdään edelleen, että verottomassa tilanteessa (f = 0) *koneelle tulee inflaatiosta riippumaton edullisin pitoaika.* Kuvioissa 4.5.—4.7. se on 8 vuotta. Tämä johtuu, kuten jo aiemmin on todettu, siitä että inflaation koneen edullisinta pitoaikaa pidentävä vaikutus toteutuu vain verotuksen kautta. Mikäli pitoaikalaskelmassa verokanta voidaan olettaa nollaksi (joko siitä syystä, että verokanta = 0 tai riittävän verotuksellinen kuluvaraston vuoksi), edullisin pitoaika ei riipu lainkaan inflaatiosta.

Yhteenvetona edellä olevista tarkasteluista voidaan todeta, että tarkastelun kohteeksi valitulla muuttujalla (inflaatiovauhti s) on positiivisen verokannan (f > 0) tapauksessa edullisinta pitoaikaa pidentävä vaikutus. Tämä vaikutus vahvistuu verokannan kasvaessa, näillä tekijöillä on ilmeinen yhteisvaikutus. Ve-



Kuvio 4.9. Edullisimman pitoajan (N) riippuvuus verokannasta (f) inflaatiovauhdin (s) eri arvoilla.

rokannalla f (toinen varioitavista parametreista) on tämän yhteisvaikutuksen lisäksi oma, inflaatiosta riippumaton pitoaikaa pidentävä vaikutuksensa (verokannan kasvu pidentää edullisinta pitoaikaa myös vakaan rahanarvon tilanteessa). Toisella varioitavalla parametrilla, poistosuhteella j, on edellisiä huomattavasti vähäisempi vaikutus. Poistosuhteen kasvu (siirtyminen yhä etupainotteisempiin poistoihin) heikentää jossain määrin kahden muun tarkasteltavan tekijän vaikutusta.

Kahden voimakkaimmin vaikuttavan tekijän, inflaatiovauhdin s ja verokannan f, vaikutusta edullisimpaan pitoaikaan on lopuksi havainnollistettu kahdella kuviolla. Kuviossa 4.8. esitetään optimipitoajan N riippuvuutta inflaatiovauhdista (alueella $0 \leq s \leq 50$ %) veroasteen f eri arvoilla (f = 0, 20 %, 40 %, 60 %).

Poistosuhde j on kiinnitetty arvoon 0.3. Kuviosta käy selvästi ilmi sekä inflaation oman itsenäisen vaikutuksen puuttuminen (optimipitoaika säilyy vakiona tapauksessa f = 0) että verotuksen välityksellä syntyvän inflaatiovaikutuksen ilmaantuminen ja voimistuminen verokannan kasvaessa (inflaatio pidentää edullisinta pitoaikaa sitä enemmän mitä korkeampi verokanta on).

Kuviossa 4.9. on esitetty optimipitoajan riippuvuus verokannasta (alueella $0 \leq f \leq 60$ %) eri inflaatiotasoilla (s = 0, 5 %, 10 %, 20 %, 30 %, 50 %). Nähdään, että verokannalla on edellä jo todetun inflaatio/verotus -yhteisvaikutuksen lisäksi myös oma, inflaatiosta riippumaton vaikutuksensa. Edullisin pitoaika kasvaa verokannan kasvaessa myös vakaan rahanarvon tapauksessa, esimerkkitilanteessa 8 vuodesta (f = 0) 11 vuoteen (f = 60 %). Inflaation ja verotuksen yhteisvaikutusta alkaa merkittävästi ilmaantua arvosta f = 20 % alkaen (vrt. myös kaavio 4.8.).

TEEMU AHO, Professor
Lappeenranta University of Technology
Lappeenranta, Finland

ILKKA VIRTANEN, Professor
University of Vaasa
Vaasa, Finland

The Impact of Inflation on the Optimal Service Life of a Machine

(Summary)

In this paper we analyze the impact of inflation on the optimal service life of a machine investment. We develop a net present value (NPV) model, which is based on the replacement chain of identical machines. Using this model the optimal replacement interval and the impact of inflation and other factors (taxation, depreciation) on it are determined.

We assume the planning horizon to be infinite. The advances in technology are not incorporated in the model. Thus the efficiency of the new machines in the replacement chain is the same as that of the first machine. We assume that inflation s is constant and that no relative price changes occur that would affect the factors included in the model.

When discounting we use a positive discount rate $i' = i + s + is$ (where i is the real discount rate) that stays in real terms constant. We assume the effect of the machine on the firm's real net income constant, too. Hence the model can be optimized using the minimization of costs as the criterion. We assume the operation and maintenance costs of the machine to inrease and the salvage value of the machine correspondingly to diminish as time passes. We assume no financial limitations when financing the replacement investment.

With these assumptions we get the NPV of the total costs after tax for a single machine in inflationary conditions as

$$PVC_n(s) = I + (1 - f)PVO_n - fPVD_n(s) - (1 - f)PVS_n, \tag{S.1}$$

when I is the purchase price of the machine and f is the tax rate. PVO_n is the present value of the cost of operation and maintenance. $PVD_n(s)$ is the present value of the depreciation allowances. It becomes a function of inflation. PVS_n is the present value of the salvage value.

When we consider a chain of identical machines we get the NPV of the total costs of the chain as

$$\text{(S.2)} \qquad PVCH_n(s) = \frac{c_{n\rceil i}}{i} PVC_n(s),$$

where $c_{n\rceil i}$ is the annuity factor for n periods and discount rate i.

Hence, inflation has an effect on the NPV of the total costs only through the effect of taxes on the depreciation allowances. It means that inflation has influence only when the tax rate is positive.

The general optimal replacement policy can be characterized also in inflationary conditions as follows: So long as the average yearly costs is greater than the marginal cost of extending the life of the machine by one additional year, don't replace; as soon as the marginal cost of the additional year's service exceeds the average cost, the machine should be replaced.

We tested the NPV model further by numerical simulation. We chose inflation s as the basic variable and tax rate f and the declining balance depreciation factor j as parameters that we let vary in relevant ranges. We found out that inflation has a lengthening effect on the optimal service life of a machine. If we increase the depreciation factor, the effect of inflation is diminished. An increase in tax rate has a lengthening effect on the optimal service life, too. Under high values of inflation and tax rate we further have a strong interaction effect of these two factors.

VIITATTU KIRJALLISUUS:

Aho, Teemu, Investointilaskelmat. W + G, Ekonomia-sarja. Vaasa 1982.

Christer, A. H.—Goodbody, W., Equipment Replacement in an Unsteady Economy. Journal of the Operational Research Society 6/1980.

Lohmann, Jack R. — Foster, E. W., A Comparative Analysis of the Effect of ACRS on Replacement Economy Decisions. The Engineering Economist 4/1982.

Massé, Pierre, Optimal Investment Decisions. Rules for Action and Criteria for Choice. Englewood Cliffs, New Jersey 1962.

Morris, William T., Engineering Economic Analysis. Virginia 1976.

Oakford, Robert V., Capital Budgeting. A Quantitative Evaluation of Investment Alternatives. New York 1970.

Poensgen, O.—Straub, H., Inflation and Investment Decisions. Management International Review 4/1976.

Waters, Robert C.—Bullock, Richard L., Inflation and Replacement Decisions. The Engineering Economist. Summer 1976.

LIITE

SYMBOLILUETTELO

$a_{n \rceil i}$	jaksollisten maksujen nykyarvotekijä
b	käyttö- ja ylläpitokustannusten reaalinen vuosikasvu (lineaarinen kasvu)
B_n	koneinvestoinnin kirjanpitoarvo pitoajan lopussa
$c_{n \rceil i}$	annuiteettitekijä
D_t	poisto vuonna t
f	verokanta
g	käyttö- ja ylläpitokustannusten reaalinen kasvukerroin (geometrinen kasvu)
I	koneen hankintahinta
i	reaalinen laskentakorkokanta
i'	nimellinen laskentakorkokanta
j	poistosuhde (menojäännöspoisto)
n	koneen pitoaika
N	koneen optimaalinen pitoaika
O	käyttö- ja ylläpitokustannusten alkuarvo
O_t	käyttö- ja ylläpitokustannukset vuonna t
PVC_n	koneen kokonaiskustannusten nykyarvo (vakaa rahan arvo)
$PVC_n(s)$	koneen kokonaiskustannusten nykyarvo inflaatioasteen s funktiona
$PVCH_n$	identtisten koneiden muodostaman korvausketjun kokonaiskustannusten nykyarvo (vakaa rahanarvo)
$PVCH_n(s)$	identtisten koneiden muodostaman korvausketjun kokonaiskustannusten nykyarvo inflaatioasteen s funktiona
PVD_n	poistojen nykyarvo (vakaa rahanarvo)
$PVD_n(s)$	poistojen nykyarvo inflaatioasteen s funktiona
PVO_n	käyttö- ja ylläpitokustannusten nykyarvo
PVS_n	koneen jäännösarvon nykyarvo
r	koneen jäännösarvon reaalinen alenemisvauhti
s	inflaatioaste
S_n	koneen jäännösarvo