

VATT - TUTKIMUKSIA

16

VATT - RESEARCH REPORTS

Tanja Kirjavainen ja Heikki A. Loikkanen

LUKIOIDEN TEHOKKUUSEROISTA
- DEA-MENETELMÄN SOVELLUS LUKIOIDEN
TEHOKKUUSEROJEN ARVIOIMISEKSI

VALTION TALOUDELLINEN TUTKIMUSKESKUS

Government Institute for Economic Research

Helsinki 1993

ISBN 951-561-073-7
ISSN 0788-5008

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus
Hämeentie 3, 00530 HELSINKI

J-Paino Ky
Helsinki 1993

ESIPUHE

Julkisen palvelutuotannon eri lohkojen tuottavuuden ja tuloksellisuuden arviointi on yksi Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen tutkimuksen painopistealueista. Tämä tutkimus koskee koulusektoria ja erityisesti lukioiden tehokkuutta. Tutkimus on jatkoa VATT:ssa tehdyille koulusektorin taloudelliselle arvioinnille. Tekijöiden edellinen tutkimus käsitteli peruskoulujen oppilaskohtaisia kustannuseroja. Tutkimusmenetelmänä siinä käytettiin regressioanalyysia. Tämä tutkimus edustaa menetelmällisesti VATT:ssa viime aikoina liikkeelle lähtenyttä suuntausta soveltaen ns. Data Envelopment Analysis (DEA) -menetelmää julkisen palvelutoiminnan yksiköiden tehokkuuserojen arviointiin.

Työssä tutkitaan lukioita koskevalla aineistolla niiden tehokkuuseroja eli tuotosten ja panosten välisten suhteiden eroja. Tehokkuuseroja mitattiin kolmella mallilla, joista suppein sisälsi vain muutamia määrällisiä muuttujia ja laajin näiden lisäksi panosten- ja tuotosten laatua kuvaavia tekijöitä. Lukioiden tehokkuuserot olivat melko suuria vielä laadullisten tekijöidenkin huomioon ottamisen jälkeen. Tehokkaimpien ja tehottomimpien lukioiden tehokkuusjärjestyksen mukainen asema säilyi verraten stabiilina mallista toiseen, kun taas jakauman keskivaiheilla olevat lukiot vaihtoivat enemmän asemaansa. Tutkimuksen tulosten perusteella lukioiden tehokkuuden mukainen paremmuusjärjestys on hyvin erilainen kuin niiden järjestys yksittäisen tuotosmuuttujan, kuten esimerkiksi ylioppilaskirjoitusten keskimääräisen yleisarvosanan mukaan.

Helsingissä, joulukuun 3 päivänä 1993

Reino Hjerppe

ALKUSANAT

Kiitämme opetushallitusta ja valtiovarainministeriötä työn osittaisesta rahoituksesta. Tämän tutkimuksen aiempia versioita on esitelty kuluvan vuoden aikana Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen sisäisten seminaarien lisäksi koulutus-tutkijoiden "Koulutus ja työelämä" -seminaarissa Helsingissä sekä Kansantaloustieteen päivillä Joensuussa. Kiitämme työtämme kommentoineita tutkijoita ja virkamiehiä sekä toimistos sihteeri Sari Virtasta kyselyaineiston tietojen käsittelystä.

Helsingissä, joulukuun 6 päivänä 1993

Tanja Kirjavainen

Heikki A. Loikkanen

Kirjavainen, Tanja ja Loikkanen, Heikki A.: Lukioiden tehokkuuseroista - DEA-menetelmän sovellus lukioiden tehokkuuserojen arvioimiseksi. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Government Institute for Economic Research, 1993 (B, ISSN 0788-5008; No 16), ISBN 951-561-073-7.

TIIVISTELMÄ: Työssä tarkasteltiin 291 päivälukion tehokkuuseroja Data Envelopment Analysis -menetelmällä. Tehokkuutta mitattiin kolmen mallin avulla, joista suppeimmassa sekä panokset että tuotokset olivat määrällisiä ja laajimmassa otettiin huomioon myös laadullisia tekijöitä. Lukioiden keskimääräinen tehokkuus oli laajimmassa mallissa 82-84 prosenttia vaihdellen 44 prosentista 100 prosenttiin. Kaikkein tehokkaimpien ja tehottomimpien lukioiden tehokkuusluvun mukainen järjestys oli suhteellisen pysyvä, kun taas monen jakauman keskivaiheilla olleen lukion asema muuttui paljon. Lukioiden keskimääräinen skaalatehokkuus oli korkea, joten tehottomuus oli enemmänkin niiden resurssien käyttöön kuin toiminnan mittakaavaan liittyvää. Lukioiden tehokkuuden mukainen paremmuusjärjestys oli hyvin toisenlainen kuin järjestys yksittäisen tuotosmuuttujan, kuten ylioppilaskirjoitusten keskimääräisen yleisarvosanan perusteella.

ASIASANAT: Koulutus, tehokkuus, data envelopment analysis

Kirjavainen, Tanja ja Loikkanen, Heikki A.: Lukioiden tehokkuuseroista - DEA-menetelmän sovellus lukioiden tehokkuuserojen arvioimiseksi. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Government Institute for Economic Research, 1993 (B, ISSN 0788-5008; No 16), ISBN 951-561-073-7.

ABSTRACT: This study measures the efficiency of Finnish senior secondary schools by Data Envelopment Analysis (DEA). Three model variants were used. In the simplest ones both input and output variables were quantitative, in the most extensive ones also qualitative variables were included. Average efficiencies in the most extensive models were 82-84 per cent, ranging from 44 to 100 per cent. By ranking schools according to their efficiency scores, schools in the topmost and the lowest quartiles tended to maintain their ranking position whereas the centrally located ones were more mobile. The scale efficiency scores were very high. Thus the inefficiency of schools is more due to technical inefficiency rather than inoptimal scale of operation. The results also show that the rankings of schools by matriculation examination scores differed markedly from rankings by efficiency.

KEY WORDS: Education, efficiency, data envelopment analysis

SISÄLTÖ

sivu

1	JOHDANTO	1
2	TEHOKKUUDEN MITTAAMISESTA.....	5
2.1	Tehokkuuskäsitteistä	5
2.2	DEA-lähestymistapa tehokkuusrintaman muodostajana	8
2.3	Tehokkuusmittojen esittely	10
2.4	Tehottomien toimipaikkojen dominoivat yksiköt	12
2.5	Graafinen esitys käytettäessä kahta panosta ja tuotettaessa yhtä tuotosta.....	12
2.6	DEA-menetelmän matemaattinen ratkaisu.....	15
2.7	DEA-menetelmän edut ja haitat	19
3	KATSAUS DEA-MENETELMÄN KOULUSOVELLUKSIIN.....	22
4	KOULUJEN PANOKSISTA JA TUOTOKSISTA	30
5	TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MALLIT, MUUTTUJAT JA AINEISTO.....	35
5.1	Tutkimuksessa käytettävät mallit ja muuttujat	35
5.2	Tutkimuksen aineisto.....	41
5.3	Lukioiden arvosanajakaumien esittelyä	43
6	TEHOKKUUSANALYYSIN TULOKSET.....	48
6.1	Tehokkuusjakaumat malleittain.....	49
6.2	Tehokkuusjakaumien sisäinen stabiilius eri mallien kesken	54
6.3	Lukioiden skaalatehokkuus.....	58
6.4	Dominoivien yksiköiden tarkastelua.....	61
6.5	Tehokkuusluvut ja ylioppilaskirjoitusten arvosanat sekä koulu- ja luokkakoko	64
7	YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT	70
	LÄHTEET.....	78
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Kouluilla on sekä kasvatuksellisia että oppilaiden tietojen ja taitojen lisäämiseen tähtääviä päämääriä. Niiden toimintaa voidaan perustellusti arvioida oppilaiden kouluaikaisilla, koulun päättymisajankohdan tai sen jälkeisten opintojen ja työelämän saavutuksilla. Kaikkien osatekijöiden yhtäaikainen huomioon ottaminen on kuitenkin käytännössä mahdotonta, joten näkökulma on yleensä rajatumpi.

Lukioita arvioidessaan julkinen sana samoin kuin lasten vanhemmat ja oppilaat kiinnittävät useimmiten huomionsa erilaisiin suoritustasoa ilmaiseviin mittareihin kuten oppilaiden ylioppilaskirjoitusmenestykseen ja päästötodistuksen keskiarvoon. Vanhemmat haluaisivat mielellään lastensa käyvän koulua, jonka oppilaat ovat aiemmin menestyneet hyvin ja jolla on hyvä maine. Näin arvioiden koulut voitaisiin asettaa paremmuusjärjestykseen esimerkiksi oppilaiden ylioppilaskirjoituksissa saaman keskimääräisen yleisarvosanan perusteella. Huomion kiinnittäminen pelkkiin suorite-eroihin olisi oikeutettua, mikäli koulujen resurssit olisivat identtiset.

Mikäli valittaisiin budjettiviranomaisille tyypillinen arviointiperuste, niin koulut voitaisiin asettaa paremmuusjärjestykseen niiden oppilaskohtaisten kustannusten perusteella halvimmasta kalleimpaan. Tällöin suoritteille ei anneta mitään painoarvoa. Tämä arviointitapa olisi oikeutettu, mikäli koulujen suoritteissa ei olisi eroja.

Koulujen välillä - lukiot mukaan lukien - on kuitenkin eroja sekä resurssien käytössä että suoritteissa ja lisäksi suoritteiden määrässä suhteessa resurssien käyttöön eli tehokkuudessa. Sen lisäksi että lasten vanhempia ja oppilaita kiinnostaa koulujen suoritetaso, veronmaksajina meidän kaikkien tulee olla kiinnostuneita myös siitä, mitä koulut resursseillaan saavat aikaan. Perimmiltään on kyse valistuneen kuluttajan näkökulmasta. Kaupassa käydessämme emme arvioi hankintojamme vain tuotteiden hyvien ominaisuuksien perusteella, vaan kiinnitämme huomiota hinta-laatu -suhteeseen valintoja tehdessämme. Lukioiden arvioinnissa huomio kiinnittyy helposti vain niiden tuotosten määrään ja laatuun, koska ne budjettirahoitteisina ovat näennäisesti maksuttomia.

Tässä tutkimuksessa esitellään menetelmä ja sen sovellus, jossa Suomen lukiot asetetaan paremmuusjärjestykseen tavanomaisista arvioinneista poiketen. Tutkimuksen tavoitteena on ensinnäkin mitata lukioiden tehokkuuseroja eli eroja, jotka syntyvät suhteutettaessa niiden suoritteiden määrä resurssien käyttöön. Tästä

näkökulmasta katsoen lukioiden paremmuusjärjestys on todennäköisesti erilainen kuin kiinnitettäessä huomio yksinomaan joko suoritteisiin (esim. ylioppilaskirjoitusten yleisarvosanojen keskiarvo) tai resursseihin (esim. keskimääräiset oppilaskohtaiset kustannukset). Samaan suoritustasoon yltävät lukiot voivat poiketa merkittävästi resursseiltaan. Samoin resurssein varustetut lukiot voivat puolestaan poiketa saavutuksiltaan. Niinpä lukio, jonka oppilaat menestyvät keskimääräisesti ylioppilaskirjoituksissa, voi olla huipputehokas otettaessa huomioon sen niukat resurssit ja heikko oppilasaines. Vastaavasti lukio, jonka oppilaat saavat hyviä arvosanoja ylioppilaskirjoituksissa, saattaa olla tehoton: suuremmat voimavarat ja parempi oppilasaines huomioon ottaen sen oppilaiden tulisi menestyä vielä paremmin.

Tutkimuksen toisena tavoitteena on tehokkuuden mittaamiseen soveltuvan uuden vaihtoehdon eli Data Envelopment Analysis-menetelmän (jatkossa DEA-menetelmä) testaaminen. Se sopii julkisen palvelutoiminnan (kuten koulutoimen) arviointiin, koska julkiset palvelut ovat usein ilmaisia tai niiden hinnat eivät ole markkinahintoja. DEA-menetelmää sovellettaessa hintoja ei tarvita, koska analyysi perustuu määrällisten panos- ja tuotosmittojen käyttöön, joita ei tarvitse edes painottaa. Edelleen DEA-menetelmän etuna on, että se sallii toimipaikkojen tuottavan useita tuotoksia ja käyttävän useita panoksia. Suoritteita ei tarvitse tiivistää yhdeksi enemmän tai vähemmän mielivaltaiseksi muuttujaksi. Matemaattisesti DEA -menetelmä on lineaarisen ohjelmoinnin sovellus.

Käytettävissä olevien panos- ja tuotosmuuttujien perusteella DEA-menetelmän avulla saadaan tietoa lukioiden välisistä tehokkuuseroista. Analyysi identifioi ensinnäkin eräänlaisen verhoikäyrämenettelyn avulla ns. tehokkaasti toimivat lukiot, joiden tehokkuusluku on yksi. Muille lukioille saadaan määrättyä niiden tehotuuden astetta kuvaavat nollan ja ykkösen väliin sijoittuvat tehokkuusluvut. Tehottomia lukioita voidaan katsoa kahdesta näkökulmasta. Yhtäältä saadaan tietoa minimipanosmääristä, joilla aineiston tehottomat lukiot olisivat voineet saada tuotoksensa aikaan. Toisaalta saadaan esille, kuinka paljon suuremman tuotoksen tehottomat lukiot voisivat tuottaa, jos ne toimisivat itsensä kanssa vertailukelpoisten tehokkaiden lukioiden tapaan. DEA-menetelmän tuloksia voidaan siis käyttää paitsi koko lukiosektorin sisäisen tehokkuusjakauman esille saamiseen, myös lukiotuotannon tehostamispyrkimysten apuvälineenä. Sen jälkeen, kun on löydetty vertailukelpoisia tehokkaita ja tehottomia kouluja, niitä voidaan tutkia lähemmin ja katsoa, mitä tehottomat koulut voisivat oppia tehokkailta toimintojen organisoinnissa ja voimavarojen käytössä. DEA-menetelmä onkin nähtävä tutkittavan toimi-

alan arvioinnin yhtenä osana, jonka tuloksia voidaan käyttää hyväksi toimintayksiköiden yksityiskohtaisemmissa analyyseissa.

DEA-menetelmän samoin kuin kaikkien muidenkin menetelmien hyödyllisyys riippuu ratkaisevasti käytettävissä olevien aineistojen laadusta ja niiden tarjoamien muuttujien relevanssista tutkittavan ongelman kannalta. Vaikka lukioiden toiminnalla sanotaan olevan monia päämääriä, kuten hyvien menestymisedellytysten luominen jatko-opiskelua ja työelämää ajatellen, koulutoimi ei itse tuota paljoakaan näihin asioihin liittyvää suoritettietoa. Ylioppilaskirjoitukset näyttävät muodostavan sekä oppilaille että opettajille sellaisen konkreettisen tavoitteen, jonka perusteella lukioiden toimintaa suunnitellaan ja arvioidaan etenkin, kun kyseessä on valtakunnallisesti vertailukelpoinen tieto. Sen vuoksi tässä tutkimuksessa lukioiden tuotoksen mittareita ovat niiden tuottamien ylioppilaiden määrä sekä oppilaiden ylioppilaskirjoitusmenestys. Niiden rinnalla käytetään muuttujia, jotka mittaavat lukion kykyä siirtää oppilaita luokalta toiselle koko lukion aikana.

Lukioiden resursseja ja toimintaolosuhteita kuvaavina muuttujina käytetään tässä tutkimuksessa opetus- ja muiden tuntien määrää, opettajien koulutustasoa ja opettajakokemusta. Oppilasaineksen laatua mitataan lukion sisäänpääsyrajan avulla. Huomattakoon, että esimerkiksi opetuksen tuntimäärät ja ylioppilaiden määrät mittaavat samalla koulukokoa. Sitä vastoin suoranaista luokkakokoa kuvaavaa muuttujaa ei DEA-sovellukseen sisälly erillisenä, mutta sekin on osassa malleja implisiittisesti mukana määräytyen analyyseissä käytettävien muuttujien suhteena.

Tämän tutkimuksen tavalla määriteltyyn lukioiden suoritustasoon vaikuttavat aivan ilmeisesti monet muutkin tekijät, kuten koulujen pääomapanos (opetus- ym. tilat, opetusmateriaali ja laitteet ym.) ja oppilaiden taloudellinen ja sosiaalinen perhe- tausta. Näitä tekijöitä kuvaavia muuttujia ei ole ollut käytettävissä. Tämä osoittaa, että tutkimusaineistojen parantaminen on jatkotutkimusten keskeinen haaste.

Tutkimus etenee seuraavasti. Luvussa 2 esitellään erilaisia tehokkuuskäsitteitä, jotta ilmenisi, mitä tämän työn kannalta keskeisellä ns. teknisellä tehokkuudella tarkoitetaan. Päähuomio kiinnitetään kuitenkin tässä tutkimuksessa sovellettavan DEA-menetelmän esittelyyn, tulkintaan ja arviointiin. Luvussa 3 on kirjallisuuskatsaus aikaisempiin DEA-sovelluksiin koulutuksen piirissä. Luvussa 4 hahmotetaan koulujen toimintaa tuotannollisena prosessina, jotta nähtäisiin millaisia panos- ja tuotosmuuttujia ideaalitulanteessa olisi hyvä olla käytettävissä. Luvussa 5 esitellään tässä tutkimuksessa tehokkuuden arviointiin käytettävien kolmen eri

mallin panos- ja tuotosmuuttajat sekä tutkimuksen aineisto. Luvussa 6 esitetään tutkimuksen tehokkuusanalyysien tulokset. Luvussa 7 tehdään yhteenveto tutkimuksen aineistosta, menetelmästä ja tuloksista sekä viitotetaan tietä mahdollisten jatkotutkimusten suuntaamiseksi.

2 TEHOKKUUDEN MITTAAMISESTA

2.1 Tehokkuuskäsitteistä

Taloustieteessä voidaan erottaa useita erilaisia toisiaan täydentäviä tehokkuuden käsitteitä, joita voidaan käyttää yksittäisen yrityksen, toimialan tai koko kansantalouden toiminnan arvioinnissa. Tämän tutkimuksen tarpeita ajatellen on syytä erottaa ja määritellä yritys- tai toimipaikkatasoon viitaten seuraavat käsitteet: Tekninen tehokkuus, kustannustehokkuus ja allokaatiivinen tehokkuus. Näihin liittyy myös skaalatehokkuus. Käsitteiden erittely on tarpeen senkin vuoksi, että niiden käyttö ei ole täysin vakiintunutta.

Teknisellä tehokkuudella tarkoitetaan sitä, että annetulla panosmäärällä tuotetaan suurin mahdollinen tuotos. Valmistettaessa useampia tuotoksia tekninen tehokkuus tarkoittaa sitä, että minkään tuotoksen määrää ei voida kasvattaa vähentämättä joidenkin muiden tuotosten määrää. Vaihtoehtoisesti voidaan kiinnittää tuotokset, jolloin teknisen tehokkuuden vallitessa minkään panoksen käyttöä ei voida pienentää lisäämättä joidenkin muiden panosten käyttöä.

Kustannustehokkuus merkitsee sitä, että teknisen tehokkuuden lisäksi otetaan huomioon panosten hinnat. Tuotannon on ensinnäkin oltava teknisesti tehokasta. Tämän lisäksi on halutun tuotannon aikaansaamiseksi useista teknisesti tehokkaista vaihtoehdoista valittava kustannukset minimoiva vaihtoehto.

Kustannustehottomuus voi johtua siitä, että panossuhteet ovat oikeat, mutta kaikkia panoksia käytetään tarpeettoman paljon. Tällöin kustannustehottomuus johtuu teknisestä tehottomuudesta. Toisaalta yritys tai toimipaikka voi olla teknisesti tehokas, mutta panossuhteet ovat väärät. Tällöin on kyse *allokaatiivisesta tehottomuudesta*, mistä johtuen kustannukset eivät ole minimissään. Tietysti yritys voi olla sekä teknisesti että allokaatiivisesti tehoton ja näin ollen myös kustannustehoton.

Skaalatehokkuudessa on kyse siitä, miten tuotannon määrä muuttuu panosmääriä kasvatettaessa. Jos panosmääriä kasvatetaan n -kertaisiksi ja tuotokset lisääntyvät nekin n -kertaisiksi sanotaan tuotannossa vallitsevan *vakioskaalatuotot* (vst). Mikäli panosten n -kertaistamisen tuloksena tuotokset kasvavat vähemmän (enemmän) kuin n -kertaisiksi, vallitsevat vähenevät (kasvavat) skaalatuotot. Skaalatuottojen aste ei välttämättä ole vakio, vaan se saattaa vaihdella. Jos yrityksellä tai toimi-

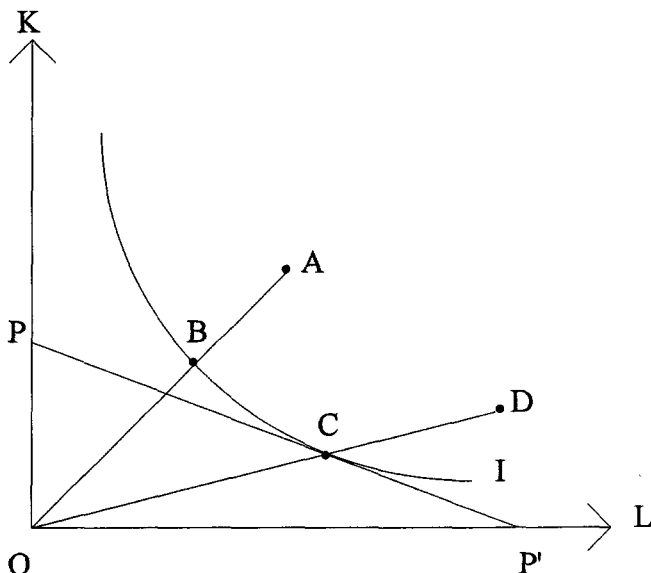
paikalla on optimikoko, niin ennen optimikokoa ovat voimassa kasvavat skaalatuotot ja optimikoon jälkeen vähenevät skaalatuotot. Sallittaessa skaalatuottojen vaihtelu, puhutaan *muuttuvien skaalatuottojen* (mst) tuotantoteknologiasta.¹ Skaalaeduista puhutaan myös kustannuksiin liittyen. Yksikkökustannukset kasvavat, ovat vakioiset tai pienenevät tuotannon mittakaavan (ja panoskäytön) kasvaessa riippuen siitä ollaanko vähenevien, vakioisten vai kasvavien skaalatuottojen alueella.

Yllä esitetyistä käsitteistä tekninen tehokkuus on suorimmin yhteydessä tuottavuuteen. Tarkasteltaessa yhtä tuotetta vain yhdellä panoksella (esimerkiksi jotain palvelua pelkällä työpanoksella) tuottavaa toimipaikkaa sen tuotoksen määrä suhteessa panoksen määrään mittaa samalla sekä kokonaistuottavuutta että ainoan käytetyn panoksen (työpanoksen) tuottavuutta. Toimipaikan ollessa teknisesti tehokas se saa käytettävissä olevilla panoksillaan aikaan suurimman mahdollisen tuotoksen eli sen tuottavuus on maksimissaan. Teknisesti tehottomien toimipaikkojen todellinen tuotanto ei vastaa niiden potentiaalista (maksimi-) tuotosta, joten niiden tuottavuus ei myöskään ole paras mahdollinen.

Seuraavaksi havainnollistetaan edellä mainittujen käsitteiden sisältöä tarkastelemalla yhtä tuotosta tuottavaa ja kahta panosta käyttävää toimipaikkaa kuvion 1 avulla. Siinä on kuvattu pysty- ja vaaka-akseleilla kahden panoksen, pääoman ja työvoiman määrää (tai niistä saatavan palvelusvirran volyyymia) suhteessa yhteen tuotosyksikköön olettaen, että tuotannossa vallitsevat vakioskaalatuotot. Käyrä I kuvaa niitä panosten K ja L vaihtoehtoisia minimiyhdistelmiä, joiden avulla pystytään tuottamaan yksi yksikkö tuotosta. Käyrä I on siten yksikköisokvanti, joka edustaa tehokasta tuotantoteknologiaa. Sen konvekssi muoto merkitsee sitä, että panoksia oletetaan voitavan korvata toisillaan, mutta panosten välillä on vähenevä rajasubstituutiosuhde. Pisteet A, B, C ja D kuvaavat toimipaikkoja, jotka sijoittuvat koordinaatistoon niiden panoskäyttöjen perusteella. Kaikki pisteet käyrän I yläpuolella käyttävät vähimmäisvaatimusta enemmän ainakin toista tuotannontekijää ja ovat siksi tehottomia pisteitä. Sen alapuolelle taas ei vallitsevan tehottomimmankaan teknologian puitteissa ole mahdollista päästä.

¹Tuotannontekijöiden tai -prosessien jakamattomuudet saattavat tehdä pienimuotoisen toiminnan tehottomaksi, toisaalta suureen kokoon voi liittyä suurtuotannon haittoja johtuen byrokraatisoitumisesta, koordinointi-, johtamis-, motivointi- yms. ongelmista. Mielenkiintoinen kysymys liittyykin siihen, onko määrätyn toimialan toimipaikoilla optimikokoa?

Kuvio 1. Tekninen tehokkuus, kustannustehokkuus ja allokatiiivinen tehokkuus.



Tarkastellaan ensin teknisen tehokkuuden käsitettä ja määrittämistä. Piste A kuvaava toimipaikka on teknisesti tehoton, koska se sijaitsee tehokkaita vaihtoehtoja kuvaavan yksikköisokvantin I yläpuolella. Pisteessä A panosten suhde on sama kuin kaikissa suoran OA pisteissä eli tuotantoteknologia on identtinen kaikissa suoran pisteissä. Piste B edustaa teknisesti tehokasta pistettä suoralla OA, koska siinä suora OA leikkaa isokvantin I.

Kustannustehokkuutta laskettaessa otetaan huomioon myös panoshinnat. Panoshintojen ja -määrien avulla voidaan (K, L)-akselistoon piirtää ns. samakustannussuoria, joiden kulmakerroin määräytyy panoshintojen suhteena. Kuviossa 1 käyrä PP' kuvaa alhaisimpia kustannuksia vastaavaa samakustannussuoraa, jolla isokvanttia I vastaava tuotos on mahdollinen. Vaikka kaikki pisteet käyrällä I ovat teknisesti tehokkaita, vain isokvantin I ja samakustannussuoran PP' sivuamispiste C on myös kustannustehokas, sillä se kuvaa kustannukset minimoivaa tuotantoteknologiaa.

Kuvioon 1 piirretyistä pisteistä voidaan sanoa, että A on ensinnäkin teknisesti tehoton, kun taas B on teknisesti tehokas. Molempien panossuhteet ovat kuitenkin kustannustehokkuutta ajatellen väärät (vrt. piste C, jossa kustannukset minimoitu-

vat), joten niiden voi sanoa olevan panossuhteiltaan allokatiivisesti tehottomia. Piste D on allokatiivisesti tehokas panossuhteiltaan, mutta se on puolestaan teknisesti tehoton ja sen tähden se ei myöskään ole kustannustehokas.

Kun tässä tutkimuksessa pyritään arvioimaan lukioiden teknisen tehokkuuden eroja edellä esitettyä yleistä tuotantoteoreettista tarkastelutapaa soveltaen, on ensin ratkaistava, mitkä ovat lukioiden panokset ja tuotokset. Sen jälkeen on empiirisen aineiston avulla tavalla tai toisella määriteltävä tehokas tuotantoteknologia eli tehokkuusrintama. Kun se on saatu määritellyksi, kunkin toimipaikan panos- ja tuotosyhdistelmien suhteellinen etäisyys tehokkuusrintamasta mittaa teknisen tehottomuuden astetta.

Tämä etenemisstrategia on myös DEA-menetelmän perusidea. Kuviossa 1 pisteen A teknisen tehokkuuden arvo voidaan ilmaista suhdelukuna OB/OA . Tämä suhde on alunperin DEA-analyysin taustateorian kehittäneen Farrellin (Farrel 1957) ehdottama tehokkuuden mitta, joka mittaa ns. tehotoman yksikön suhteellista etäisyyttä tehokkaan tuotantoteknologian rintamasta (kuvion 1 yksikköisokvantista D). Mitä lähempänä piste A on pistettä B, sitä suurempi (lähempänä ykköstä) on A:n teknisen tehokkuuden arvo, pisteen B kuvatessa 100 prosenttista tehokkuutta (tehokkuusluku 1). Vastaavasti pisteen D kuvaaman toimipaikan tehokkuusluku on OC/OD .

Seuraavassa käydään läpi koko ongelman kannalta keskeinen kysymys eli miten DEA-menetelmässä saadaan määrättyä tehokas tuotantoteknologia ja miten erilaiset tehokkuusmitat määritellään. Ensin tarkastellaan graafisesti tilannetta, jossa kukin toimipaikka tuottaa vain yhtä tuotosta käyttäen yhtä panosta. Sen jälkeen analysoidaan tilannetta, jossa kukin toimipaikka tuottaa yhden tuotoksen käyttäen kahta panosta. Myöhemmin kappaleessa 2.6 esitetään ongelman matemaattinen ratkaisu.

2.2 DEA-lähestymistapa tehokkuusrintaman muodostajana

Tarkastellaan toimialaa, jossa toimipaikat käyttävät yhtä panosta tuottaakseen yhtä tuotosta. Kuviossa 2 on tilanne kuvattu siten, että vaaka-akselilla on panoksen käyttö (X) ja pystyakselilla tuotoksen määrä (Y). Pisteet B, C, D, E, F ja H kuvaavat toimipaikkoja, joiden avulla havainnollistetaan DEA-menetelmän tapaa määrittellä tehokasta tuotantoa kuvaavan ns. tehokkuusrintaman kulku. Tämä ta-

pahtuu olettaen tuotantoteknologiassa vallitsevan joko vakioskaalatuotot tai muuttuvat skaalatuotot.²

Tehokkuusrintaman esille saamiseksi etsitään tutkimusaineistosta ensin se yksikkö, jossa tuotoksen ja panoksen määrän välinen suhde (eli tuottavuus) on maksimissaan eli panosyksikköä kohti saadaan tuotettua suurin mahdollinen tuotos. Tämä ehto toteutuu pisteessä (toimipaikassa) C, joka on tehokkaan tuotantoteknologian piste. Vakioskaalatuottojen vallitessa pisteen C kautta kulkeva suora OG määrittää tehokkaan tuotantoteknologian eli se muodostaa tehokkuusrintaman, johon muiden yksiköiden toimintaa verrataan.³ Tehokkuusrintamalla voi olla joko yksi tai useampia tuotantoyksiköitä. Suoralla OG olevat toimipaikat (tässä C) ovat siis tehokkaita. Tehottomia yksiköitä ovat siten yksiköt B, D, E, F ja H. Ne sijaitsevat tehokkuusrintaman alapuolella, joten niiden tuottavuus on C:n läpi kulkevan suoran OG määrittämää potentiaalista tuotantoa (ja tuottavuutta) alhaisempi.

Kun oletetaan, että tuotannossa vallitsevat muuttuvat skaalatuotot, tehokkuusrintama määräytyy paloittain lineaarisena verhoikäyränä yli aineiston tehokkaimpien yksiköiden. Tehokkaiden yksiköiden määrittelemä rintama kulkee kuviossa 2 pisteiden B, C, D ja E kautta. Skaalatuottojen vaihtelu pitkin näin muodostettua tehokkuusrintamaa ilmenee siten, että korkeinta tuottavuutta ja optimiskaalaa edustavaa toimipaikkaa C pienemmissä (esim. B) ja suuremmissa yksiköissä (D ja E) tuottavuudet ovat alhaisempia ja ylipäänsä muuttuvat liikuttaessa pitkin tehokkuusrintamaa.⁴ Oletettaessa muuttuvat skaalatuotot tehottomia toimipaikkoja on kaksi, pisteet H ja F.

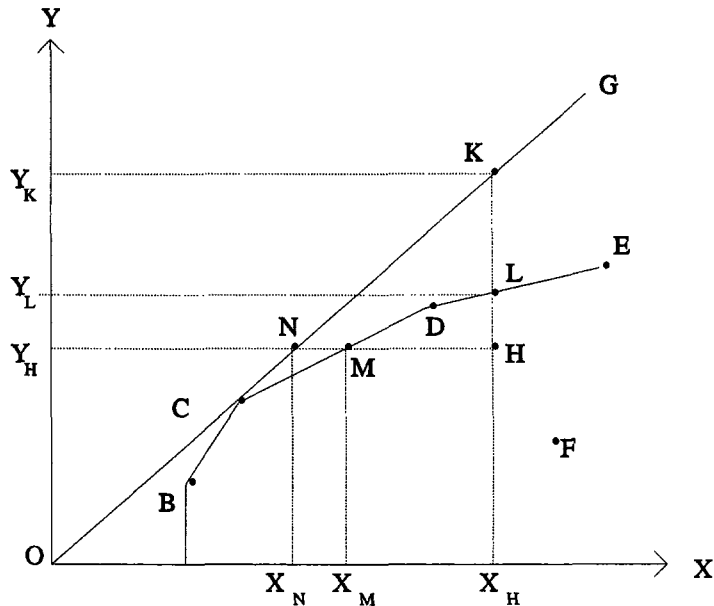
Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tehokkuusrintamalla olevien yksiköiden määrä on yleensä suurempi ja tehottomien, rintaman alapuolella olevien vastaavasti pienempi kuin vakioskaalatuottojen vallitessa. Kuviossa 2 tämä tarkoittaa, että mitä lähemmäksi tehokkuusrintama BCDE tulee suoraa OG, sitä samankaltaisempaan tulokseen päädytään riippumatta siitä, vallitsevatko tuotannossa vakio- vai muuttuvat skaalatuotot.

² Skaalatuotto-oletuksen valintaan palataan myöhemmin.

³ Jos tuotannossa vallitsevat vakioskaalatuotot tarkoittaa se sitä, että panosmäärien kasvaessa n -kertaisiksi ($n > 0$), myös tuotokset kasvavat n -kertaiseksi. Tämän oletetaan pätevän pisteen C ympäristössä sekä tuotannon määrän laskiessa että kasvaessa, mistä seuraa, että tehokkuusrintama on suora OG.

⁴ Origosta tarkasteltavaan pisteeseen piirretyn suoran kulmakerroin kasvaa tuottavuuden noustessa (tuottavuus on ko. kulman tangentti) ja on maksimissaan pisteessä C.

Kuvio 2. Tehokkuusrintaman määrittäminen DEA-menetelmällä vakio- ja muuttuvien skaalatuottojen vallitessa.



2.3 Tehokkuusmittojen esittely

DEA-menetelmän tehokkuusmittojen perusidea on seuraava. Aineiston perusteella määritellyllä tehokkuusrintamalla olevien toimipaikkojen tehokkuusluku on 1 (tai 100 prosenttia). Rintaman alapuolella olevat toimipaikat ovat eriasteisesti tehotomia. Viimeksimainittujen (0,1)-välille sijoittuvien tehokkuuslukujen arvo määräytyy sen perusteella kuinka kaukana ne suhteellisesti ottaen ovat tehokkuusrintamasta.

Kunkin tarkasteltavan yksikön tehokkuus voidaan määrittellä joko panosten käytön tai tuotosten määrän suhteen. Edellisessä tapauksessa tuotos pidetään annettuna ja kysytään, kuinka paljon panoksia voitaisiin vähentää. Jälkimmäisessä tapauksessa on kyse siitä, paljonko annetuilla panoksilla voitaisiin tuottaa maksimissaan.

Määritetään seuraavaksi kuviossa 2 esiintyvän tehottoman yksikön H teknisen tehokkuuden astetta kuvaava tehokkuusluku sekä maksimoitaessa tuotoksen määrää

että minimoitaessa panosten käyttöä erikseen vakio- ja muuttuvien skaalatuottojen vallitessa.

Tarkastellaan ensin tilannetta, jossa vakioskaalatuottojen vallitessa minimoidaan panosten käyttöä. Kuvion 2 perusteella nähdään, että yksikkö H tuotti tuotosta Y määrän Y_H ja sen valmistamiseen se käytti panosta X määrän X_H . Koska tässä tilanteessa tehokkuusuraa kuvaa suora OG, löytyy yksikön H ns. tehokas panoksen käyttö tuotoksen ollessa vakio pisteestä N, jossa suora $Y_H H$ leikkaa suoran OG. Yksikön H tehokkuusluku saadaan sen ns. tehokkaan ja toteutuneen panoksen käytön suhteena eli X_N/X_H . Maksimoitaessa tuotoksen määrää yksikön H tehokkuusluku lasketaan vastaavalla tavalla. Tällöin oletetaan panoksen määrä vakioksi ja tarkastelu suoritetaan toteutuneen ja potentiaalisen tuotoksen perusteella ja tehokkuusluvaksi saadaan Y_H/Y_K . Vakioskaalatuottojen vallitessa tehokkuusluvut ovat mittaamissuunnasta riippumatta samat, koska $X_N/X_H = Y_H/Y_K$.

Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tehokkuusura kulkee paloittain lineaarisena pisteiden B, C, D ja E kautta. Minimoitaessa panosten käyttöä yksikön H minimivaatimus panoksen käytölle tuotoksen ollessa vakio löytyy nyt vaaka-akselilta pisteestä, jossa suora $Y_H H$ leikkaa käyrän CD. Tällöin yksikön H tehokkuusluku saadaan suhteuttamalla tehokas panoksen käyttö X_M toteutuneeseen panoksen käyttöön X_H eli suhdelukuna X_M/X_H . Myös muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tarkastelu voidaan suorittaa maksimoimalla tuotoksen määrää, jolloin tehokkuusluvaksi saadaan Y_H/Y_L . Tämä ei ole kuin poikkeustapauksessa sama kuin X_M/X_H eli tehokkuusluku minimoitaessa panosten käyttöä, koska muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tehottoman toimipaikan suhteellinen horisontaalinen etäisyys tehokkuusrintamasta voi hyvinkin poiketa vastaavasta vertikaalisesta etäisyydestä.

Yksikön kokonaistehokkuus voidaan jakaa skaalatehokkuuteen ja tekniseen tehokkuuteen (ks. esim. Bjurek ja muut, 1990). Skaalatehokkuudella tarkoitetaan yksikön koosta johtuvaa tehokkuutta tai tehottomuutta. Skaalatehokkuuden ja teknisen tehokkuuden laskemista voidaan havainnollistaa edelleen kuvion 2 avulla. Tarkastellaan jälleen yksikköä H. Sen tehokkuusluku oli vakioskaalatuottojen vallitessa minimoitaessa panosten käyttöä ns. tehokkaan ja toteutuneen panosten käytön suhde eli X_N/X_H . Yksikön H tehokkuusluku muuttuvien skaalatuottojen vallitessa oli puolestaan X_M/X_H . Skaalatehokkuus saadaan puolestaan kun vakioskaalatuottojen vallitessa saatu pienin mahdollinen panosten käyttö suhteutetaan muuttuvien skaalatuottojen vallitessa saatuun pienimpään mahdolliseen panosten käyttöön eli X_N/X_M . Vastaavalla tavalla tuotosta maksimoitaessa skaalatehokkuus on Y_L/Y_K .

2.4 Tehottomien toimipaikkojen dominoivat yksiköt

DEA-menetelmällä on se ominaisuus, että laskiessaan tehokkuuslukua tehottomalle yksiköille, vertailukohtana on useiden ns. dominoivien toimipaikkojen muodostama lineaarikombinaatio (joskus myös yksi toimipaikka), joiden panos- tai tuotossuhteet (riippuen siitä minimoidaanko panosten käyttöä vai maksimoidaanko tuotosten määrää) ovat samanlaiset kuin arvioitavalla tehottomalla toimipaikalla. Tässä mielessä DEA-menetelmä pyrkii näyttämään kunkin yksikön tehokkuuden aina parhaassa mahdollisessa valossa. Vertailukohtana toimivia tehokkaita yksiköitä kutsutaan dominoiviksi yksiköiksi.

Kuviossa 2 tehottoman toimipaikan H dominoiva yksikkö on vakioskaalatuottojen vallitessa minimoitaessa panosten käyttöä tehokas toimipaikka C. Se on myös dominoiva yksikkö maksimoitaessa panosten käyttöä. Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tehottoman yksikö H dominoivat yksiköt ovat minimoitaessa panosten käyttöä yksiköt C ja D. Näiden yksiköiden tuotoksen määrä on lähinnä yksikön H tuotoksen määrää ja yksikön H tehokas panoksen käyttö on näiden yksiköiden panosten käytön lineaarikombinaatio. Maksimoitaessa tuotoksen määrää kiinnitetään puolestaan panosten käyttö. Tällöin yksikön H dominoivia yksiköitä ovat yksiköt D ja E, sillä ne ovat panosten käytöltään lähinnä yksikön H panosten käyttöä. Yksikön H potentiaalinen tuotoksen määrä määräytyy yksiköiden D ja E tuotosten määrän lineaarikombinaationa.

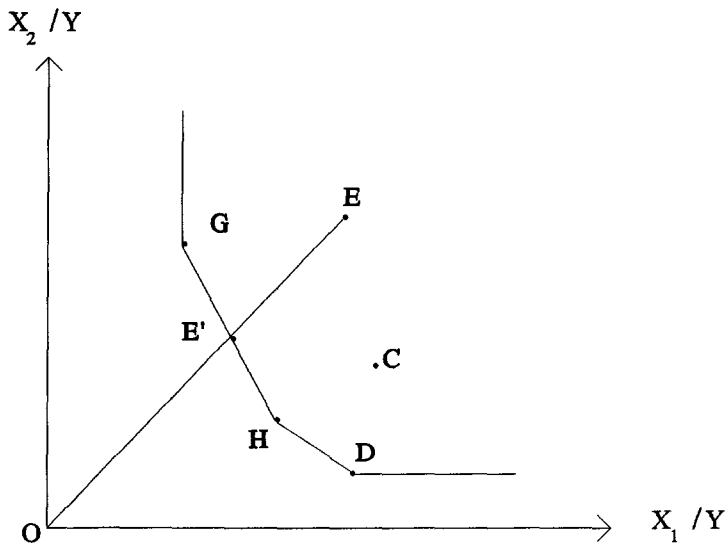
Dominoivien yksiköiden tärkeys on lähinnä siinä, että suunniteltaessa konkreettisia parannusehdotuksia tehottomille toimipaikoille, on niiden toimintaa järkevää verrata sellaisiin toimintayksiköihin, jotka ovat näkökulmasta riippuen joko panos- tai tuotosrakenteeltaan ja toiminnan skaalan suhteen lähellä niiden omaa toimintaa.

2.5 Graafinen esitys käytettäessä kahta panosta ja tuotettaessa yhtä tuotosta

Yllä on esitelty DEA-menetelmän perusideaa ja tehokkuuskäsitteitä tuotettaessa yhtä tuotosta yhdellä panoksella. Ennen matemaattisten ratkaisujen esittelyä käymme läpi graafisesti tilannetta, jossa toimipaikat tuottavat yhtä tuotosta käyttäen kahta panosta vakioskaalatuottojen vallitessa.

Kuviossa 3 kukin toimipaikka tuottaa yhtä tuotosta, jonka määrä on Y ja käyttää kahta panosta (1 ja 2), joiden määrät ovat X_1 ja X_2 . Vaaka-akselilla on esitetty tuotoksen suhteen skaalattu panoksen 1 käyttö (X_1/Y) ja pysty-akselilla tuotoksen suhteen skaalattu panoksen 2 käyttö (X_2/Y) käyttö (vrt. edellä kuvio 1, jossa skaalausta tuotannon suhteen ei tehty). Kun tehokkuusrintamalla oletetaan pätevän vakioskaalatuotot, pystytään tehokas teknologia kuvaamaan yksikköisokvantin eli yhtä tuotettua yksikköä vastaavan samatuotokäyrän avulla.

Kuvio 3. Tehokkuusrintaman määrittäminen käytettäessä kahta panosta ja tuotettaessa yhtä tuotosta vakioskaalatuottojen vallitessa.



Kuviossa 3 kirjaimin merkityt pisteet C, D, E, G ja H kuvaavat toimipaikkoja. Yleisesti ottaen toimipaikat, jotka ovat lähempänä origoa ovat tehokkaampia kuin kauempana origosta olevat. Tehokkuusrintama saadaan empiirisesti määritettyä piirtämällä verhoikäyrä pysty- ja vaaka-akselia lähimpänä olevien toimipaikkoja kuvaavien pisteiden kautta. Näin pisteiden G, H ja D kautta kulkeva ura muodostaa paloittain lineaarisen tehokkuusrintaman eli sillä olevat yksiköt määrittävät tehokkaat tuotantoteknologiat, johon muiden yksiköiden toimintaa verrataan.

Tehokkuusrintamalla olevat yksiköt G, H ja D saavat tehokkuusluvukseen ykkösen (100 prosenttia). Pisteet E ja C ovat puolestaan tehottomia. Näissä pisteissä sijaitsevien yksiköiden tehokkuusluku on nollan ja yhden välillä (0 ja 100 prosen-

tin välillä). Ne kykenisivät ollessaan tehokkaita tuottamaan saman tuotoksen käyttäen vähemmän panoksia tai vastaavasti nykyisellä panostuksella ne voisivat tuottaa suuremman määrän tuotosta. Pisteen E tehokkuusluku saadaan jakamalla pisteen E etäisyys origosta pisteen E' etäisyydellä origosta. Yksikön E tehokkuusluku voidaan toisin sanoen ilmaista suhdelukuna OE'/OE . Kyseinen suhdeluku on periaatteessa sama kuin Farrellin (1957) esittämä teknisen tehokkuuden mitta (vrt. edellä kuvio 1).

Jos edellä esitettyä yhtä tuotosta kahdella panoksella tuottavaa tuotantoa haluttaisiin kuvata normeeraamatta panoskäyttöjä tuotokseen, tilanne voitaisiin esittää kolmiulotteisena niin, että lattiapinnan koordinaatit ilmaisisivat kahden panoksen käyttöä (X_1 ja X_2) pystyakselin kuvatessa tuotost määrää (Y). Kutakin toimipaikkaa kuvaisi lattiatasosta kohoava tolppa, jonka korkeus riippuisi tuotost määrästä. Vakioskaalatuottojen vallitessa tehokkuusrintama muodostuisi origosta lähtevinä kolmion muotoisina tasoina, joita kannattavat tehokkaimpien yksiköiden tolpat. Nämä tasot jatkuisivat rajatta samansuuntaisina. Tehottomat yksiköt jäisivät näin saadun katon eli tehokkuusrintaman alapuolelle ja niiden tehottomuuden aste tuotoksella mitattuna määräytyisi suhteellisena etäisyytenä kattoon.

Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tehokkuusrintama muodostuisi puolestaan siten, että tuotosta mittaavien tolppien yli vedettäisiin kireälle iso lakana. Sitä kannattaisivat tehokkaimmat yksiköt siten, että tehokkuusrintaman erimuotoisista levyistä muodostuva katto voisi loiventua (muttei kääntyä laskuun) siirryttäessä kauemmaksi origosta ilmentäen ensin tuotannon skaalaetujen ja sitten optimikoon saavuttamisen jälkeen tuotannon skaalahaittojen esiintymistä (vrt. kuvion 2 rintamaan BCDE, joka on vastaava rintama käytettäessä yhtä panosta ja yhtä tuotosta).

Yllä on pyritty havainnollistamaan DEA-menetelmän perusidea graafisin keinoin. DEA-menetelmän keskeinen etu on kuitenkin kyky käsitellä monia panoksia käytävien ja useita tuotoksia tuottavien toimipaikkojen toimintaa, minkä graafinen esitleminen on ylivoimaista. Useamman kuin kolmen ulottuvuuden käsittely edellyttää matemaattista esitystä. DEA -menetelmässä eri vaihtoehtoinen on kyse matemaattisista optimointiongelmissa, joita ratkaistaan lineaarisen ohjelmoinnin avulla.

2.6 DEA-menetelmän matemaattinen ratkaisu

Tehokkuusluvun laskeminen vakioskaalatuottojen vallitessa

Lineaarisen optimointiongelman muotoon Farrellin esittämän tehokkuusmitan muotoon ensimmäisen kerran Charnes, Cooper ja Rhodes (1978). Heidän ehdottamansa päätöksentekoyksikön tehokkuusmitta saadaan maksimoimalla painotettujen tuotosten määrää suhteessa painotettujen panosten määrään sillä ehdolla, että muiden yksiköiden samoin painotetut tuotos-panos-suhteet ovat pienempiä tai yhtä suuria kuin yksi. Tehokkuusrintaman muodostavat ne yksiköt, joiden painotetut tuotos-panos-suhteet ovat ykkösen suuruisia.

Matemaattisesti ongelma voidaan muotoilla tarkastelun alaiselle yksikölle 0 seuraavasti tilanteessa, jossa on kaikkiaan n kappaletta päätöksentekoyksiköitä. Kukin päätöksentekoyksikkö kuluttaa vaihtelevan määrän m erilaista panosta tuottaakseen s erilaista tuotosta. Esimerkiksi päätöksentekoyksikkö j kuluttaa määrän x_{ij} panosta i ja tuottaa määrän y_{jr} tuotosta r . Oletetaan, että $x_{ij} \geq 0$ ja $y_{jr} \geq 0$ ja että jokainen päätöksentekoyksikkö käyttää vähintään yhtä panosta ja tuottaa vähintään yhtä tuotosta. Merkitsemällä tuotosten painoja u_r ($r=1, \dots, s$) ja panosten painoja v_i ($i=1, \dots, m$) maksimointiongelma voidaan esittää muodossa

$$\max_{u,v} h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1)$$

siten, että

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j=1, \dots, n, \quad (2)$$

$$u_r, v_i \geq 0; \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m. \quad (3)$$

Yllä esitettyssä muodossa kyseessä on ei-konvekksi epälineaarinen fraktionaalinen matemaattisen optimoinnin ongelma (nonconvex nonlinear fractional mathematical

programming problem), jossa jokaiselle yksikölle etsitään sellaiset panosten ja tuotosten painot, jotka näyttävät yksikön toiminnan parhaassa mahdollisessa valossa. Yllä olevan optimointitehtävän ongelmana on, että sillä ei ole yksikäsitteistä ratkaisua: jos jotkut painot ovat optimaalisia, niin myös niitä vastaavat n -kertaiset ($n > 1$) painot ovat optimaaliset.

Charnes ja muut (1978) muotoilivat kyseisen ongelman normaaliksi lineaarisen optimoinnin ongelmaksi normeeraamalla painotetun panossumman (yhtälö (1)) jakajan ykköseksi. Seuraavassa tarkastellaan panosten minimointiongelmaa olettaen tuotos annetuksi. Merkitsemällä panosten painoja v_i ($i=1, \dots, m$) ja tuotosten painoja μ_r ($r=1, \dots, s$) saadaan tarkastelun alaiselle yksikölle 0 seuraava lineaarisen optimoinnin ongelma:

$$\max_{\mu, v} \quad w_0 = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} \quad (4)$$

$$\text{sitén, että} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1, \dots, n; \quad (6)$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m. \quad (7)$$

missä ε on pieni positiivinen vakio.

Merkitsemällä tarkastelun alaisen yksikön panosten painoa θ ja muiden yksiköiden panosten ja tuotosten painoja λ_j ($j=1, \dots, n$) kyseisen ongelman duaali on muotoa

$$\min_{\theta, \lambda, s_r^+, e_i^-} \quad z_0 = \theta - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \varepsilon \sum_{i=1}^m e_i^- \quad (8)$$

$$\text{sitén, että} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad r=1, \dots, s; \quad (9)$$

$$\theta x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - e_i^- = 0 \quad i=1, \dots, m. \quad (10)$$

$$\lambda_j, s_r^+, e_i^- \geq 0 \quad (11)$$

Ongelmassa muuttujat s_r^+ ja e_i^- ovat ns. slack muuttujia, jotka kuvaavat tuotoksen ja panoksen hukkakäyttöä. Pieni positiivinen luku ϵ takaa sen, että havaitut panokset ja tuotokset ovat positiivisia ja että ns. slack-muuttujat eivät vaikuta kohdefunktioon z_0 .

Näistä maksimointiongelmaa sanotaan kerroinongelmaksi (multiplier problem) ja minimointiongelmaa ns. envelopment ongelmaksi. Maksimointiongelmassa pyritään määrittämään tarkastelun alaisen yksikön tehokkuus maksimoimalla sen painotettua tuotosten summaa (4) siten, että sen painotettujen panosten summa on yksi (5) ja yksiköiden painotettujen tuotosten summasta vähennetty yksiköiden painotettujen panosten summa on pienempi tai yhtä suuri kuin nolla (6). Tuloksena on toisin sanoen kullekin yksikölle sellaiset panosten ja tuotosten painot, että sen tehokkuus maksimoituu. Ensimmäinen rajoite (5) määrittää sen, että tehokkuusluku on nollan ja yhden välillä ja toinen rajoite (6) varmistaa, että yksiköt ovat joko tehokkuusrintamalla tai sen alapuolella (vrt. edellä kuvio 2).

Minimointiongelmassa puolestaan lasketaan tarkasteltavalle yksikölle tehokas panosten käyttö (8) siten, että yksikön oman tuotoksen määrä on yhtä suuri kuin muiden yksiköiden painotettujen tuotosten summa (9) ja lisäksi tarkasteltavan yksikön painotetun panosten käytön tulee vastata muiden yksiköiden painotettujen panosten käyttöä (10). Parametrin θ optimaalinen arvo kertoo sen, kuinka paljon tarkasteltavan yksikön panosten käyttöä olisi mahdollista vähentää, jotta siitä tulisi tehokas yksikkö. Positiiviset λ_j :n arvot määrittävät puolestaan tarkasteltavan yksikön dominoivat yksiköt.

Tehokkuusluvun laskeminen muuttuvien skaalatuottojen vallitessa

Edellä tarkasteltiin tehokkuusluvun määrittämistä vakioskaalatuottojen vallitessa. Seuraavaksi tarkastellaan tilannetta, jossa sallitaan vallitsevan muuttuvat skaalatuotot. Sen seurauksena edellä esitetty optimointiongelma saa seuraavan muodon merkittäessä tuotosten y_j painoja μ_j ($j=1, \dots, s$) ja panosten x_i painoja ν_i ($i=1, \dots, m$):

$$\max_{\mu, \nu} \quad w_0 = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} + \omega \quad (12)$$

$$\text{sitien, että} \quad \sum_{i=1}^m \nu_i x_{i0} = 1 \quad (13)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \nu_i x_{ij} + \omega \leq 0 \quad j=1, \dots, n; \quad (14)$$

$$\mu_r, \nu_i \geq \varepsilon \quad r=1, \dots, s; \quad i=1, \dots, m. \quad (15)$$

ω vapaa

Merkitimällä tarkasteltavan yksikön 0 panosten painoa θ ja muiden yksiköiden panosten ja tuotosten painoja λ_j ($j=1, \dots, n$) kyseisen ongelman duaali on muotoa

$$\min_{\theta, \lambda, s_r^+, e_i^-} \quad z_0 = \theta - \varepsilon \sum_{r=1}^s s_r^+ - \varepsilon \sum_{i=1}^m e_i^- \quad (16)$$

$$\text{sitien, että} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad r=1, \dots, s; \quad (17)$$

$$\theta x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - e_i^- = 0 \quad i=1, \dots, n. \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (19)$$

$$\lambda_j, s_r^+, e_i^- \geq 0 \quad (20)$$

missä muuttujat s_r^+ ja e_i^- ovat ns. slack muuttujia ja ε pieni positiivinen vakio.

Sallittaessa muuttuvat skaalatuotot maksimointiongelman tavoitefunktioon (12) ja toiseen rajoitteeseen (14) lisätään termi ω . Se määrittää vakiotermin arvon niille suorille, jotka kulkevat dominoivien yksiköiden kautta. Toisin sanoen ω -termin suuruuden perusteella nähdään, toimiiko tehokas yksikkö nousevien, vakioisten vai laskevien skaalatuottojen alueella. Kun $\omega < 0$ vallitsevat nousevat skaalatuotot, kun $\omega = 0$ vallitsevat vakioskaalatuotot ja kun $\omega > 0$ vallitsevat laskevat skaalatuotot. Minimointiongelmaan lisätään puolestaan rajoite siitä, että λ_j -tekijöiden summa on ykkösen suuruinen (19). Tämä rajoitus takaa sen, että tehokkaiden yksiköiden muodostama rajapinta on konvekksi.

DEA-menetelmällä saatujen tehokkuuslukujen ominaisuuksista

DEA-menetelmällä lasketut *tehokkuusluvut* ovat *aina suhteellisia* siinä mielessä, että ne on muodostettu vertaamalla kunkin yksikön toimintaa havaintoaineistosta laskettuun, dominoivista yksiköistä koostuvaan viiteryhmään.

Annetusta havaintojoukosta DEA-menetelmän avulla laskettu *tehokkuusluku pyrkii antamaan parhaan mahdollisen kuvan yksikön toiminnasta* eli kunkin päätöksentekoyksikön painot määräytyvät siten, että ne ovat suotuisimmat ko. yksikölle annettujen rajoitteiden vallitessa. Tämä tarkoittaa sitä, että niille tuotoksille ja panoksille, joissa yksikkö suoriutuu suhteellisesti parhaiten annetaan suurempi paino kuin niille tuotoksille ja panoksille, joista se suoriutuu heikommin. Menetelmä toisin sanoen ottaa tehokkuutta laskeessaan huomioon sen, että yksiköt ovat voineet toiminnassaan painottaa erilaisia päämääriä.

DEA-menetelmän ominaisuuksiin kuuluu se, että *lisättäessä malliin panos- tai tuotos-muuttujia, yksiköiden tehokkuusluvut yleensä kasvavat*. Muuttujien lisääminen analyysiin johtaa toisin sanoen siihen, että useammat yksiköt ovat tehokkaita ja koko tarkasteltavan joukon keskimääräinen tehokkuus nousee. Tämä tapahtuu sen vuoksi, että muuttujien lisäyksen myötä edellisen mallin muuttujien painot säilyvät ja lisäksi uusi muuttuja saa positiivisen painon. Mitä enemmän muuttujia mallissa on mukana, sitä vähemmän yksiköiden välille saadaan eroja ja todennäköisyys sille kasvaa, että yhä suurempi osa yksiköistä on tehokkaita.

Jos analyysiin lisätään yksi uusi päätöksentekoyksikkö, lisääntyy lineaarisen optimintimallin rajoitteiden määrä samalla kun aikaisemmat rajoitteet ja tavoitefunktio pysyy muuttumattomana. Uusi tavoitefunktion optimiarvo tulee olemaan pienempi tai yhtä suuri kuin sen aikaisempi arvo. Jos uuden yksikön *lisäys johtaa siihen, että edeltäneeseen malliin verrattuna tehokkuusuran kulku muuttuu, niin alkuperäisten yksiköiden joukossa ainakin osalla tehokkuusluvut pienenevät*.

2.7 DEA-menetelmän edut ja haitat

DEA-menetelmän etuja ja haittoja tarkasteltaessa näkökulmia on useita riippuen siitä mihin tarkoitukseen menetelmää käytetään ja mitkä ovat vaihtoehtoiset tehokkuuden arvointimenetelmät. Seuraavassa tarkastellaan menetelmän hyviä ja

huonoja puolia suhteessa suhdelukumenetelmään ja tuotantofunktiolähestymistapaan, jossa estimoidaan tuotantorintama parametrinin menetelmin.⁵

DEA-menetelmää voidaan pitää suhdelukumenetelmän laajenuksena. Sen etuna suhteessa suhdelukumenetelmään on se, että se ottaa huomioon samanaikaisesti kaikki eri panos-tuotos-suhteet ja aggregoi ne yhdeksi luvuksi. Suhdelukumenetelmän ongelmana tarkasteltaessa useita panos-tuotos-suhteita on se, että parhaiden yksiköiden löytäminen on vaikeaa, koska yksikkö voi yhdellä mittarilla mitattuna suoriutua hyvin ja toisella mittarilla mitattuna huonosti. Tällaisessa tilanteessa joudutaan käyttämään subjektiivista painotusta kertomaan kunkin suhdeluvun suhteellinen tärkeys. DEA-menetelmässä vältetään suhdelukujen subjektiivinen painotus, koska menetelmä etsii itse painot kullekin suhdeluvulle siten, että se näyttää yksiköt aina parhaassa mahdollisessa valossa. Koska DEA-menetelmä ottaa huomioon kaikki tuotos-panos-suhteet sen avulla voidaan löytää sellaisia tehotomuuksia, jotka jäisivät huomaamatta käytettäessä tavanomaisia suhdelukumenetelmiä.

Parametriin tuotantofunktion estimointimenetelmiin verrattuna on DEA-menetelmän etuna, ettei tutkittavien yksiköiden tuotantoteknologiaa tarvitse määrittellä etukäteen minkään funktiomuodon mukaan vaan tehokas tai tehokkaat tuotantoteknologiat etsitään tarkasteltavasta aineistosta. DEA-menetelmässä tehdään ainoastaan konveksisuusoletus ja lineaarisuusoletukset. Epsteinin ja muiden (1989, s. 100) mukaan DEA-menetelmällä on mahdollista löytää skaalatuottojen vaihteluita tuotantoavaruudessa, joita ei kyetä havaitsemaan estimoitaessa tuotantofunktioita ja tuotantorintamaa parametrinin menetelmin.

Tekijät, joita voidaan pitää DEA-menetelmän etuina, ovat osittain myös sen haittoja. Se, ettei kyseessä ole estimointi- vaan optimointimenetelmä, johtaa siihen, että muuttujien valintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota menetelmän sisäisten tilastollisten testien puuttumisen vuoksi. DEA-menetelmän tulokset ovat herkkiä muuttujavalinnoille ja jonkin tärkeän muuttujan jättäminen pois analyysistä voi antaa suurestikin vääristyneen kuvan tutkittavan toimialan tehokkaasta tuotantoteknologiasta ja sen toimipaikkojen tehokkuuseroista. Koska DEA-menetelmän etsimä tehokkuusrintama on tehokkaiden yksiköiden muodostama rajapinta, ovat tulokset herkkiä myös aineistossa oleville mittausvirheille. Jos jostakin toimipaikasta tulee mittausvirheen tuloksena osa tehokkuusrintamaa, myös joukko muita toimipaik-

⁵Katso parametrinistä tuotantofunktiolähestymistavasta esim. Hetemäki, 1992.

koja saa väärän tehokkuusluvun. Mikäli mittausvirhe ei vaikuta tehokkuusrintaman kulkuun, vain väärin mitattu toimipaikka saa virheellisen tehokkuusluvun.

Lopuksi on syytä todeta, että DEA-menetelmän esittelyn yhteydessä oletettiin panos- ja tuotosmuuttujien olevan aidosti niiden määriä mittaavia muuttujia. Käytännön sovelluksissa toimipaikkojen tuotoksissa esiintyy panosten ja tuotosten laadullista vaihtelua. Yksi mahdollisuus on määritellä eri laadut eri panoksiksi tai tuotoksiksi ja käyttää niiden määriä edellä esitettyyn tapaan DEA-menetelmää sovellettaessa. Aina erityisesti palvelualojen, kuten koulujen, panoksia ja suoritteita määriteltäessä näin ei pystytä menettelemään vaan laatuerot joudutaan muuntamaan määrällisiksi eroiksi esimerkiksi pisteyttämällä arvosanoja.

3 KATSAUS DEA-MENETELMÄN KOULUSOVELLUKSIIN

Ensimmäinen DEA-menetelmää tehokkuuden mittaamiseen käyttänyt sovellus tehtiin koulutuksen alueella (Charnes, Cooper ja Rhodes, 1981). Siinä arvioitiin julkisten koulujen tehokkuutta ja testattiin menetelmän soveltuvuutta. Tämän tutkimuksen jälkeen koulutuksen alueella on tehty suhteellisen monta DEA-menetelmää käyttänyttä sovellusta. Nämä tarkastelut voidaan jakaa pääpiirteittäin kolmeen ryhmään. Yleisimpiä ovat tutkimukset, joissa selvitetään jonkin alueen koulujen tehokkuuseroja ja menetelmän soveltuvuutta koulujen toiminnan arviointiin. Oman ryhmänsä muodostavat ne tutkimukset, joissa DEA-menetelmän antamia yksiköiden tehokkuuslukuja verrataan regressioanalyysin avulla saatuihin tehokkuuslukuihin. Edellisten lisäksi osassa tutkimuksia on ensivaiheessa käytetty DEA-menetelmää tehokkuuslukuja laskemiseen käyttäen muuttujia, joiden arvoihin yksiköt itse voivat vaikuttaa. Tämän jälkeen saatuja tehokkuuslukuja on selitetty käyttäen joko regressioanalyysia tai ns. Tobit-malleja muuttujilla, joihin yksikkö ei pysty toiminnallaan vaikuttamaan, vaan joutuu ottamaan ne annettuina.

DEA-menetelmää käyttäneiden tutkimusten panosmuuttujat voidaan ryhmitellä itse toimintaa kuvaaviin muuttujiin, joihin koulun johdon ja henkilökunnan on mahdollista vaikuttaa ja koulun toimintaympäristöä kuvaaviin muuttujiin. Koulujen toimintaa kuvaavia koulujen vaikutuspiirissä olevia muuttujia ovat esimerkiksi opettajien opetuskokemus, opettajien koulutus, oppilaiden poissaolojen määrä, luokassa annettavien opetustuntien määrä, luokkakoko jne. Koulun toimintaympäristöä kuvaavia muuttujia ovat puolestaan esimerkiksi oppilaiden vanhempien sosioekonominen asema, vanhempien koulutustaso, yksinhuoltajaperheistä tulevien oppilaiden osuus ja muut oppilaiden taustatekijät, joiden voidaan olettaa vaikuttavan oppilasainekseen. Tärkeä oppilasainesta kuvaava panosmuuttuja on oppilaiden aikaisempi koulumenestys, jota yleensä kuvaa joko oppilaiden aikaisemmat arvosanat tai menestyminen jossakin standarditestissä.

Tuotoksia tutkimuksissa yleensä kuvataan joko oppilaiden menestyksellä testeissä tai muissa vastaavissa valtakunnallisissa tai aluetaisissa kokeissa tai oppilaiden suorittamilla kouluarvosanoilla. Seuraavaksi tarkastellaan lähemmin muutamaa DEA-menetelmällä koulujen tehokkuutta arviointia tutkimusta.

Charnes, Cooper ja Rhodes (1981) käyttivät DEA-menetelmän sovelluksessaan koulutointa koskevaa aineistoa, joka liittyi liittovaltiotason kokeiluun Yhdysvalloissa vuosina 1968-77. Ohjelman nimi oli "Program Follow Through"

(myöhemmin lyhennetään PFT) ja siinä korostettiin alusta asti myös tutkimuksellisia näkökohtia. Ohjelmaan kuuluvien yksittäisten projektien tavoitteena oli tukea sellaisia esikoulua käyviä oppilaita, jotka olivat huonomassa asemassa kuin muut esimerkiksi perhetaustansa vuoksi. Laajaan ohjelmaan sisältyi myös muunlaisia projekteja (rahoitusta), kuten ravitsemusohjelmia sekä sosiaalista ja lääketieteellistä neuvontaa. Vuosien 1967-77 välisenä aikana koko ohjelmassa oli mukana lukuisia yksittäisiä projekteja, jotka koskivat kymmeniätuhansia oppilaita.

Jotta koulupiirissä toteutettu projekti (koeryhmä) sai rahoitusta PFT:n piiristä, sillä piti olla vertailuyksikkönä (kontrolliryhmä) alueeltaan jokin sellainen yksikkö, jossa ei toteutettu vastaavanlaista projektia. Charnesin, Cooperin ja Rhodesin tutkimuksessa haluttiin yhtäältä näyttää, kuinka erilaisia ohjelmia voidaan vertailla keskenään. Toisaalta siinä selvitettiin sekä näiden ohjelmien välisiä tehokkuuseroja (program efficiency) että johtamistavasta ja organisoinnista johtuvia tehokkuuseroja (managerial efficiency). Tutkimuksen aineisto ei sisältänyt kuin osan koko PFT:tä koskevasta aineistosta. Aineiston toimipaikkoina olivat yksittäiset projektit. Mukana oli kaikkiaan 49 projektia, jotka olivat osa PFT:ta ja 21 projektia, jotka eivät saaneet rahoitusta PFT:sta.

Tutkimukseen valittiin laajemmasta muuttujaryhmästä seuraavat panos- ja tuotosmuuttujat. Tuotoksia kuvaavina muuttujina käytettiin oppilaiden kolmannen luokan testimenestystä lukemisessa ja matematiikassa sekä oppilaiden itseluottamusta. Panosmuuttujina oli oppilaan äidin koulutusaste, ammatilliselta asemaltaan korkeimmalla olevan perheenjäsenen ammatti, vanhempien koulussa vierailun useus, vanhempien lasten kouluun liittyviin asioihin kotona käyttämä aika ja opettajien määrä tutkittavassa yksikössä.

Tutkimuksen mukaan DEA-menetelmä soveltui hyvin eri projektien keskinäisen tehokkuuden vertailuun ja antoi toimenpidesuosituksia tehottomien yksiköiden toiminnan parantamiseksi. Tämä tutkimus poikkesi muista DEA-menetelmää soveltavista tutkimuksista siinä, että arvioinnin kohteena oli erilliset ohjelmat. Yleensä tarkastelun kohteena ovat olleet koulut.

Bessent A, Bessent W, Kennington ja Reagan (1982) tarkastelivat omassa tutkimuksessaan 167 peruskoulua Houstonin alueella Yhdysvalloissa. Heidän projektinsa tavoitteena oli tuottaa koulujen johdolle tietoa yksittäisten koulujen tehokkuudesta ottaen huomioon koulujen ympäristöstä tulevat toiminnan rajoitteet sekä

löyttää alueita, joilla koulujen tehokkuutta voitaisiin nostaa esimerkiksi koulujen resursseja uudelleen jakamalla.

Tässäkin tutkimuksessa käytettiin tuotosmuuttujina koulun oppilaiden testimenestystä. Panostietoina olivat oppilaiden ominaisuuksia kuvaavat muuttujat, kuten aikaisemmat testimenestykset ja vanhempien sosioekonominen asema sekä koulun resurssipanostus, kuten opettajien määrä, opettajien koulutus ja rahallisen panostuksen määrä. Kaikkiaan analyysissä käytettiin 14 panos- ja tuotosmuuttujaa.

Vakioskaalatuottojen vallitessa tutkimuksessa mukana olleista kouluista 46,7 prosenttia (78) oli tehottomia tehokkuusluvun ollessa alhaisimillaan 0,82. Tutkimuksessa ei selvitetty tarkemmin yleisiä yksiköiden tehottomuuden syitä vaan tarkasteltiin ainoastaan yksittäisten yksiköiden tehokkuuslukujen muodostumista ja mahdollisia keinoja tehokkuuden parantamiseksi laajemmin koko koulupiirin alueella.

Norjassa maan pohjoisten osien lukioasteen kouluille (34 koulua) tehty tehokkuusanalyysi DEA-menetelmää hyväksi käyttäen (Bonesrønning ja Rattsø, 1992) poikkeaa edellä esitetyistä DEA-menetelmää käyttäneistä analyyseistä kahdessa suhteessa. Ensinnäkin tutkimuksessa käytetty tuotosmittari kuvaa oppilaiden tietojen lisäystä (kunnskapsøkning) mitattuna oppilaiden aseman muutoksena ylioppilastutkinnon arvosanoissa suhteessa peruskoulun päästötodistuksen arvosanoihin. Tuotosmittari on laskettu käyttäen hyväksi oppilaskohtaista tietoa. Osassa malleja tutkimusaineisto jaettiin oppilaiden tiedon lisäyksen suuruuden mukaan kahteen ryhmään ja tarkasteltiin näiden kahden ryhmän vaikutusta tehokkuuteen.

Bonesrønning ja Rattsø käyttivät tutkimuksessaan kuutta erilaista mallia. Yksinkertaisimmassa mallissa tarkasteltiin ylioppilaskokelaiden määrää (tuotos) suhteessa opettajien työvuosiin (panos). Seuraavassa vaiheessa tuotokseksi lisättiin laatutekijäksi oppilaiden keskimääräinen tiedon lisäys. Kolmannessa vaiheessa tuotoksena oli ylioppilaskokelaiden ja keskimääräisen tiedon lisäyksen tulo. Tutkimuksen neljännessä mallissa tuotoksina olivat ylioppilaskokelaiden lukumäärä ja keskimääräinen tiedon lisäys ja panoksina opettajatyövuodet sekä oppilaiden peruskoulumenestys. Viidennessä mallissa oppilaiden tiedon lisäys oli hajotettu kahteen ryhmään sen suuruuden mukaan. Tuotoksena tässä mallissa oli kokelaiden lukumäärällä painotettu oppilaiden tiedon lisäys näissä kahdessa ryhmässä ja panoksena opettajatyövuodet. Kuudennessa mallissa käytettiin samoja tuotoksia kuin malleissa kaksi ja neljä. Panoksena oli puolestaan opettajatyövuosien lisäksi

opettajien keskimääräinen ikä ja ikäjakauma sekä lehtorien suhteellinen osuus koko opettajakunnasta. Näillä muuttujilla pyrittiin kuvaamaan opetuksen laatua ja sellaisia opettajakunnan ominaisuuksia, joilla arvioitiin olevan vaikutusta oppimistuloksiin.

Myös Bonesrønningin ja Rattsøn tuloksena oli, että koulujen tehokkuus vaihteli melko paljon. Lisäksi koulujen toiminnassa ilmeni selviä suuren koon tuomia etuja, jotka liittyivät suurten koulujen eri aineisiin erikoistuneiden opettajien käyttöön. Tulosten mukaan suurten koulujen opettajien erikoistuminen näyttäisi kuitenkin vaikuttavan eri tavalla peruskoulutasolla hyvin ja huonosti menestyneiden tietojen lisääntymiseen. Suuren koulukoon mukanaan tuomaa opettajien erilaistumista pystyivät tutkimuksen mukaan parhaiten käyttämään hyväksi jo peruskoulussa hyvin menestyneet oppilaat.

DEA -menetelmää ja menetelmän antamia tuloksia koulujen tehokkuuden arvioinnissa on esitelty edellisten lisäksi mm. seuraavissa artikkeleissa yhdysvaltalaisen koulujen osalta: Bessent A. ja Bessent W. (1980), Bessent A. ja Bessent W. ja Kennington ja Reagan (1982), Bessent A. ja Bessent W. ja Charnes ja Cooper ja Thorogood (1983), Bessent A. ja Bessent W. ja Elam ja Long (1984) sekä Ludwin ja Guthrie (1989). Jesson ja Mayston ja Smith (1987) sekä Smith ja Mayston (1987) tarkastelivat puolestaan englantilaisten koulupiirien toiminnan tehokkuutta.

Kaikissa edellä mainituissa artikkeleissa pääpaino on ollut itse DEA-menetelmän ja sen antamien tulosten esittelyllä. Tutkimusten tuloksena on yleensä ollut, että menetelmä soveltuu koulujen toiminnan arviointiin. Analyysien tuloksena saadaan sellaista tietoa, jota muilla menetelmillä ei ole mahdollista saada. DEA-menetelmän puutteita tarkasteltaessa kyseessä ovat olleet enemmänkin siihen yleisesti liittyvät ongelmat, jotka eivät koske mitenkään erityisesti koulujen toiminnan arviointia.

Osa DEA-menetelmää käyttäneistä koulusovelluksista vertailee menetelmällä saatuja tuloksia jonkin muun menetelmän antamiin tuloksiin. Erityisesti DEA-menetelmällä saatuja tehokkuuslukuja ja niiden suuruuden mukaista koulujen paremmuusjärjestyksestä on verrattu regressioanalyysin jäännöstermien avulla saatuun paremmuusjärjestykseen samoja muuttujia käyttäen. Esimerkiksi Maystonin ja Jessonin (1988) tulosten mukaan näiden kahden menetelmän antamat tehokkuusarvot poikkeavat toisistaan ja siten aineiston analyysimenetelmällä on merkitystä. Myös Sengupta ja Sfeir (1986) vertaavat DEA-menetelmän ja regressioanalyysin

tuloksia sekä eräitä muita menetelmävaihtoehtoja päätyen pitämään DEA-menetelmää varsin käyttökelpoisena ja "robustina" tehokkaiden toimintayksiköiden identifioinnissa ja tehokkuuserojen esille saamisessa.

Viime vuosina on tehty myös sellaisia tutkimuksia, joissa on ensin mitattu koulujen tehokkuutta DEA-menetelmällä käyttäen muuttujia, joihin koulu voi vaikuttaa. Näin saatuja tehokkuuslukuja on selitetty joko regressioanalyysin avulla tai ns. Tobit-malleilla käyttäen muuttujia, joihin koulu ei itse voi vaikuttaa. Subashu Ray (1991) arvioi koulujen välistä tehokkuutta DEA-menetelmällä käyttämällä panosuuttujina opetus- ja muun henkilökunnan määrää ja tuotosmuuttujina oppilaiden testeillä mitattua koulumenestystä. Näin saatuja tehokkuuslukuja hän korjasi selittämällä tehokkuutta regressioanalyysin avulla koulun oppilaiden sosioekonomista asemaa kuvaavilla muuttujilla. Tällä menettelyllä saatiin tulokseksi koulujen tehokkuus, jossa oli otettu huomioon oppilaiden perhetaustan vaikutus. Samalla voitiin arvioida suoraan koulun oman toiminnan tehottomuutta. Rayn tulosten mukaan keskimääräinen koulujen tehottomuus, kun oppilaiden sosioekonominen asema oli otettu huomioon, oli noin 13 prosenttia.

Vastaavanlaisen analyysin ovat tehneet myös McCarty ja Yaisawarng (1993) tarkastellessaan koulupiirien välisiä (school districts) tehokkuuseroja New Jersey osavaltiossa Yhdysvalloissa. Myös heidän analyysissään tehtiin ero niiden tekijöiden välille, jotka ovat koulupiirin välittömän vaikutuksen alaisena ja niiden tekijöiden välille, joihin koulupiiri ei suoraan voi vaikuttaa. He selittivät tutkimuksessaan DEA-analyysin tehokkuuslukuja oppilaiden sosio-ekonomisella asemalla ns. Tobit-mallilla, joka ottaa huomioon sen, että tehokkuusluvut ovat rajoitettuja nollan ja ykkösen välille. Näin saadut parametrien estimaatit ovat harhattomia päinvastoin kuin käytettäessä pienimmän neliösumman menetelmällä estimoitua regressiomallia. Toiseen tarkastelemaansa malliin McCarty ja Yaisawarng lisäsivät oppilaiden sosioekonomista asemaa kuvaavan muuttujan jo tehdessään DEA-analyysia. Heidän tulostensa mukaan yksiköiden tehokkuuslukujen keskinäiset järjestykset eivät muuttuneet kovin paljoa muuttujalisäyksen tuloksena.

Oleellisena etuna DEA-menetelmän koulusovelluksissa on nähty se, että menetelmänä DEA sallii useamman kuin yhden tuotoksen sisällyttämisen analyysiin. Tässä mielessä se poikkeaa selvästi esimerkiksi regressioanalyysiä analyysimenetelmänä käyttävistä tyypillisistä koulujen välistä tehokkuutta arvioivista tutkimuksista. Koulujen toimintaa arvioitaessa tämä ominaisuus on erittäin tärkeä, sillä niillä on tyypillisesti useita tuotoksia. Tämän lisäksi DEA-analyysin tuloksena saatavan te-

hokkuusluvun ja slack -muuttujien arvojen avulla voidaan käytettävissä olevien muuttujien puitteissa määrittää se, mistä tekijöistä jonkin yksikön tehottomuus suhteessa tehokkaisuun yksiköihin johtui ja kuinka paljon yksikkö voisi tehostaa toimintaansa ollakseen tehokas. Tutkimuksissa on käynyt ilmi myös se, että menetelmän tuloksia voidaan käyttää esimerkiksi koulupiiritasolla tehtäessä yksittäisille kouluille operationaalisia suunnitelmia tulevia vuosia varten.

Bessent A. ja muut (1982) painottavat myös sitä, että tarkasteltaessa DEA -menetelmän antamia tehokkuuslukuja yhdessä koulujen keskimääräiseen testimenestyksen kanssa nähdään, että tehokkuusrintamalla olevat koulut voivat olla sekä sellaisia, joissa oppilaiden testimenestys on ollut heikompaan että sellaiset koulut, joissa testimenestys on ollut erittäin hyvää. Tämä johtuu siitä, että tehokkuuden arvioinnissa ei ole kyse pelkästään tuotoksilla (kouluarvosanoilla) mitatusta suorituskyvystä vaan tuotosten määrästä suhteessa panosten käyttöön.

Kaikille menetelmille yhteinen muuttujien valinnan ongelma korostuu myös DEA-menetelmällä tehdyissä koulusovelluksissa. Yleensä näissä tutkimuksissa käytettyjen muuttujien valintaa ei suuremmin perustella, vaan ohjenuorana on näyttänyt monessa tutkimuksessa olevan enemmänkin tietojen saatavuus kuin mikään muu kriteeri.

Muuttujavalintoja vaikeuttavat myös aiempien tutkimustulosten ongelmallisuus. Panosmuuttujien soisi olevan sekä teoreettisesti mielekkäitä että empiirisesti tärkeiksi selittäviksi tekijöiksi osoittautuneita muuttujia. Kuitenkin lähinnä regressiotekniikalla tehdyissä tutkimuksissa, joissa on pyritty arvioimaan koulujen saamien resurssien ja oppimistulosten välistä yhteyttä on usein saatu varsin ristiriitaisia tuloksia siitä, millä tekijöillä on vaikutusta oppilaiden oppimistuloksiin⁶. Sellaisilla panostekijöillä, kuten koulujen käytettävissä olevilla kokonaisresursseilla, luokkakoolla, opettajien koulutustasolla tai kokemuksella ei ole voitu osoittaa olevan selvää tilastollisesti merkitsevää yhteyttä kouluikäiseen suoritustasoon (tuotokseen), jota on mitattu testimenestyksellä. Toisaalta samoilla tekijöillä on muutamissa tutkimuksissa saatu yhteys myöhempään työelämän aikaiseen tulonsaintakykyyn, joka on toinen tapa mitata koulutuksen tuotoksia (esim. Card ja Krueger, 1992). Useissa tutkimuksissa korostuu oppilaiden perhetausta tilastollisesti merkitsevänä tekijänä mitattiinpa sitä tulotasolla, koulutustasolla tai muilla sosioekonomista asemaa kuvaavilla muuttujilla.

⁶Ks. mm. Hanushek (1986), Card ja Krueger (1992) sekä luvun 2 katsaus aiemmassa tutkimussamme (Kirjavainen ja Loikkanen, 1992).

Mikään empiirinen menetelmä ei voi itsessään ratkaista merkittävimpien muuttujien valintaa kausaalisuhteiden näkökulmasta. Toisaalta DEA-menetelmä ei ole tilastollinen menetelmä, johon voisi soveltaa esimerkiksi regressioanalyysin kaltaisia testejä. Niinpä useissa koulu- ym. muissa sovelluksissa sekä panoksia että tuotoksia mittaavaa muuttujajoukkoa pyritään yleensä muuntelemaan. Näin pyritään arvioimaan mm. tehokkaiksi tulevien yksiköiden joukon sekä tehottomien yksiköiden joukon "robustisuutta". Joissakin DEA-sovelluksissa regressioanalyysia käytetään muuttujavalintoja auttavana esivaiheena, jolloin halutaan varmistaa, että tuotos- ja panosmuuttujilla on regressiomielessä tilastollisesti merkitsevä yhteys.

DEA-menetelmän kritiikkiä koulutointa arvioitaessa

Lopuksi on syytä tuoda esille, että DEA-menetelmän käyttämiseen koulujen toiminnan arvioinnissa on suhtauduttu myös kriittisesti. Englannissa on arvosteltu DEA-menetelmää kahdesta näkökulmasta. Ensinnäkin tutkijat ovat kiinnittäneet huomiota siihen, ettei DEA-menetelmässä tarvitse kiinnittää mitään funktiomuotoa, vaan verhoikäymenettelyyn perustuvan tehokkuusrintaman identifiointi määräytyy tutkimusaineistosta (Woodhouse & Goldstein, 1988 ja Goldstein, 1990). Menettely ei ota kantaa tuotosten ja panosten väliseen riippuvuuteen, joka kuitenkin on näiden tutkijoiden mielestä taustalla olemassa jossakin muodossa. Woodhouse ja Goldstein (1988) esittää yhtä toimipaikkaa koskevan esimerkin, jossa todellinen riippuvuus oletetaan lineaariseksi ja väittää DEA-menetelmän avulla saatavia tuloksia harhaanjohtaviksi. Tämä kritiikki vaikuttaa joko väärinkäsitykseltä tai se on huonolla pohjalla sen tähden, että DEA-menetelmä perustuu useita toimipaikkoja koskevan tutkimusaineiston analyysiin. Analyysi tuottaa mielenkiintoisia tuloksia vain siinä tapauksessa, että toimipaikkojen välillä on eroja. Yhden toimipaikan "todellista" tuotoksen ja panoksen relaatiota tarkastelemalla ei voi argumentoida DEA-menetelmän soveltuvuudesta.

Toinen kritiikin kohde liittyy havaintoyksiköiden valintaan. DEA-menetelmän yhteydessä havainnot ovat tyypillisesti toimipaikkoja tms. aggregaattitason yksiköitä. Koulusovellusten yhteydessä ne ovat olleet joko kouluja tai koulupiirejä, joiden keskimääräiset tuotokset ja panokset ovat tarkastelun kohteena. Arvostelijoiden mielestä koulu- tai muilla aggregaattitason muuttujilla operointi voi olla harhaajohtavaa, koska viimekädessä kiinnostuksen tulisi kohdistua yksilöiden edistymiseen koulussa. Havaintoyksikön valinnan tekee tärkeäksi se, että saman-

luissa. Tämä asia hämärtyy käytettäessä tutkimuksessa esimerkiksi koulutason keskiarvotietoja aineistona. (ks. esim. Paterson ja Goldstein, 1991).⁷

Englantilaisten tutkijoiden mielestä koulujen toimintaa tulisi siis arvioida sellaista aineistoa käyttäen, jossa koulumenestystä koskevat tiedot ovat oppilastasoisia samoin kuin ns. kontrollimuuttujana käytetyt oppilaiden aikaisempi koulumenestys tai oppilaan suoritustasoon oletettavasti vaikuttava vanhempien sosioekonominen asema. Näiden tietojen lisäksi suoritustasoa mitattaessa mukana voi olla myös koulutason tietoja esimerkiksi resursseista. Nämä tutkijat puhuvatkin ns. monitasomallien puolesta, joissa yksilöön liittyvien tekijöiden rinnalla mallitetaan koulu- sekä ympäristötekijöiden vaikutuksia.⁸

Tähän jälkimmäiseen kritiikkiin suhtaudumme edellistä myönteisemmin. Yksilötason aineisto, johon sisältyisi myös koulujen resurssi- ja suoritustasotietoa luokka- ja koulutasolla sekä oppilaiden perhetaustoista ja muusta ympäristöstä olisi epäilemättä hyvä lähtökohta tutkimukselle. Tällaista aineistoa vain ei ole useinkaan saatavilla. Toisaalta koulut ovat yhden tason päätöksentekoyksiköitä, joita voidaan perustellusti tarkastella myös niiden keskiarvotietojen, mutta miksei myös erilaisten hajontatietojen avulla. Periaatteessa ei ole mahdotonta saada esille järkeviä tuloksia siinäkin tapauksessa, että erityyppiset koulut voivat onnistua toisistaan poikkeavalla tavalla samanlaisenkin oppilasaineuksen kanssa, kunhan analyysiin otetaan mukaan myös jakaumatietoja kuvaavia muuttujia. Toisaalta edellisen lisäksi Desai (1992) on huomauttanut Goldsteinin kritiikkiin, että vaikka koulutusprosessin tuloksia on perusteltua tarkastella yksilötasolla, suurin osa toimintapoliittisista päätöksistä tehdään kuitenkin opettaja- tai koulutasolla. Täten oikeasuuntaisten politiikkasuositusten tekemiseksi aineistoa on tarkasteltava koulutasolla.

⁷Tätä ongelmaa ovat käsitelleet myös Aitkin ja Longford (1986), jotka arvioivat tutkimuksessaan koulujen toimintaa sekä käyttäen koulutason tietoja että oppilaskohtaisia tietoja oppilaiden menestymisestä heidän aloittaessaan ja lopettaessaan koulun käynnin. Heidän tutkimuksensa mukaan tulokset koulujen toiminnasta eroavat riippuen siitä onko tiedot oppilaiden aikaisemmasta ja myöhemmästä koulumenestyksestä aggregoitu koulutasolle vai käytetäänkö estimoinneissa yksilötason tietoja.

⁸Monitasomallien perusajatuksena on, että koulut ja oppilaiden menestys niissä on luonteeltaan sellainen ilmiö, jossa oppilaan oppimiseen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa useammalle hierarkiselle tasolle. Yksilötasolla menestykseen vaikuttavat oppilaan henkilökohtainen kyvykkyys ja omaksumiskyky sekä se ympäristö, jossa hän on kasvanut eli vanhempien koulutus- ja tulotaso. Toisaalta opetus kouluissa tapahtuu luokissa, jolloin kyseinen luokka vaikuttaa myös oppilaan oppimistulokseen. Vielä ylempällä tasolla on sitten koulu ja koulupiirit, jotka nekin voivat valinnoillaan vaikuttaa oppimistuloksiin. Katso lähemmin monitasomalleista esim. Goldstein, 1987.

4 KOULUJEN PANOKSISTA JA TUOTOKSISTA

Koulu on paikka, joka muuttaa sinne tulevan ihmisen sekä tiedollisesti että taidollisesti erilaiseksi. Prosessin onnistumiseen vaikuttavat monet tekijät, joista osaa on helppo ja osaa vaikeampi havainnoida ja mitata. Helposti mitattavia tekijöitä ovat opetustuntien määrät, opetukseen käytettävät opetusmateriaalit ja koulutilojen suuruus sekä varustetaso. Vaikeammin mitattavissa ovat erilaiset oppilaiden ja opettajien henkilökohtaiset ns. laadulliset ominaisuudet, jotka sopivana kombinaationa tuottavat onnistuneen lopputuloksen.

Koulutusprosessin hyvyden tarkan mittaamisen tekee ongelmalliseksi myös se, että kyseessä on kaksisuuntainen vuorovaikutusprosessi, jossa sekä koulun henkilöstöllä että koulun oppilaiden henkilökohtaisilla ominaisuuksilla on vaikutusta lopputulokseen. Opetustilanne on viestintätilanne, jossa viestin antajan henkilökohtaiset ominaisuudet vaikuttavat paljon siihen, kuinka hyvin hänen sanomansa siirtyy kuuntelijalle. Toisaalta myös viestin vastaanottajan henkilökohtaiset ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka hyvin viesti ymmärretään.

Koulussa hankittuja valmiuksia voidaan mitata eri tavoin ja nämä tavat ovat kiinteästi yhteydessä koululle asetettuihin tavoitteisiin. Jos koulun tehtävänä on antaa valmiuksia myöhemmälle menestymiselle elämässä, voidaan onnistumista mitata oppilaiden ansaitsemilla tuloilla tai saavutetulla yhteiskunnallisella asemalla. Tällainen tarkastelu suoritetaan kuitenkin vasta useita vuosia koulun lopettamisen jälkeen. Arvioinnin ja nykyhetken välillä on viive, joten koulun nykyhetken toiminnan arviointiin tällaista tietoa ei voida käyttää hyväksi. Lähempänä nykyisyyttä oleva mittari saadaan, kun tarkastellaan oppilaiden sijoittumista esimerkiksi ensimmäisen, koulun loppumista seuraavan vuoden jälkeen. Tällaisella mittarilla koulu saa palautteen toiminnastaan lyhyemmässä ajassa, joten tiedon käyttömahdollisuudet myös tulevan toiminnan suunnittelussa paranevat.

Joidenkin mielestä koulun tehtävä on saada oppilaat viihtymään. Suoritustasoon ja oppilaan koulun jälkeisiin valmiuksiin viihtyisän koulun voidaan sanoa vaikuttavan sitä kautta, että viihtyvyys nostaa motivaatiota opiskella, mikä puolestaan parantaa oppimistuloksia ja lisää taitoja myöhempää elämää ajatellen. Jos koulun keskeinen tehtävä määritellään näin, voidaan tuloksia mitata esimerkiksi kyselyillä.

Edelleen yhtenä koulun päämääränä voidaan mainita oppilaiden hyvä menestymisen esimerkiksi standarditesteissä. Hyvät arvosanat heijastelevat opetettujen asioi-

den hallintaa, mikä auttaa menestymään myöhemmin. Sen lisäksi arvosanat valtakunnallisessa kokeessa tai testissä (kuten Suomessa lukioiden ylioppilaskirjoitukset) ovat usein kriteerinä myös jatko-opiskelupaikan tai työpaikan saamisessa. Koska oppilaiden menestyminen valtakunnallisessa kokeessa tai testeissä antaa koululle objektiivisen palautteen varsin nopeasti, on se yksi hyvä toiminnan arvioinnin mittari.

Koulutusprosessiin vaikuttavia tekijöitä voidaan havainnollistaa kuvion 4 avulla. Koulu nähdään paikkana, jossa opetus tapahtuu ja jossa oppilaat viettävät lyhyemmän tai pidemmän ajanjakson riippuen siitä, minkä tyyppisestä koulusta tai koulutuksesta on kysymys. Koulusta valmistuu päästötodistuksen saaneita, joiden tietojen ja taitojen tasoa voidaan mitata edellä kuvatuilla tavoilla. Näihin ei kuitenkaan kuvion 4 mallissa oteta kantaa.

Koulua käyvät yksittäiset oppilaat henkilökohtaisine ominaisuuksineen muodostavat koulun sisällä koostumukseltaan erilaisia ryhmiä. Sen lisäksi koulussa on sekä määrällisiä että laadullisia resursseja, joiden määrä riippuu koulun koosta. Kaikki nämä tekijät vaikuttavat siihen, millaisin valmiuksin oppilaat koulusta valmistuvat. Ne heijastelevat myös sitä ympäristöä, missä koulu toimii.

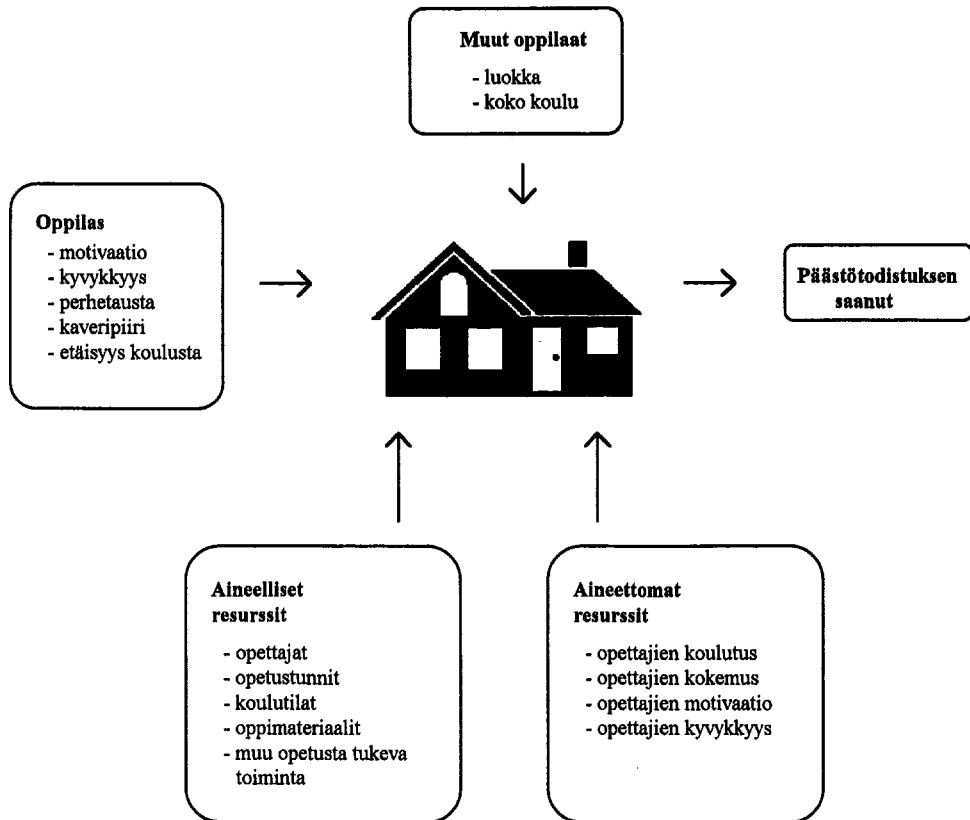
Oppilaan henkilökohtaisista ominaisuuksista tärkeimpiä koulunkäynnin ja oppimisen suhteen ovat kyvykkyys ja opiskelumotivaatio. Jos motivaatio opiskella on suuri, ovat tulokset todennäköisesti parempia jo sen vuoksi, että ollaan valmiita käyttämään enemmän aikaa opetettavaan asiaan perehtymiseen. Mielenkiinto opetettavaa asiaa kohtaan helpottaa myös tiedon sisäistämistä. Kyvykkyys vaikuttaa puolestaan uusien asioiden omaksumiskykyyn ja -nopeuteen.

Perheen merkitys koulumenestyksessä ja oppimisessa on suuri. Ensinnäkin vanhemmat, jotka pitävät koulutyötä tärkeänä, kannustavat lapsiaan työskentelemään ahkerammin. He myös auttavat tarvittaessa kotitehtävissä. Toiseksi perheen varallisuus tekee mahdolliseksi sen, että lapsi voi osallistua kursseille ja muuhun koulutyötä tukevaan harrastustoimintaan.

Myös ystäväpiirin suhtautumisella koulunkäyntiin voi olla vaikutusta koulumenestykseen. Kouluun kielteisesti suhtautuva ystäväpiiri voi laskea oppilaan opiskelumotivaatiota, jolloin oppilas käyttää vähemmän aikaa esimerkiksi kotitehtäviin. Kotitehtävien tekoon käytetty aika puolestaan heijastuu suoraan oppilaan opintomenestykseen (ks. esim. Walberg, 1984). Huonoimmassa tapauksessa ystäväpiirin

negatiiviset asenteet koulun käyntiä kohtaan voivat johtaa tunneilta pinnaamiseen ja koulunkäynnin keskeyttämiseen. Vastaavasti koulun käyntiä arvostava ystäväpiiri voi puolestaan lisätä opiskeluhaluja.

Kuvio 4. Koulujen panokset ja tuotokset.



Koulu on pääasiassa oppilaista ja opettajista koostuva yhteisö. Yhden oppilaan tasolta edetään ryhmien tasolle siten, että oppilaat yhdessä muodostavat ryhmiä sekä luokkatasolla että yhden ison ryhmän koko koulun tasolla. Molempien tasojen ryhmillä on vaikutusta yksittäisten oppilaiden työskentelyyn. Luokassa olevat oppilaat ja heidän luonteensa määrää suurelta osalta luokan opiskeluilmapiirin. Luokan ollessa täynnä vilkkaita oppilaita saattaa opettajan ajasta kulua huomattava osa työskentelyrauhan ylläpitämiseen. Edelleen jos luokassa olevien oppilaiden

tiedoissa ja taidoissa on suuria eroja, on opettajan vaikeampaa edetä siten, että työskentely olisi sopivan haastavaa kaikille oppilaille.

Koko koulun tasolla toimintaympäristö, tilat ja henkilökoostumus saavat yhdessä aikaan koulun työskentelyilmapiirin. Jos koulussa viihdytään, on ilmapiiri todennäköisesti myönteinen ja päinvastoin. Myönteisen opiskeluilmapiiiriin voi olettaa parantavan myös tuloksia. Koulut ovat usein riippuvaisia omasta toimintaympäristöstään siinä mielessä, että oppilaat käyvät yleensä koulua, joka on lähellä heidän asuinpaikkaansa. Asuinalue, jolla koulu sijaitsee määrää toisin sanoen suureksi osaksi kouluun tulevan oppilasaineksen. Yleisesti on tunnettua, että rauhattomien asuinalueiden koulut ovat työskentelyilmapiiriltään hankalampia kuin esimerkiksi rauhallisemmilla asuinalueilla sijaitsevat koulut. Asuinalueen vaikutus heijastuu myös opettajakunnan vaihtuvuuteen heidän työolosuhteidensa kautta. Suuri vaihtuvuus voi johtaa opetuksen laadun laskuun, sillä pitkäjänteisemmällä työllä päästään parempiin tuloksiin.

Oppilaiden ominaisuuksien ja heidän muiden taustatekijöidensä ohella koulussa saavutettaviin oppimistuloksiin vaikuttavat koulun käytettävissä olevat resurssit. Niistä tärkeimpiä ovat opettajat ja muu henkilökunta koulutustaustoineen ja kokemuksineen. Määrällisiä resursseja edustavat koulujen tilat, laitteet ja oppimateriaalit.

Määrälliset resurssit, kuten opettajien ja opetustuntien määrä, koulutilojen suuruus tai vaihtoehtoisesti koulujen markkamääräiset resurssit ovat verraten helposti mitattavissa. Näiden resurssien suuruuden vaikutus oppimistuloksiin on tutkimusten mukaan ristiriitainen (ks. esim. Hanushek, 1986 sekä Kirjavainen ja Loikkanen, 1992, luku 2). Määrällisten resurssien yksioikoinen lisääminen ei välttämättä johda koulujen parempiin tuloksiin, koska koulujen resurssierot eivät useimmiten selitä niiden suorituseroja odotusten mukaisesti.

Määrällisten tekijöiden rinnalla laadullisilla tekijöillä kuten opettajien ja rehtoreiden koulutuksella, kokemuksella, kyvykkyydellä ja työmotivaatiolla olettaisi olevan merkitystä koulujen toimintaan siten, että ne vaikuttavat koulun opetuksen laatuun ja työskentelyilmapiiriin. Oletettavaa on, että opettajien hyvät tiedot opettamassaan aineessa johtavat siihen, että heidän antamansa tieto on tarkempaa ja syvällisempää. Pidemmän opetuskokemuksen voidaan olettaa johtavan rutinoitumiseen ja opetusmenetelmien paranemiseen.

Toisaalta sekä koulutuksen että kokemuksen määrässä voi olla olemassa jokin raja, jonka jälkeen niiden lisääntyminen ei enää paranna opetuksen laatua. Opetettavan tiedon tasoon nähden liian perusteellinen koulutus voi johtaa opettajan turhautumiseen, mikä näkyy hänen tavassaan opettaa. Vastaavasti opetuskokemuksen karttuessa opettaja saattaa kyllästyä työhönsä, minkä vuoksi hän suorittaa tehtävänsä huonommin.

Kaiken kaikkiaan opettajakunnan rooli koulujen tuotantoprosessin keskeisenä osatekijänä näyttää osin ongelmalliselta. Yhtäältä on aivan selvää, että on olemassa hyviä opettajia, joiden työn tuloksena oppilaat saavuttavat hyviä tuloksia. Toisaalta on ainakin jossain määrin epäselvää, voidaanko opetuksen perille menon kannalta keskeisiä opettajien ominaisuuksia tuottaa korkeampien tutkintojen tai täydennyskoulutuksen avulla. Jos niitä ei voi helposti tuottaa, vaan ne määräytyvät muuten (tai ovat synnynnäisiä), koulujen opettajakunnan tuottavuus riippuu koulutus- ja kokemustekijöiden sijasta enemmänkin sopivien opettajatyyppeiden valikoitumisesta kouluihin. Tällaisista hyvistä opettajanominaisuuksista ei ole rekisteri- tai muuta-kaan helposti saatavaa tietoa.

5 TUTKIMUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MALLIT, MUUTTUJAT JA AINEISTO

5.1 Tutkimuksessa käytettävät mallit ja muuttujat

Koska DEA-menetelmä ei ole tilastollinen menetelmä, sen avulla ei ole mahdollista testata käytettäviä malleja sopivien muuttujien osalta. Sen vuoksi muuttujien valinta on tehtävä jollakin muulla perusteella. Yleisenä periaatteena on, että panosten lisäyksen on lisättävä myös tuotoksen määrää eli panosten ja tuotosten välillä tulee olla positiivinen yhteys. Sen lisäksi muuttujien pitää olla organisaation toimintaa oleellisesti kuvaavia tekijöitä. Muuttujien valinnan yhteydessä tulisikin pohtia toiminnan luonnetta ja sen merkittävimpiä osatekijöitä ja ottaa mukaan analyysiin näitä parhaiten mittaavia muuttujia sekä panosten että tuotosten kuvaajiksi. Sen lisäksi kunkin analyysissä mukana olevan muuttujan tulee mitata jotain erillistä, yksittäistä tekijää.

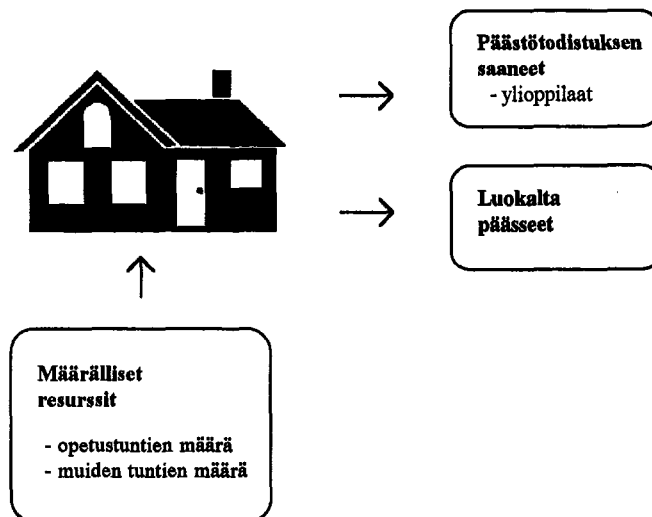
Edellä luvussa 4 tarkasteltiin koulujen panoksia ja tuotoksia ja panosten vaikutusta oppimistuloksiin yleisen mallin avulla, jossa oli mukana oppilaan henkilökohtaiset ominaisuudet, koulun määrälliset ja laadulliset resurssit sekä luokan ja koko koulu-yhteisön vaikutukset. Seuraavaksi esitellään tässä tutkimuksessa analysoitavat kolme mallia sekä malleissa käytettävät muuttujat sekä pohditaan kunkin erilaiseen muuttujajoukkoon perustuvan mallin tarjoamia selitysmahdollisuuksia lukioiden tehokkuuseroille. Aineiston saatavuudesta johtuen tutkimuksessa käytettävät muuttujat kattavat vain osan kuvion 4 hahmottelemista tekijöistä. Aivan samalla tavoin aineiston saatavuudesta johtuen on tämän tutkimuksen muuttujat poikkileikkaustietoja vuosien 1989-91 toiminnasta.

Malli 1

Lukioiden tehokkuuden arviointiin käytettävässä mallissa 1 - muuttujamäärältään suppeimmassa mallissa - tarkastellaan tehokkuutta määrällisten muuttujien avulla. Mallissa on lukioiden panoksina resurssien määrää kuvaavia tekijöitä ja tuotoksina luokalta päässeiden ja päästötodistuksen saaneiden määrät. Verrattuna kuvion 4 yleiseen malliin on kuvion 5 malli 1 huomattavasti yksinkertaisempi. Siinä ei ole otettu lainkaan huomioon oppilaan henkilökohtaisia ominaisuuksia, perhetaustaa ja ystäväpiiriä. Myöskään luokkien koostumusta kuvaavia muuttujia ei mallissa ole.

Määrällisestä panostuksesta mukana on opettajien tekemät työtunnit, mutta ei muun henkilökunnan työpanostusta, koulutiloja ja käytettyjen oppimateriaalien määriä. Lisäksi mallista puuttuu koulussa oleva laadullinen resurssipanostus.

Kuvio 5. Lukioiden tehokkuuden arviointiin käytettävän mallin 1 muuttujat.



Mallin 1 tulosten avulla voidaan saada esille koulut, jotka tuottavat tehokkaimmin päästötodistuksen saaneita ja luokalta päässeitä suhteessa aineelliseen resurssipanostukseen ilman, että otetaan kantaa tuotoksen laatuun. Lukion päämäärä on tämän mallin mukaan toisin sanoen vain turvata oppilaiden mahdollisimman joustava siirtyminen luokalta toiselle ja pääsy ylioppilaaksi.

Tässä tutkimuksessa lukioiden panostusta mitataan niiden kaikkien lukioluokkien opetustuntien määrällä ja muiden tuntien määrällä. Tuntimäärien sijasta olisi ollut mahdollista käyttää panostietoina opettajien määrää.⁹ Opettajien työtuntien määrät mittaavat kuitenkin suuremmin panostuksen määrää, koska eri kouluissa opettajien määrät suhteessa työtuntien määrään vaihtelevat.

⁹Vaihtoehtoisesti opettajien määrän kanssa olisi ollut mahdollista käyttää opettajien virkojen määrää, mutta se on opettajien määrääkin huonompi resurssipanostuksen mittari sen vuoksi, ettei kaikilla koulussa opettavilla opettajilla ole välttämättä siellä vakinaista virkaa.

Opetustuntien ja toisaalta muuhun kuin opetukseen käytettävien tuntien erottele- mista perustellaan sillä, että opetukseen käytettävä aika on välttämätöntä oppi- miselle siitä huolimatta, että oppimiseen vaikuttavat useat tekijät, kuten oppilaan kyvykyys, motivaatio ja perhetausta. Muiden tuntien määrät eivät ole oppimisen kannalta merkittäviä, mutta ne ovat yksi koulun käyttämä resurssi, joka vaikuttaa opettajien palkkasummaan. Molemmat panosmuuttajat ovat viikkotunteja. Ne on saatu PELU-tietokannasta ja ovat vuosien 1989-91 keskiarvoja. Opetustunnit ku- vaavat lukion opettajien luokkaopetukseen käyttämien tuntien määrää. Muut tunnit ovat puolestaan opettajille muista tehtävistä kertyviä tunteja.

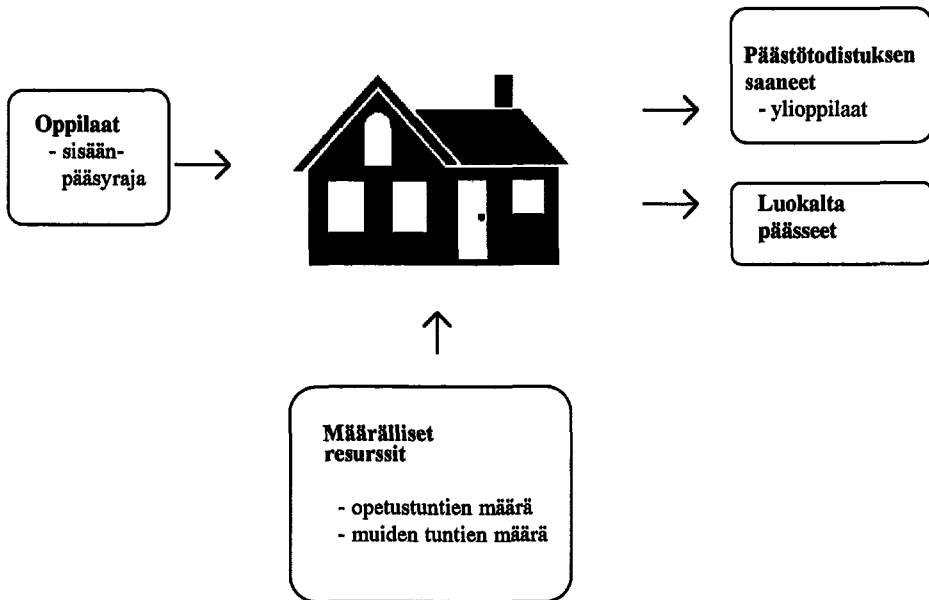
Tuotoksista päästötodistuksen saaneiden määrää mitataan keväällä 1991 ylioppilas- tutkinnon suorittaneiden määrällä, joka on laskettu vähentämällä kokelaiden määräästä ylioppilaskirjoituksissa yleisarvosanan improbatur saaneiden lukumäärä. Tuotosmuuttujista luokalta päässeiden määrä on laskettu siten, että lukion oppi- lasmäärästä on vähennetty luokalle jääneiden määrä. Tämä muuttuja on vuosien 1989-91 keskiarvo. Luokalle jääneiden määrä on koulujen niille sunnatuissa kyselyssä ilmoittama luku.

Mallin 1 mukaan tehottomuus voi johtua pienestä luokkakoosta, johon voidaan päätyä kahdesta syystä. Ensimmäkin koulussa voi olla hallinnollisin päätöksiin päätetty pitää pienet ryhmäkoot eli opetustunteja on paljon suhteessa valmistunei- den määrään. Toinen tehottomuuden syy voi olla valinnaisten aineiden suuri määrä, jolloin opetustuntien määrä suhteessa oppilasmäärään on suurempi, mistä on seurauksena pienempi luokkakoko. Skaalatehottomuutta voi esiintyä siksi, että koulun koko ei ole oikea, vaan se on joko liian suuri (suurtuotannon haitat) tai liian pieni.

Malli 2

Mallissa 2 otetaan mallin 1 muuttujien ohella huomioon koulun oppilasaineksen vaikutus toimintaan lisäämällä yhdeksi panosmuuttujaksi lukion sisäänpääsyraja. Tässä mallissa lukioiden tehtävänä on edelleenkin tuottaa mahdollisimman paljon ylioppilaita ja luokalta päässeitä, mutta niiden resurssipanostukseen vaikuttaa myös oppilasaineksen laatu. Samalla resurssipanostuksella, mutta paremmalla oppilasai- neksella koulun pitäisi pystyä tuottamaan enemmän luokalta päässeitä ja päästöto- distuksen saaneita.

Kuvio 6. Lukioiden tehokkuuden arviointiin käytettävän mallin 2 muuttujat.



Lukion oppilasainesta mitataan niiden sisäänpääsyrajalla, joka on heikoimman sisäänotetun oppilaan peruskoulun päästötodistuksen lukuaineiden keskiarvo syksyllä 1988. Sisäänpääsyraja on lukioiden kyselyssä ilmoittama luku ja se on kerrottu vuonna 1989 ensimmäisellä luokalla olleiden oppilaiden lukumäärällä, jotta muuttuja olisi samantyyppinen kuin muut analyysissä käytettävät muuttujat. Tämä mittari ei anna tarkinta mahdollista kuvaa oppilasaineksesta. Huomattavasti parempi muuttuja olisi ollut kaikkien lukioon otettujen oppilaiden lukuaineiden keskiarvojen summa.

Koska mallissa 2 on otettu huomioon kouluun tuleva oppilasaines, voi tehottomuus johtua pienten ryhmäkokojen lisäksi siitä, että koulu ei jostain syystä osaa käyttää tuotantoprosessissaan täysin hyväkseen oppilasainesta eli luokalta päässeiden ja ylioppilaiden määrät jäävät alhaisiksi. Edelleen myös koulun väärä koko voi aiheuttaa tehottomuutta.

Malli 3

Mallissa 3 on edellisten mallien panosten ja tuotosten lisäksi otettu huomioon laadullisten tekijöiden vaikutus. Siinä lukioiden tuotoksina ovat luokalta päässeiden ja päästötodistuksen saaneiden määrien lisäksi ylioppilaskirjoitusten arvosanat. Panostuksen laatua mitataan puolestaan opettajien koulutuksella ja kokemuksella.

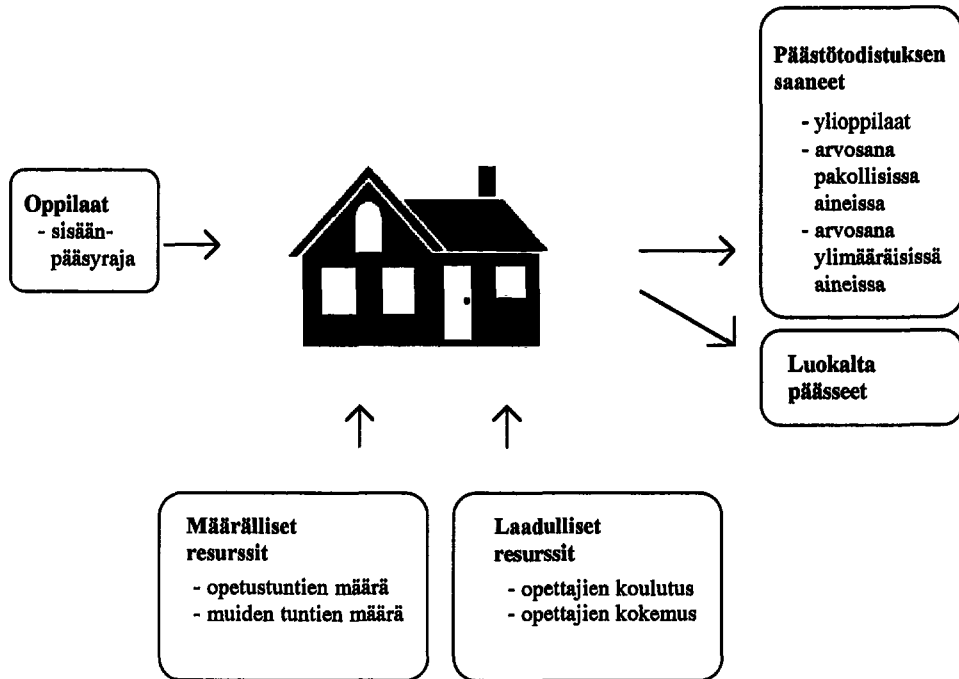
Arvosanojen käyttöä yhtenä tuotosmittarina perustellaan ensinnäkin sillä, että niiden paino on suuri pyrittäessä sekä ammatilliseen koulutukseen että yliopistoihin. Toisekseen työnantajat käyttävät usein lukion arvosanoja yhtenä kriteerinä palkatessaan nuoria työntekijöitä. Kolmanneksi ylioppilastutkinto on se päämäärä, jonka suorittamiseen lukiossa opiskelevat tähtäävät ja siinä mielessä ylioppilaskirjoituksissa menestyminen on lukiotyöskentelyn tärkeä perusta myös opettajille.

Tuotosten laatua mittaavat ylioppilaskirjoitusten arvosanat ovat tässä mallissa ylioppilaskirjoitusten pakollisten ja ylimääräisten aineiden puoltoääniä keväältä 1991. Pakollisten ja vapaaehtoisten aineiden puoltoäänten sijasta olisi ollut mahdollista käyttää joko yleisarvosanaa tai kaikkien kirjoitettujen aineiden puoltoäänten määrää. Jako pakollisiin ja vapaaehtoisiin aineisiin tehtiin siksi, että näin otetaan huomioon koulujen mahdollinen oma painotus joko pelkästään pakollisissa tai niiden ohella myös vapaaehtoisissa (ns. ylimääräisissä) aineissa menestymiseen.

Pakollisten ja vapaaehtoisten aineiden puoltoäänten määrät on pisteytetty siten, että imbotaturista on annettu yksi piste, approbaturista kaksi, lubenter approbaturista kolme, cum laude approbaturista neljä, magna cum laude approbaturista viisi ja laudaturista kuusi pistettä.

Laadullista resurssipanostusta mitataan mallissa 3 opettajien koulutuksella ja opetuskokemuksella. Opettajien koulutustasoa mitataan ylemmän korkeakoulututkinnon suorittaneiden opettajien määrällä. Tämä tieto on saatu PELU-tietokannasta ja se on vuosien 1989-91 keskiarvo. Opettajien opetuskokemusta mitataan opettajien saamien määrävuosikorotettujen palkkaluokkien summalla. Määrävuosikorotuksia kertyy jokaisesta viidestä opetusvuodesta aina 20 opetusvuoteen asti siten, että kaikista muista viiden vuoden jaksoista kertyy kaksi palkkaluokkaa, mutta kolmannelta jaksosta vain yksi. Myös opetuskokemusta kuvaava muuttuja on vuosien 1989-91 keskiarvo.

Kuvio 7. Lukioiden tehokkuuden arviointiin käytettävän mallin 3 muuttujat.



Aiemman tutkimustiedon perusteella määrällisten resurssien lisääminen ei välttämättä johda tuotoksen määrän ja laadun kasvuun. Mallissa 3 tehdään tästä huolimatta vahva oletus siitä, että lisäämällä opettajien koulutusta ja opetuskokemusta ylioppilaiden ja luokalta päässeiden määrät kasvavat sekä ylioppilaiden arvosanat paranevat (eli puoltoänten määrä kasvaa) kiinnitettäessä muiden resurssitekijöiden vaikutus.

Mallissa 3 tehottomuutta voivat aiheuttaa kaikki samat tekijät kuin malleissa 1 ja 2. Sen lisäksi tehottomuutta voi syntyä siksi, ettei lukio jostain syystä kykene käyttämään hyväkseen opettajien opetuskokemusta ja koulutusta, vaan luokalta päässeitä ja ylioppilaita tuotetaan resurssihin nähden vähän ja ylioppilaiden arvosanat ovat heikkoja.

Tätä tutkimusta tehtäessä on pohdittu ja kokeiltu tulosten herkkyyden arvioimiseksi muitakin muuttujayhdistelmiä kuin edellä esitetyt. Liitteessä 6 on muuten samanlaisen mallin (malli 4) tuloksia kuin malli 3, mutta tuotosmuuttujista puuttuu

ylioppilaiden määrä. Sen ajatellaan sisältyvän implisiittisesti summatyypisiin arvosanamuuttujiin. Mallin 4 tulokset sijoittuvat mallien 2 ja 3 tulosten välimaastoon eikä niitä kommentoida jatkossa enempää.

Lopuksi todettakoon vielä, että DEA-menetelmä ei ole tilastollinen, vaan ei-parametrinen menetelmä, joten sen avulla ei voida testata eri muuttujien tilastollisia yhteyksiä ja niiden merkitsevyyttä. Tämä korostaa sitä, että panos- ja tuotosmuuttujien tulee olla arvioitavan toiminnan kannalta olennaisia tekijöitä.

5.2 Tutkimuksen aineisto

Tämän tutkimuksen aineisto on kerätty kahdesta erillisestä rekisteristä, joiden tietoja on täydennetty lukioille lähetetyllä kyselyllä. Panostiedot koulujen oppilasmäärästä, opettajista ja kouluissa opetettavista aineista on saatu opetushallituksen ja valtion tietokonekeskuksen ylläpitämästä peruskoulujen ja lukioiden oppilaitos- ja opettajarekisteristä (PELU-tietokanta). Rekisterissä on koulukohtaista tietoa sekä peruskouluista että lukioista vuodesta 1980 lähtien. Tässä tutkimuksessa on käytetty rekisterin lukioita koskevia tietoja vuosilta 1989-1991. Näiden vuosien osalta rekisterin tietosisältö on sama. Rekisterin tiedot lukion opettajista ovat yksilötason tietoja, jotka on summattu tässä aineistossa koko koulun tasolle.

Tutkimuksessa käytettävät tuotostiedot on ylioppilastietojen osalta saatu ylioppilastutkintolautakunnan sekä valtion tietokonekeskuksen ylläpitämästä rekisteristä, johon on kerätty ylioppilaskirjoitusten arvosanatiedot henkilöittäin aina vuodesta 1968. Rekisterissä on tiedot myös oppilaiden saamista lukuaineiden kouluarvosanoista. Tästä rekisteristä on otettu vuosien 1980-91 tiedot summattuna koulutasolle siten, että muuttujien arvoina on yleisarvosanojen osalta kunkin arvosanan (improbatur, approbatur jne.) kirjoittaneiden lukumäärä. Aineistossa on vastaavanlaiset muuttujat pakollisten aineiden, ylimääräisten ja kaikkien kirjoitettujen aineiden sekä äidinkielen osalta. Näiden lisäksi rekisteristä on laskettu oppilaiden lukuaineiden koulukohtainen keskiarvo ja lukuaineiden keskiarvon koulun sisäinen hajonta. Vastaavat keskiarvo- ja hajontatiedot on laskettu myös äidinkielen arvosanoista. Tässä tutkimuksessa on käytetty rekisterin kevään 1991 tietoja ja vain osaa rekisteristä hankittuja muuttujia.

Molemmissa käytetyissä rekistereissä on tiedot Suomen kaikista lukioista, niin päivä- kuin iltalukioista. Jotta tutkimusjoukko olisi homogeeninen, on aineistosta

poistettu kaikki iltalukiot ja lukioiden iltalinjat. Aineistossa ei ole myöskään mukana yliopistojen yhteydessä toimivia harjoittelukouluja (ns. normaalikouluja), kielikouluja ja Rudolf Steiner -kouluja. Ne on jätetty tarkastelun ulkopuolelle sen vuoksi, että niiden osalta ei ole selkeästi eroteltavia panostietoja pelkän lukion osalta. Aineistosta on myös poistettu ne koulut, joista ei ole käytettävissä tietoja kaikilta vuosilta 1989-91. Kaikkiaan rekisteriaineistossa on mukana 445 lukiota eri puolilta Suomea.

Lukioille lähetetyllä kyselyllä hankittiin tiedot koulujen sisäänpääsyrajasta (heikoimman sisään otetun oppilaan peruskoulun lukuaineiden keskiarvo), oppilaiden ja opettajien poissaoloista sekä luokalle jääneiden ja keskeyttäneiden lukumäärästä. Näitä tietoja kysyttiin vuosilta 1980-1991. Tässä tutkimuksessa käytetään luokalle jääneiden osalta vuosien 1989-91 tietoja ja lukion sisäänpääsyrajan osalta syksyn 1988 tietoa.

Kysely suoritettiin joulukuun 1992 ja maaliskuun 1993 välisenä aikana. Kyselykaavake lähetettiin kaikkiaan 445 päivälukioon sen perusteella, että näistä lukioista oli muut tarvittavat panos- ja tuotostiedot. Vastauslomakkeen palautti 381 lukiota eli 85,6 prosenttia kyselyn saaneista. Keskeyttäneiden ja luokalle jääneiden määrät samoin kuin lukion sisäänpääsyrajat saatiin yli 300 lukiosta (näihin kohtiin vastanneiden määrät vaihtelivat vuodesta ja muuttujasta riippuen 327 ja 365 välillä). Yleisin tieto, joka vastauslomakkeesta puuttui oli opettajien poissaolot. Oppilaiden poissaolot olivat toiseksi yleisimmin jätetty merkitsemättä.

Vastanneiden ja koko aineiston tietojen välillä ei ollut suuria eroja keskiarvotietojen perusteella. Koulukoon keskiarvo oli jonkin verran pienempi vastanneiden ryhmässä kuin koko aineiston keskiarvo. Ylioppilaskirjoitusten yleisarvosanoilla mitattuna kyselyyn vastanneiden ryhmä ei poikennut koko aineistosta.¹⁰

Tämän tutkimuksen tehokkuusanalyyseissa on mukana 291 päivälukiota.¹¹ Tarvittavat muuttujat oli käytettävissä kaikkiaan 297 päivälukiosta, mutta neljä lukiota jätettiin analyysistä pois sen vuoksi, että niillä oli muiden tuntien määrää kuvaava muuttuja arvoltaan nolla. Sen lisäksi analyysistä jätettiin pois kaksi lukiota, koska niillä opetustuntien määrät olivat epätavallisen pieniä ja ne olivat luonteeltaan ns.

¹⁰Liitteessä 2 ovat koko aineiston ja kyselyyn vastanneiden keskiarvotiedot koulukoosta ja keskimääräisestä yleisarvosanasta. Liitteessä 3 on koulukoon ja keskimääräisen yleisarvosanan perusteella laaditut koulujen frekvenssijakaumat koko aineistosta, DEA-aineistosta sekä kyselyyn vastanneista lukioista.

¹¹Muuttujien keskiarvotiedot ovat liitteessä 1.

outlier-havaintoja. Nämä poistot tehtiin sen vuoksi, että menetelmä on herkkä juuri tällaisille outlier-havainnoille muodostettaessa tehokkuuspintaa.

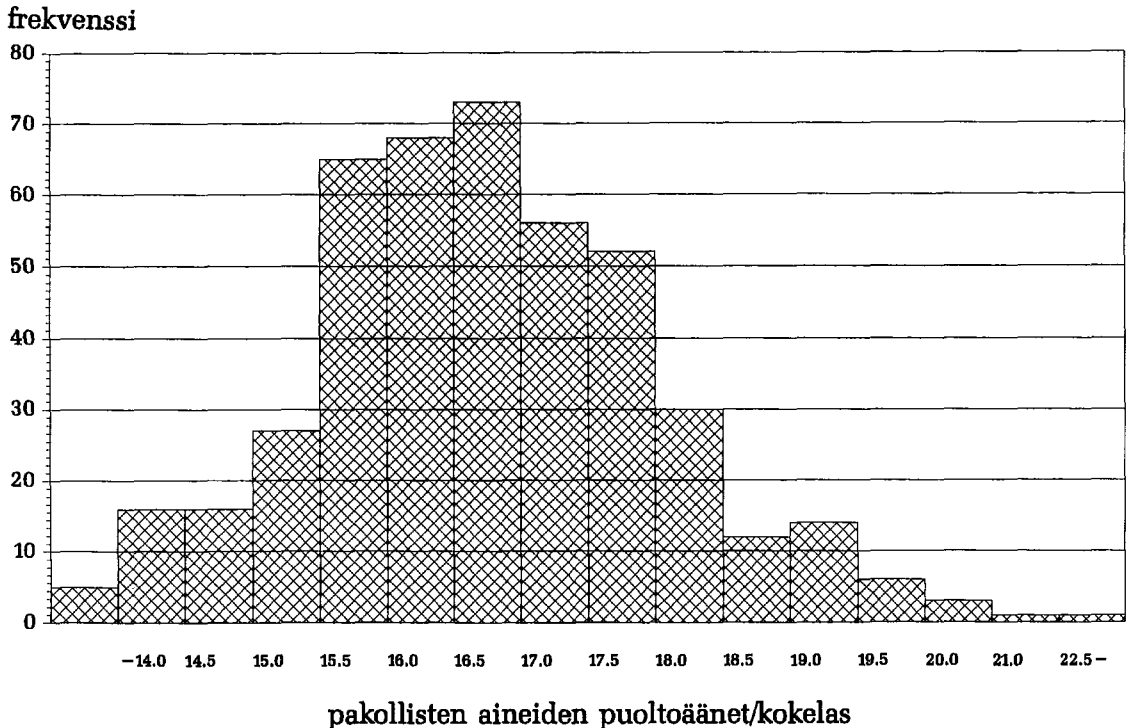
5.3 Lukioiden arvosanjakaumien esittelyä

Tämän tutkimuksen mallin 3 muuttujilla tehdyssä tehokkuusanalyysissä oli mukana tuotosmuuttujina lukioiden ylioppilaskirjoitusten pakollisten ja ylimääräisten aineiden puoltoäänten määrät (summat). Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti molempien arvosanojen keskimääräistä suuruutta 445 päivälukiassa keväällä 1991. Sen lisäksi esitellään yleisarvosanan ja koulujen antamien lukuaineiden keskiarvojen välistä riippuvuutta samoin kuin keskimääräisen yleisarvosanan ja sen koulun sisäisen keskihajonnan välistä yhteyttä. Kuviossa 8 on esitetty ylioppilaskokelasta kohden laskettu pakollisten aineiden puoltoäänten määrän perusteella laadittu koulujen frekvenssijakauma siten, että pystyakselilla on koulujen lukumäärä kussakin luokassa ja vaaka-akselilla keskimääräinen puoltoäänten määrä.¹²

Huonoimmillaan pakollisten aineiden puoltoäänten keskimääräinen lukumäärä kokelasta kohti on ollut 13,05 eli oppilaat ovat tässä koulussa saaneet pakollisista aineista keskimäärin 3,26 puoltoääntä pakollisena kirjoitettua ainetta kohti. Tämä vastaa arvosanaltaan lubenter *approbaturia* (b). Korkeimmillaan pakollisten aineiden puoltoäänten koulukohtainen keskiarvo oli 22,6 eli pakollisena kirjoitettua ainetta kohti arvosana on ollut 5,65 mikä on lähempänä *laudaturia* kuin *magna cum laude approbaturia*. Runsaassa 65 prosentissa kouluista on pakollisten aineiden keskimääräinen arvosana ollut *cum laude approbatur*. Keskiarvo oli 16,75 eli 4,19 ainetta kohti. Jakauman molemmissa ääripäissä on suhteellisen vähän kouluja. Toisin sanoen sekä todella hyvin että erittäin huonosti menestyviä kouluja oli suhteellisen vähän.

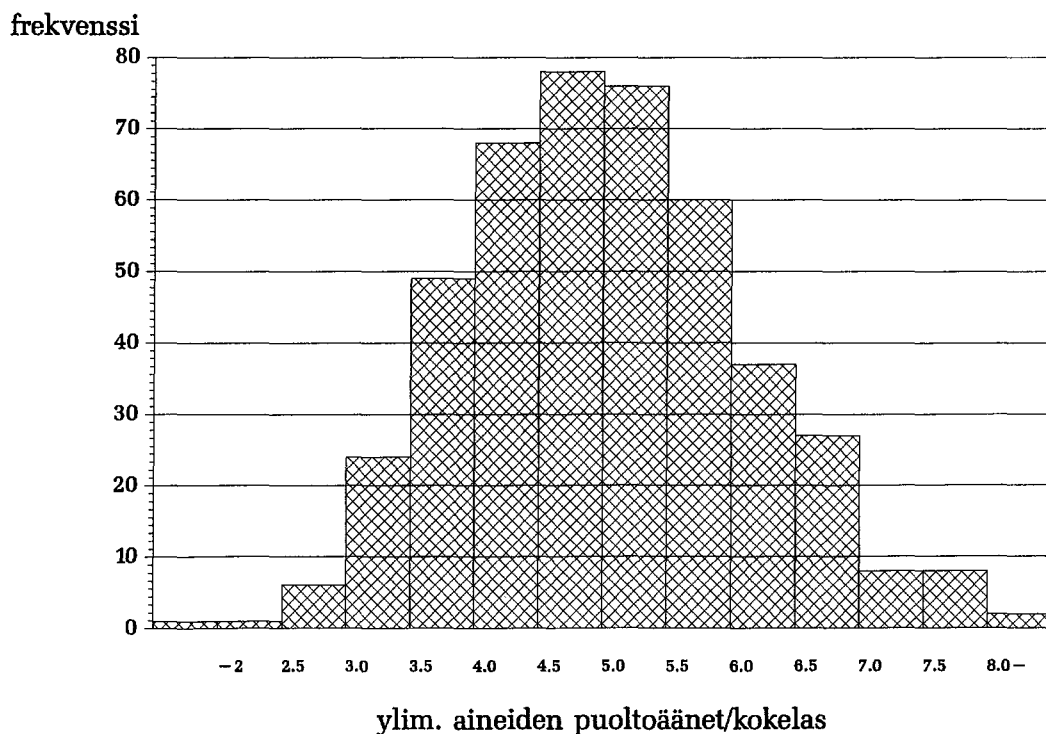
¹²Ylioppilaskirjoitusten arvosanojen pisteytys on liitteessä 7. Pakollisia aineita on ylioppilaskirjoituksissa neljä, joten maksimipistemäärä kokelasta kohti on 24 ja minimipistemäärä 4 kuviossa 8.

Kuvio 8. Ylioppilaskirjoitusten pakollisten aineiden arvosanojen (pistesumma per kokelas) mukainen koulujen frekvenssihistogramma vuodelta 1991.



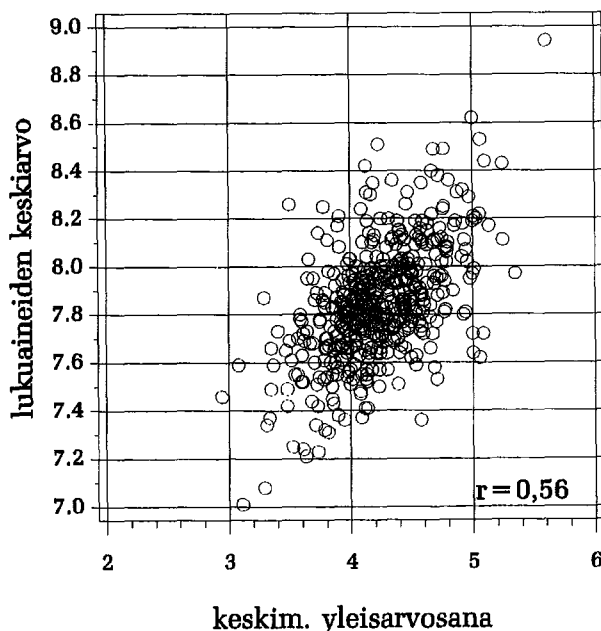
Toisena laatua kuvaavana tuotosmittarina käytetään ylioppilaskirjoituksissa vapaaehtoisena kirjoitettujen aineiden puoltoäänien määrää. Kuviossa 9 on esitetty sen kokelasta kohti laskettujen puoltoäänien koulukohtainen frekvenssijakauma. Alhaisimmillaan ylimääräisenä kirjoitettujen aineiden arvosana on ollut kokelasta kohti 1,86. Se voidaan tulkita siten, että kyseisessä koulussa kukin kokelas on kirjoittanut keskimäärin vain yhden ylimääräisen aineen ja saanut siitä arvosanan approbatur. Korkeimmillaan kokelasta kohti laskettujen ylimääräisenä kirjoitettujen aineiden puoltoäänien määrä oli 9,83. Tässä koulussa jokainen kokelas on toisin sanoen kirjoittanut keskimäärin kaksi ainetta ylimääräisenä ja ainetta kohti laskettu arvosana on ollut lähes magna cum laude approbatur. Ylimääräisenä kirjoitettujen aineiden keskiarvo oli 5,05. Myös tämän muuttujan kohdalla jakauman alku- ja loppupäissä oli suhteellisen vähän havaintoja.

Kuvio 9. Lukioiden frekvenssihistogramma ylimääräisenä kirjoitettujen aineiden puoltoäänten määrän (per kokelas) mukaan vuodelta 1991.



Koulujen tulosta voidaan tarkastella myös vertaamalla toisaalta koulun itsensä antamia arvosanoja (oppilaiden lukuaineiden keskiarvo) ja ylioppilaskirjoitusten arvosanoja. Kuviossa 10 on esitetty päivälukioiden vuoden 1991 koulukohtaisen lukuaineiden keskiarvon ja ylioppilaskirjoitusten yleisarvosanan yhteisjakauma. Siitä nähdään, että näiden kahden tekijän välillä vallitsee positiivinen yhteys. Kouluissa, joissa lukuaineiden keskiarvo on ollut korkea, myös ylioppilaskirjoituksissa menestyminen on useimmiten ollut hyvää. Muuttujien välinen korrelaatio on kuitenkin vain 0,56, joten lukuaineiden keskiarvo ei suoraan ennakoivasti ylioppilaskirjoituksissa menestymistä.

Kuvio 10. Koulujen lukuaineiden keskiarvon ja ylioppilaskirjoitusten keskimääräisen yleisarvosanan yhteisjakauma vuoden 1991 keväällä.



Lopuksi tarkastellaan vielä sitä, onko lukioissa erotettavissa selvästi sellaisia kouluja, joissa kaikki oppilaat suoriutuvat ylioppilaskokeista keskimäärin yhtä hyvin vai onko olemassa kouluja, joissa osalla oppilaista arvosanat ovat erittäin hyviä ja osalla erittäin huonoja. Taulukossa 1 on tällainen tarkastelu tehty ylioppilaskirjoitusten yleisarvosanan osalta jakamalla koulut yleisarvosanan suuruuden mukaan viiteen luokkaan ja laskemalla jokaiselle luokalle koulujen oppilaiden yleisarvosanojen sisäisten keskihajontojen keskiarvo. Siitä nähdään, että niissä kouluissa, joissa keskimääräinen yleisarvosana on alhainen, myös hajonta on ollut suurta eli oppilaiden ylioppilaskirjoitusmenestyksessä on ollut paljon vaihtelua. Keskihajonta pieneni monotonisesti yleisarvosanan kasvaessa ollen luonnollisesti hyvin pieni kouluissa, joissa keskimääräinen yleisarvosana oli erittäin korkea.

Taulukko 1. Oppilaiden yleisarvosanojen koulukohtaisten keskihajontojen keskiarvo luokiteltuna yleisarvosanan keskiarvon perusteella.

	koulun keskim. yleisarvosana				
	-3.50	3.51-4.00	4.01-4.50	4.51-5.00	5.01-
yleisarvosanan hajonnan keskiarvo	1,53	1,44	1,33	1,12	0,93
havaintojen lkm	16	112	213	91	13

6 TEHOKKUUSANALYYSIN TULOKSET

DEA-menetelmän soveltamiselle samoin kuin sen tulosten esittämiselle on useita vaihtoehtoisia tapoja. Usein esitetään vain sen mallin tulokset, johon tutkija on päätenyt. Menetelmän esittelyn yhteydessä luvussa 2 kävi ilmi, että analyysissä käytettävien muuttujien lukumäärä vaikuttaa tehokkuuslukujen jakaumaan: mitä enemmän muuttujia, sitä korkeampi keskimääräinen tehokkuus. Edelleen kävi ilmi se, että toimipaikkojen asema tehokkuusjakauman sisällä saattaa muuttua muuttujien tai tutkimusyksiköiden määrän muuttuessa. Seuraavassa tarkastellaan kolmen mallin tuloksia siksi, että esittämällä vaihteittain eri mallien tehokkuusjakaumia sekä kuvaamalla niiden aseman ja sisäisen rakenteen muuttumista tulee konkreettisesti esille, miten tärkeitä muuttujavalinnat ovat. Samalla lukija saa realistisemmän kuvan menetelmän luonteesta. Tämä on tärkeää, sillä DEA-menetelmää on näennäisen helppo soveltaa, mutta sen hyödyllisyys riippuu ratkaisevasti siitä, miten tarkasteltava ilmiö on onnistuttu hahmottamaan ja miten hyvin käytettävissä oleva aineisto muuttujineen vastaa ilmiön kannalta tärkeitä tekijöitä.

Laskettaessa toimipaikkojen tehokkuutta voidaan olettaa, että tuotantoteknologiassa vallitsevat joko vakioskaalatuotot tai muuttuvat skaalatuotot. Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa päädytään korkeampaan keskimääräiseen tehokkuuteen ja pienempään vaihteluväliin kuin vakioskaalatuottojen vallitessa. Yleisesti ei voida sanoa kumpi vaihtoehto on valittava, joten seuraavassa esitetään molemmilla tavoilla laskettuja tehokkuusjakaumia niiden tuottamien mahdollisten erojen esille saamiseksi.

Vakioskaalatuottojen vallitessa on samantekevää ajatellaanko tehottomuuden olevan tuotannon poikkeamaa potentiaalisesta tuotoksesta annetuin panoksin vai onko kyse liian suuresta määrästä panoksia suhteessa siihen mitä tarvittaisiin, kun tuotos otetaan annettuna, sillä molemmat tehokkuusluvut ovat samoja (vrt. edellä kuvio 2). Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa nämä tehokkuusluvut poikkevat toisistaan. Tässä työssä tehokkuusluvut on laskettu siten, että lukioiden oletetaan tuottavan nykyinen tuotos mahdollisimman pienin panosmäärin eli lukioiden oletetaan minimoivan panosten käyttöä. Saadut tehokkuusluvut kertovat miten paljon vähemmällä resursseilla tehottomat lukiot olisivat voineet saavuttaa tuloksensa, jos ne olisivat olleet yhtä tehokkaita kuin niiden dominoivat yksiköt.

Seuraavassa esitetään ensin tutkimuksessa käytettyjen kolmen mallin tehokkuusjakaumia (kappale 6.1). Sen jälkeen (kappale 6.2) tarkastellaan jakaumien sisäistä

stabiiliutta eli esimerkiksi sitä, ovatko pelkästään määrällisiä tekijöitä sisältävän mallin tehokkaimmat ja tehottomat lukiot olennaisesti eri lukioita kuin mallissa 3, jossa lukioiden toimintaan vaikuttavat myös laadulliset tekijät. Tämän jälkeen (kappale 6.3) tarkastellaan muuttuvien skaalatuottojen vallitessa laskettujen tehokkuuslukujen tulosten perusteella skaalatehokkuutta. Kappaleessa 6.4 suoritetaan ns. dominoivien yksiköiden tarkastelua eli kuvataan muutamaa monille havaintoaineiston tehottomille lukioille tehokkaana vertailukohtana olevaa lukioita.

6.1 Tehokkuusjakaumat malleittain

Tutkimuksen ensimmäisessä ja yksinkertaisimmassa mallissa 1 oli mukana kaksi panosmuuttujaa ja kaksi tuotosmuuttujaa. Panosmuuttujia olivat opetustuntien määrä ja muiden tuntien määrä viikkotunteina. Tuotosmuuttujina olivat luokalta päässeiden lukumäärä sekä ylioppilaiden määrä. Näin määritellyn mallin perusajatuksen mukaan koulujen tehtävä on tuottaa mahdollisimman paljon luokalta pääseviä oppilaita sekä ylioppilaita. Koulu, joka tekee tämän pienimmillä resurssi-panostuksilla, on mallin mukaan tehokas.

Taulukossa 2 on esitetty kaikkien kolmen mallin tuottamat tulokset sekä vakio- että muuttuvien skaalatuottojen vallitessa.¹³ Mallissa 1 lukioiden tehokkuusprosentit vaihtelivat vakioskaalatuottojen vallitessa 17 prosentin ja 100 prosentin välillä. Tehokkuuslukujen keskiarvo oli noin 66 prosenttia eli tämän mallin mukaan lukiot olisivat voineet tuottaa tuotoksensa käyttäen keskimäärin 66 prosenttia niistä panoksista, jotka ne todellisuudessa käyttivät. Tehokkuuden keskihajonta oli 12,5 prosenttiyksikköä mallissa 1. Tehokkuusrintaman muodosti tässä mallissa neljä lukiota, mikä on 1,4 prosenttia tarkastelun alaisista lukioista. Tehokkuusrintamalla olleet neljä lukiota eivät toimineet dominoivina yksiköinä ainoastaan itselleen vaan usealle tehottomalle lukiolle. Täten yksikään tehokas lukio ei ollut panos- ja tuotosrakenteeltaan eli tuotantoteknologiaaltaan olennaisesti muista poikkeava.

Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa mallin 1 antama lukioiden tehokkuus vaihteli noin 41 prosentin ja 100 prosentin välillä keskiarvon ollessa noin 72 prosenttia. Keskimääräinen tehokkuus oli siten kuusi prosenttiyksikköä korkeampi kuin vakioskaalatuottojen vallitessa. Tehokkuuden keskihajonta oli samansuuruinen kuin mallissa 1 vakioskaalatuottojen vallitessa. Tehokkuusrintaman muodosti 17

¹³Tehokkuuslaskelmat on tehty Warwickin yliopiston DEA-ohjelmalla.

lukiota (5,8 prosenttia kaikista mukana olleista), joista jokainen toimi dominoivana yksikkönä myös muille kuin itselleen.

Kun tehokkuutta mitataan käyttäen mallin 1 muuttujia, ovat tehokkuuserot suuria. Useissa lukioissa panosten käyttö olisi voinut olla toteutuneeseen panosten käyttöön nähden puolet pienempää riippumatta siitä, vallitsevatko tuotannossa vakio- vai muuttuvat skaalatuotot.¹⁴

Malliin 2 oli panokseksi lisätty lukion sisäänpääsyraja. Ajatuksena oli, että lukioiden tehtävänä olisi edelleenkin tuottaa luokalta päässeitä ja ylioppilaita mahdollisimman pienin resurssipanostuksin. Tässä mallissa otetaan lisäksi huomioon se, että lukioiden oppilasaines vaihtelee ja sillä on vaikutusta muiden resurssien käytön määrään. Mallissa 2 nousi tehokkuuden keskiarvo 77 prosenttiin vakioskaalatuottojen vallitessa. Muuttujan lisäys johti toisin sanoen noin 11 prosenttiyksikön suuruiseen keskimääräisen tehokkuuden kasvuun. Tehokkuuden keskihajonta pieneni malliin 1 verrattuna noin kaksi prosenttiyksikköä. Tehokkuus vaihteli 38 prosentista 100 prosenttiin. Tehokkaita yksiköitä oli tässä mallissa 9, mikä vastaa 3,1 prosentin osuutta mukana olleista lukioista. Tehokkuusrintamalla oli kaksi lukiota, jotka toimivat dominoivina yksiköinä ainoastaan itselleen.

Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa mallin 2 antama keskimääräinen tehokkuus nousi 80 prosenttiin. Keskihajonta pieneni kaksi prosenttiyksikköä. Tehokkuus vaihteli noin 49 prosentista 100 prosenttiin. Sadan prosentin tehokkuuteen ylittäneitä lukioita oli 22, mikä on vajaat 8 prosenttia kaikista lukioista. Tehokkuusrintamalla olleista lukioista kaksi oli sellaisia, että ne eivät olleet dominoivia yksiköitä muille kuin itselleen. Nämä lukiot eivät kuitenkaan olleet samoja kuin vakioskaalatuottojen vallitessa vain itselleen dominoivina olleet kaksi lukiota. Edelleen tehokkuuserot eri lukioiden välillä olivat kuitenkin suuria.

¹⁴Sovellettaessa DEA-menetelmää tuloksena saadaan kullekin tehottomalle koululle panosten käytön tavoitearvot eli minimipanosmäärät, joilla toteutunut tuotos olisi pitänyt pystyä tuottamaan. Niitä voidaan verrata koulukohtaisesti toteutuneeseen panoskäyttöön. Tällaista tarkastelua ei ole tässä työssä tehty edes esimerkinomaisesti, mutta menettely tulee ajankohtaiseksi, jos DEA-menetelmällä saatuja tuloksia käytetään tehottomien lukioiden ja niitä dominoivien yksiköiden yksityiskohtaisessa vertailussa.

Taulukko 2. Mallien 1, 2 ja 3 tehokkuuslukujen keskiarvot, keskihajonnat, minimit, maksimit ja tehokkaiden lukioiden osuus kaikista lukioista.

	Malli 1		Malli 2		Malli 3	
	vakioiset skaala- tuotot	muuttuvat skaala- tuotot	vakioiset skaala- tuotot	muuttuvat skaala- tuotot	vakioiset skaala- tuotot	muuttuvat skaala- tuotot
Keskiarvo	66,26	72,23	77,48	80,00	81,89	84,12
Keskihajonta	12,50	12,68	10,26	10,45	11,00	10,70
Minimi	16,99	40,61	38,14	49,03	43,82	58,40
Maksimi	100	100	100	100	100	100
Tehokkaiden lukioiden %-osuus	1,4	5,8	3,1	7,6	10,0	16,5

Mallissa 3 on mallia 2 laajennettu ottamalla huomioon myös panoksiin ja tuotoksiin liittyviä laadullisia tekijöitä. Malliin on tuotosmuuttujiksi lisätty ylioppilaiden laatua kuvaava pakollisten aineiden puoltoäänten määrä ja ylimääräisten aineiden puoltoäänten määrä. Panoksiksi lisättyjen muuttujien avulla pyritään ottamaan huomioon koulujen merkittävimmän resurssin eli opettajakunnan laatueroja. Niitä mitataan opettajien opetuskokemusta ja koulutustasoa kuvaavilla muuttujilla.

Mallin 3 keskimääräinen tehokkuus oli vajaat 82 prosenttia eli neljän uuden muuttujan lisääminen malliin johti tehokkuuden keskiarvon nousuun vajaalla neljällä prosenttiyksiköllä vakioskaalatuottojen vallitessa. Keskimääräisen tehokkuuden kasvu oli pienempi kuin lisättäessä malliin 1 lukion sisäänpääsyraja. Heikoimman lukion tehokkuus oli tässä mallissa vajaat 44 prosenttia. Sadan prosentin tehokkuuteen yltäneitä lukioita oli puolestaan 29, mikä oli 10 prosenttia koko aineistosta. Mallin tehokkaista lukioista kuusi oli sellaisia, että ne eivät olleet dominoivia yksiköitä millekään tehottomalle lukiolle.

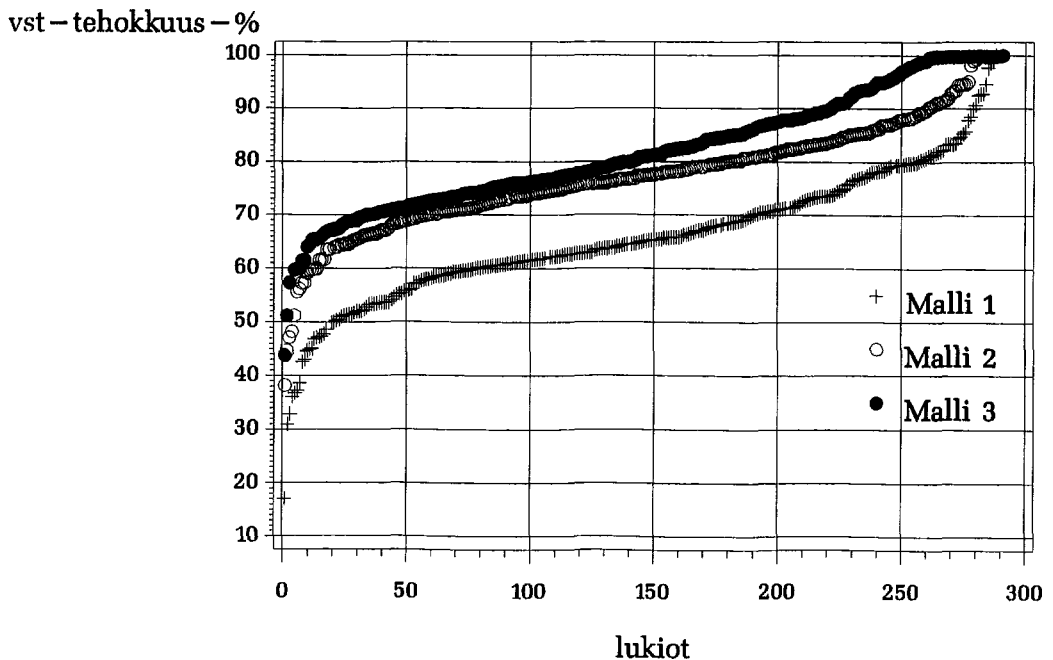
Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa mallin 3 antamien tehokkuuslukujen keskiarvo nousi vajaaseen 82 prosenttiin. Tehokkuuden keskihajonta pysyi lähes muuttumattomana. Alhaisimmillaan tehokkuus oli noin 58 prosenttia. Sataprosenttisesti tehokkaita lukioita tässä vaihtoehdossa oli 48, mikä oli vajaat 17 prosenttia tarkastelun alaisista lukioista. Tehokkaista lukioista kahdeksan ei ollut dominoivana yksikkönä millekään tehottomalle lukiolle. Nämä olivat kaikki eri lukioita

kuin vakioskaalatuottojen vallitessa saadut vain itselleen dominoivina yksiköinä olleet lukiot.

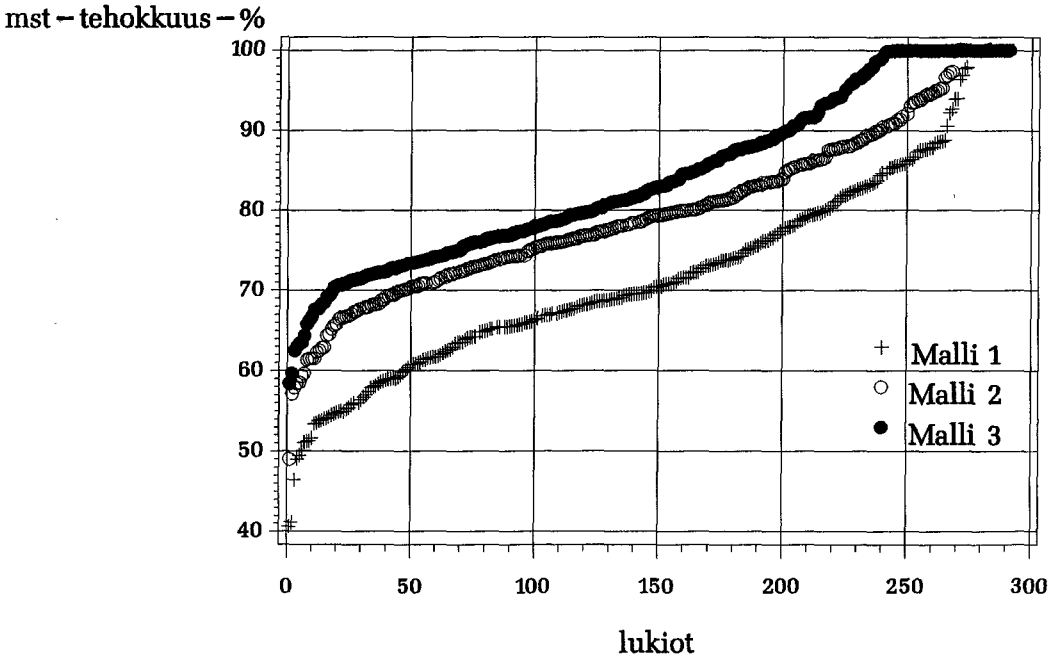
Mitattiinpa lukioiden tehokkuutta joko mallilla, jossa on panoksena vain koulun opettajien käyttämä työpanostus ja tuotoksena koulusta valmistuneiden ja luokalta päässeiden määrät tai mallilla, jossa on otettu sekä panostuksessa että tuotoksessa huomioon myös laadullisia tekijöitä, ovat tehokkuuserot melko suuria eri koulujen välillä. Vaikka suhteellisen moni tekijä on otettu huomioon, löytyy tämänkin jälkeen lukioita, joiden olisi pitänyt pystyä tuottamaan sama tuotos melkein puolet pienemmällä panostuksella. Taulukon 2 keskiarvoista nähdään myös, että etenkin mallissa 2 ja mallissa 3 vakioskaalatuottojen ja muuttuvien skaalatuottojen vallitessa laskettujen tehokkuuslukujen keskiarvot ovat lähellä toisiaan, mikä merkitsee sitä, että nämä kaksi tehokkuusrintamaa kulkevat lähekkäin.

Keskiarvotarkastelujen lisäksi DEA-menetelmän avulla saatuja tehokkuusjakaumia voidaan havainnollistaa kuvioiden 11a ja 11b avulla. Niissä on esitetty kunkin mallin tehokkuusjakaumat sekä vakio- että muuttuvien skaalatuottojen vallitessa siten, että yksiköt on ensin järjestetty järjestykseen niiden tehokkuusluvun suuruuden mukaan pienimmästä suurimpaan. Vaaka-akselilla on kukin lukio ja pystyakselilla tehokkuusluvun suuruus. Kuvion ympyrät ja ristit kuvaavat lukioita.

Kuvio 11a. Mallien 1, 2 ja 3 tehokkuuslukujen jakaumat lukioittain vakioskaalatuottojen vallitessa.



Kuvio 11b. Mallien 1, 2 ja 3 tehokkuuslukujen jakaumat lukioittain muuttuvien skaalatuottojen vallitessa.



Kuvioista 11a nähdään, että oletettaessa vakioskaalatuotot erityisesti mallin 1 ja mallin 2 tehokkuusjakaumat poikkeavat selvästi toisistaan. Mallin 2 tehokkuusjakauma kulkee selvästi mallin 1 tehokkuusjakauman yläpuolella. Sen sijaan mallin 2 ja mallin 3 jakaumat ovat lähempänä toisiaan. Myös muuttuvien skaalatuottojen vallitessa mallin 1 tehokkuusjakauma kulkee selvästi mallin 2 ja mallin 3 tehokkuusjakaumien alapuolella ja mallin 2 ja mallin 3 jakaumat ovat lähellä toisiaan. Laadullisten tekijöiden huomioon ottaminen ei toisin sanoen muuttanut käsitystä lukioiden tehokkuuseroista kovin paljoa, mutta se saattoi muuttaa lukioiden asemaa tehokkuusjakauman sisällä, mihin palataan kappaleessa 6.2.

Kuvioista 11a ja 11b nähdään myös, että mallissa 1 vakioskaalatuottojen vallitessa puolella lukioista tehokkuusluku oli alle 65 prosenttia. Malleissa 2 ja 3 puolella lukioista tehokkuusluku oli alle 80 prosenttia eli näiden lukioiden olisi pitänyt tuottaa sama tuotos vähemmällä kuin 80 prosentilla toteutuneesta panosten käytöstä. Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa mallissa 1 puolella lukioista tehokkuusluku oli alle 70 prosenttia ja mallissa 3 puolet lukioista oli sellaisia, että niiden tehokkuusluku oli alle 85 prosenttia.

6.2 Tehokkuusjakaumien sisäinen stabiilius eri mallien kesken

Tehokkuusjakaumien muutosten lisäksi tarkastellaan sitä, kuinka lukioiden keskinäinen tehokkuusjärjestys muuttuu siirryttäessä mallista toiseen. Seuraavassa kuvataan lukioiden keskinäisen tehokkuusjärjestyksen muutosta Spearmanin järjestykskorrelaatiokertoimen avulla. Se mittaa tässä lukioiden tehokkuuslukujen mukaisen suuruusjärjestyksen samankaltaisuutta eri mallien välillä. Jos järjestykskorrelaatiokertoimen arvo on +1,0 suuruusjärjestykset ovat täsmälleen samat ja ko. arvon ollessa -1,0 järjestykset ovat täsmälleen käänteiset. Arvon ollessa 0 järjestyksillä ei ole tilastollista yhteyttä.

Taulukko 3. Spearmanin järjestykskorrelaatiokertoimet eri mallien välillä vakioskaalatuottojen vallitessa.¹⁵

	Malli 1	Malli 2	Malli 3
Malli 1	1,00		
Malli 2	0,86	1,00	
Malli 3	0,70	0,81	1,00

Taulukon 3 järjestykskorrelaatiokertoimet perustuvat vakioskaalatuotto-oletuksella laadittuihin malleihin. Tulosten mukaan järjestyksen muutokset eivät ole kovin suuria, sillä ko. korrelaatiokertoimet ovat positiivisia ja melko lähellä ykköstä. Mallien 1 ja 3 tehokkuuslukujen mukaisissa järjestyksissä on hieman enemmän eroa, mutta järjestykskorrelaatio on edelleen vahvasti positiivinen (+0.70). Näin ollen lukiot, jotka olivat tehokkaassa päässä mallissa 1 ovat useimmiten siellä myös malleissa 2 ja 3.

Tehokkuusluvun suuruuden perusteella tapahtuvia järjestyksen muutoksia havainnollistetaan myös frekvenssitaulukon avulla. Taulukossa 4 on mallin 1 ja mallin 3 tehokkuuslukujen jakaumiin perustuva lukioiden lukumäärän frekvenssitaulukko vakioskaalatuottojen vallitessa. Siinä lukiot on jaettu neljään ryhmään (kvartiiliin) niiden tehokkuusluvun suuruuden mukaan. Kussakin ryhmässä on 73 (yhdessä 72) lukiota. Taulukosta nähdään, miten sijoittuvat esimerkiksi ne lukiot mallissa 3,

¹⁵Tehokkuusluvun ollessa useammalla kuin yhdellä lukiolla sama, järjestykskorrelaatiokertoimen laskemisessa on käytetty näiden lukioiden järjestykslukujen keskiarvoa.

jotka mallissa 1 ovat tehokkuuslukunsa suuruuden perusteella kuuluneet alimpaan eli ensimmäiseen neljännekseen.¹⁶

Taulukko 4. Mallin 1 ja mallin 3 tulosten stabiiliutta kuvaava frekvenssitaulukko vakioskaalatuottojen vallitessa. Suluissa olevat luvut kuvaavat tehokkuuslukujen vaihteluväliä kyseisessä neljänneksessä.

Malli	I neljännes	II neljännes	III neljännes	IV neljännes	Yhteensä
3/ Malli 1	(38,14-70,96)	(71,07-77,37)	(77,49-83,45)	(83,47-100)	
I neljännes	51	11	5	6	73
(16,99-59,56)	17,53	3,78	1,72	2,06	25,09
II neljännes	18	33	16	6	73
(59,58-65,10)	6,19	11,34	5,50	2,06	25,09
III neljännes	4	28	30	11	73
(65,14-73,57)	1,37	9,62	10,31	3,78	25,09
IV neljännes	0	1	22	49	72
(73,58-100)	0,00	0,34	7,56	16,84	24,74
Yhteensä	73	73	73	72	291
	25,09	25,09	25,09	24,74	100,00

Taulukon 4 perusteella niistä 73 yksiköistä, jotka kuuluivat mallissa 1 tehottomimpaan neljännekseen 51 lukiota oli siellä myös mallissa 3. Ylempiin neljänneksiin nousee 22 lukiota. Suurempia muutoksia tapahtuu niiden lukioiden osalta, jotka ovat mallissa 1 toisessa tai kolmannessa neljänneksessä. Niistä 73 lukiosta, jotka mallissa 1 olivat toisessa neljänneksessä 33 on toisessa neljänneksessä myös mallissa 3. Loput 40 lukiota muuttavat sijaintiaan. Vielä suurempia muutoksia tapahtuu niiden lukioiden osalta, jotka mallissa 1 ovat kolmannessa neljänneksessä. Näistä 11 siirtyy ylimpään neljännekseen ja 28 toiseen neljännekseen. Mallissa 1 ylimmässä neljänneksessä olleista 72 lukiosta 49 on ylimmässä neljänneksessä myös mallissa 3.

¹⁶Mallien 1 ja 2 sekä mallien 2 ja 3 tulosten stabiiliutta kuvaavat frekvenssitaulukot vakioskaalatuottojen vallitessa ovat liitteessä 4.

Mallin 1 ja mallin 3 välillä tapahtuvat muutokset tapahtuvat suurimmaksi osaksi niiden lukioiden kohdalla, jotka kuuluvat mallissa 1 toiseen tai kolmanteen neljännekseen ääripäiden ollessa suhteellisen pysyviä. Tämä tarkoittaa sitä, että siirryttäessä yksinkertaisesta määrällistä toimintaa mittaavasta mallista monipuolisempaan, myös laadullisia tekijöitä huomioon ottavaan malliin jakauman keskivaiheilla olevat lukiot muuttavat sijaintiaan, mutta tehokkaimmat ja tehottomimmat lukiot pysyvät paljolti samoina.

Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tehokkuuslukujen mukaisten järjestysten muutokset eri mallien välillä ovat hyvin samanlaisia kuin vakioskaalatuottojenkin vallitessa. Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet eri mallien tuottamien järjestysten välillä ovat lukuarvoiltaan hyvin samansuuruiset taulukoissa 4 ja 5. Mallin 1 ja mallin 3 väliset järjestyksen muutokset ovat suurimmat järjestyskorrelaatiokertoimen ollessa 0,71.

Taulukko 5. Spearmanin korrelaatiokertoimet eri mallien välillä muuttuvien skaalatuottojen vallitessa.

	Malli 1	Malli 2	Malli 3
Malli 1	1,00		
Malli 2	0,86	1,00	
Malli 3	0,71	0,84	1,00

Taulukossa 6 on esitetty mallin 1 ja mallin 3 tulosten pohjalta muodostettu vastaavanlainen frekvenssitaulukko muuttuvien skaalatuottojen vallitessa laske-
tuista tehokkuusluvusta kuin edellä taulukko 4.¹⁷

¹⁷Mallien 1 ja 2 sekä mallien 2 ja 3 tulosten stabiiliutta kuvaavat frekvenssitaulukot muuttuvien skaalatuottojen vallitessa ovat liitteessä 5.

Taulukko 6. Mallin 1 ja mallin 3 tulosten stabiiliutta kuvaava frekvenssitaulukko vakioskaalatuottojen vallitessa. Suluissa olevat luvut kuvaavat tehokkuuslukujen vaihteluväliä kyseisessä neljänneksessä.

Malli 3/ Malli 1	I neljännes (58,40-75,78)	II neljännes (75,83-82,57)	III neljännes (82,64-93,54)	IV neljännes (93,95-100)	Yhteensä
I neljännes (40,61-64,09)	45 15,46	16 5,50	4 1,37	8 2,75	73 25,09
II neljännes (64,18-69,84)	25 8,59	27 9,28	12 4,12	9 3,09	73 25,09
III neljännes (69,91-80,26)	3 1,03	30 10,31	32 11,00	8 2,75	73 25,09
IV neljännes (80,62-100)	0 0,00	0 0,00	25 8,59	47 16,15	72 24,74
Yhteensä	73 25,09	73 25,09	73 25,09	72 24,74	291 100,00

Niistä 73 yksiköistä, jotka mallissa 1 olivat alimmassa eli ensimmäisessä neljänneksessä tehokkuuslukunsa perusteella 45 kuului tähän neljännekseen edelleen mallissa 3. Muut 28 lukiota olivat siirtyneet ylempiin neljänneksiin. Mallissa 1 toisessa neljänneksessä olleista 73 yksiköstä ainoastaan 27 oli edelleen mallissa 3 toisessa neljänneksessä. Peräti 25 yksikköä oli siirtynyt mallissa 3 ensimmäiseen eli alhaisimpaan neljännekseen. Vastaavalla tavalla myös mallin 1 kolmannen neljänneksen yksiköt hajautuivat useasti mallissa 3 muihin neljänneksiin ja erityisesti yhtä alempaan eli toiseen neljännekseen, jonne siirtyy 30 yksikköä. Pysyvin muuttuvien skaalatuottojen oletuksen vallitessa oli mallissa 1 korkeimpaan eli neljänteen neljännekseen kuuluvien 73 yksikön ryhmä. Näistä yksiköistä 47 oli myös mallissa 3 tehokkuuslukunsa perusteella korkeimmassa neljänneksessä.

Edellä esitettyjen stabiilisuustarkastelujen perusteella nähdään, että lukioiden suhteellinen asema tehokkuusjakauman sisällä muuttuu, kun panos- ja tuotosmuuttujien lukumäärä kasvaa yksipuolisesta määrällisiä tekijöitä mittaavasta mallista monipuolisemmaksi, myös laadullisia tekijöitä huomioon ottavaksi malliksi. Liian yksipuolinen arviointi johtaa siten ainakin osin harhapäätelmiin. Toisaalta saatujen tulosten perusteella näyttää siltä, että mitattiinpa tehokkuutta millä mallilla hyvänsä, tehokkaiden lukioiden joukko on suhteellisen pysyvä. Ne harvat ääripäästä

toiseen siirtyvät lukiot ovat mielenkiintoisia erillistarkastelujen kohteita, mitä tässä ei kuitenkaan ryhdytä suorittamaan.

6.3 Lukioiden skaalatehokkuus

Oletettaessa vakioiset skaalatuotot tehokkuusluku kuvasi samalla sekä toiminnan laajuudesta (skaalatehokkuus) johtuvaa tehokkuutta että ns. teknistä tehokkuutta. Tällöin tehokkaiksi yksiköiksi DEA-menetelmän kautta määräytyvät yksiköt toimivat sekä kokonsa (skaalansa) että organisointinsa (panossuhteidensa) puolesta tehokkaasti.

Oletettaessa, että tuotantoteknologiassa vallitsee muuttuvat skaalatuotot tehokkuusrintama muodostuu joustavammin siten, että se taipuu panosmääriä lisättäessä ennen pitkää (optimiskaalan jälkeen) väheneviä skaalatuottoja merkitsevällä tavalla (ks. kuvio 2, s. 10). Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa laskettu tehokkuusluku kuvaa ainoastaan teknistä tehokkuutta. Luku kertoo sen, kuinka paljon yksiköt voivat tehostaa toimintaansa nykyisen kokoisina, eli kuinka paljon vähemmällä resursseilla nykyinen tuotos olisi ollut saatavissa aikaan. Teknisen tehokkuuden käsitteen rinnalle muuttuvien skaalatuottojen vallitessa voidaan laskea tunnusluku kunkin yksikön skaalatehokkuudelle. Se mittaa sitä, kuinka paljon tarkasteltava yksikkö poikkeaa edullisimmasta toimipaikkakoosta.

Mikäli toiminnan koon puolesta joku tai jotkut suurimmat toimipaikat ovat vakioskaalatuottojen vallitessa tehokkaita määräten tehokkuusrintaman kulkua merkitsee se, että suurtuotannon haittoja ei ainakaan tehokkaimpien yksiköiden osalta esiinny. Tällöin tehokkuusrintamakaan ei taivu suurten toimipaikkojen päässä muuttuvien skaalatuottojen vallitessa. Mikäli tällaisessa havaintojoukossa pienten toimipaikkojen teknisesti tehokkaimmatkin yksiköt jäävät huomattavasti vst-tehokkuusrintaman alapuolelle, tämä osoittaa että pienestä toiminnan mittakaavasta on haittaa ja toimipaikan koko on epäedullisen pieni.

Taulukossa 6 on esitetty kunkin tehokkuuden arvioinnissa käytetyn mallin keskimääräinen skaalatehokkuus, skaalatehokkuuden hajonta, minimi ja maksimi sekä nousevien, laskevien ja vakioisten skaalatuottojen alueella olevien yksiköiden lukumäärä ja skaalatehokkuuden keskiarvo.

Taulukko 7. Lukioiden keskimääräinen skaalatehokkuus malleissa 1, 2 ja 3.

	Malli 1	Malli 2	Malli 3
Koko aineisto			
• Keskiarvo	91,72	96,97	97,37
• Keskihajonta	7,35	5,25	4,60
• Minimi	41,29	54,45	53,95
• Maksimi	100	100	100
Nousevat skaalatuotot			
• lkm (%)	69 (23,7)	171 (58,8)	182 (62,5)
• keskiarvo	87,61	97,28	96,92
• minimi	41,29	54,46	53,95
• maksimi	100	99,97	99,99
laskevat skaalatuotot			
• lkm (%)	218 (74,9)	111 (38,1)	80 (27,5)
• keskiarvo	92,87	96,25	97,43
• minimi	70,68	80,58	82,38
• maksimi	99,97	99,99	100
Vakioskaalatuotot			
• lkm (%)	4 (1,4)	9 (3,1)	29 (10)

Taulukosta 7 nähdään, että keskimääräinen skaalatehokkuus oli kaikissa malleissa korkea. Mallissa 1 keskimääräinen skaalatehokkuus oli vähän alhaisempi kuin malleissa 2 ja 3, joissa se oli lähes yhtä suuri. Skaalatehokkuuden keskihajonta oli mallissa 1 muutaman prosenttiyksikön suurempi kuin malleissa 2 ja 3. Skaalatehokkuus vaihteli noin 41 prosentista 100 prosenttiin mallissa 1. Malleissa 2 ja 3 vaihteluväli oli jonkin verran pienempi minimiarvon ollessa molemmissa malleissa noin 54 prosenttia.

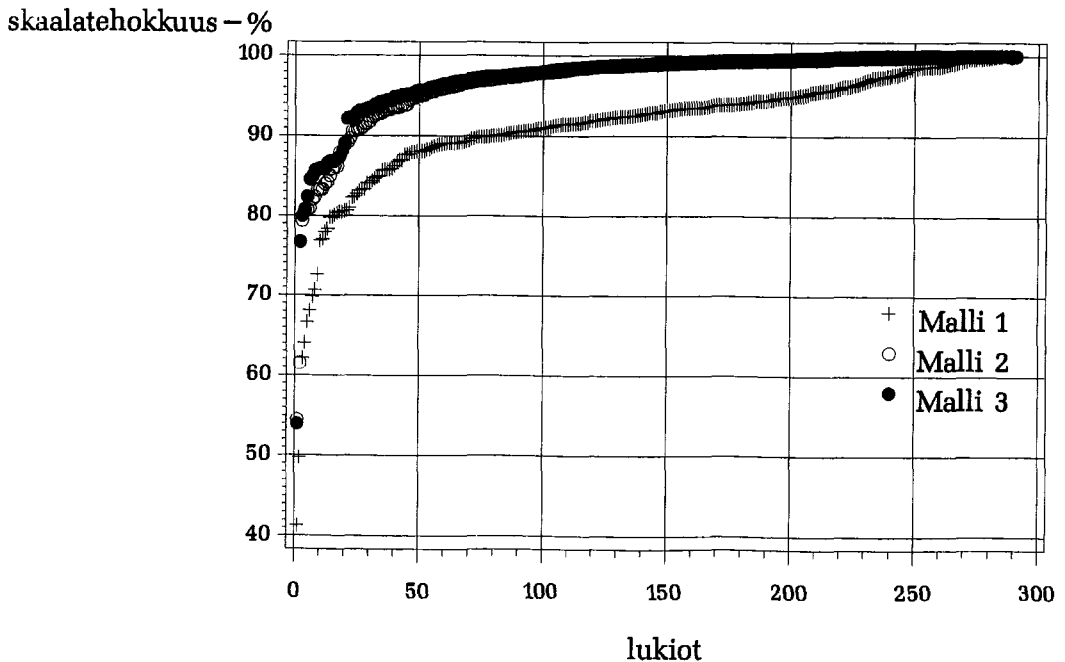
Taulukosta 7 nähdään myös se, että mallissa 1 laskevien skaalatuottojen alueella oli runsaat kaksi kolmasosaa kaikista lukioista kun taas nousevien skaalatuottojen alueella oli kolmasosa lukioista. Mallissa 3 laskevien skaalatuottojen alueella oli enää vajaa kolmasosa lukioista kun taas nousevien skaalatuottojen alueella määrä oli kaksi kolmasosaa. Mallissa 1 nousevien skaalatuottojen alueella olleiden lukioiden keskimääräinen skaalatehokkuus on noin 5 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin laskevien skaalatuottojen alueella olevien lukioiden keskimääräinen skaalate-

hokkuus. Mallissa 3 keskimääräinen skaalatehokkuus oli lähes yhtä suuri molemmissa ryhmissä eli erot tasoittuvat.

Kaikkien eri mallien korkea skaalatehokkuus viittaa siihen, että lukiot eivät yleisesti ottaen voi tehostaa toimintaansa kovin paljoa muuttamalla toiminnan kokoa, vaan tehostamalla resurssiensa käyttöä. Muuttujakoostumukseltaan laajimman mallin 3 perusteella skaalaltaan epäoptimaaliset lukiot ovat useammassa tapauksessa liian pieniä kuin liian suuria. Kuten edellä huomattiin, skaalatehokkuutta koskevat tulokset näyttävät tältä osin olevan herkkiä muuttujien muutoksille, joten johtopäätösten tekemisessä on oltava varovainen.

Kuviossa 12 on esitetty eri mallien skaalatehokkuuslukujen jakaumat siten, että lukiot on järjestetty paremmuusjärjestykseen niiden skaalatehokkuusluvun suuruuden mukaan. Kuvioista nähdään, että lukioiden skaalatehokkuus on alhaisin mallissa 1. Mallien 2 ja 3 skaalatehokkuusjakauma kulkee selvästi mallin 1 jakauman yläpuolella. Mallin 2 ja mallin 3 skaalatehokkuusjakaumat ovat puolestaan lähes samanlaiset.

Kuvio 12. Lukioiden skaalatehokkuuksien jakaumat malleissa 1, 2 ja 3.



6.4 Dominoivien yksiköiden tarkastelua

DEA-menetelmä laskee kullekin tehottomalle yksikölle tehokkuusluvun vertaamalla sitä yhteen tai useampaan tehokkaaseen (ns. dominoivaan) yksikköön, jolla on samanlainen tuotantoteknologia. Seuraavaksi luonnehditaan esimerkinomaisesti joitakin tehokkaita lukioita, jotka ovat olleet vertailukohtana monesti useammassa mallissa. Näin saadaan konkreettinen kuva siitä, millaisia ja samalla miten erilaisia analyysin tuottamat tehokkaat lukiot voivat olla.¹⁸

Korostettakoon, että dominoivia yksikköjä ei tässä esitellä sitä varten, että niiden vertaaminen keskenään olisi erityisen hyödyllistä. Sitä vastoin niitä kannattaa verrata dominoimiinsa lukioihin, eli tehottomiin yksiköihin, joiden panosrakenne on samankaltainen. Näin menetellen on mahdollista saada lisätietoa siitä, miten tehokkaat ja tehottomat yksiköt poikkeavat toisistaan ja toisaalta voidaan selvittää löytyykö tehokkuuserolle jokin selitys, jonka perusteella tehottomat yksiköt voisivat ottaa oppia dominoivien yksiköiden toiminnasta.

Kaikissa kolmessa mallissa usein dominoivana yksikkönä oli lukio Uudeltamaalta. Se oli tarkastelujaksolla keskimäärin yksisarjainen ja oppilaita siellä oli noin 100. Tässä lukiossa opetetaan kaikki välttämätön kun taas valinnaisten aineiden määrä on alle keskimääräisen. Siellä oli oppilasmäärään nähden suhteellisen vähän luokkaopetuksen tunteja samoin kuin opettajille muista tehtävistä kertyviä tunteja. Tässä lukiossa oli mahdollista lukea a- ja b-kielinä kunakin yhtä kieltä ja c- ja d-kielinä kahta kieltä. Valinnaisina aineina koulussa on fysiikka, psykologia ja tietotekniikka. Sen oppilaat olivat suoriutuneet suhteellisen hyvin ylioppilaskirjoituksista yleisarvosanan keskiarvon ollessa 4,73 keväällä 1991. Kandidaatintutkinnon suorittaneiden osuus opettajista oli suunnilleen yhtä suuri kuin koko aineiston keskiarvo. Tämän lukion opettajien opetuskokemus oli koko aineiston keskiarvoa korkeampi.

Toinen lukio, joka usein esiintyi tehottomien yksiköiden dominoivissa ryhmissä oli ruotsinkielinen lukio pääkaupunkiseudulta. Se oli 100 prosenttisesti tehokas kaikissa muissa malleissa paitsi mallissa 1 olettaessa vakioskaalatuotot. Tässä lukiossa oli oppilaita tarkastelujaksolla noin 310 ja se oli keskimäärin kolmisar-

¹⁸Tarkasteltavat lukiot on valittu selvittämällä ensin kuinka monelle lukiolle kukin tehokas yksikkö on dominoivana yksikkönä. Tämä lukumäärä on suhteutettu kaikkien havaintojen dominoivien yksiköiden yhteenlaskettuun kokonaismäärään. Tarkasteltavilla lukioilla on vähintään 10 prosentin osuus ko. kokonaismäärästä lukuunottamatta lukiota 1, jonka osuus oli mallissa 3 muuttuvien skaalatuottojen vallitessa alle 10 prosenttia.

jainen. Myöskään tässä lukiossa ei valinnaisten aineiden määrä ollut suuri. Pitkänä kielenä siellä opetettiin kahta kieltä ja c- ja d-kielinä oli myös kaksi kieltä. Vapaehtoisia aineita oli puolestaan fysiikka, psykologia ja tietotekniikka. Tämän lukion oppilaat ovat suoriutuneet ylioppilaskirjoituksista suhteellisen hyvin keskimääräisen yleisarvosanan ollessa 4,84. Koulun opettajista kandidaatin tutkinnon oli suorittanut keskimääräistä pienempi määrä opettajia ja opettajien keskimääräinen opettajakokemus tässä koulussa oli myös koko aineiston keskiarvon alapuolella.

Kokonsa puolesta kahden edellä kuvaillun lukion välimaastoon sijoittuu kolmas usein dominoivien yksiköiden ryhmissä esiintynyt suomenkielinen lukio pääkaupunkiseudulta. Tämä lukion tehokkuusluku oli 100 prosenttia malleissa 2 ja 3 sekä vakio- että muuttuvien skaalatuottojen vallitessa eli se toimi tehokkaasti otettaessa huomioon koulun oppilasaines. Tässä lukiossa oli oppilaita keskimäärin 200 ja se oli keskimäärin kaksisarjainen. Valinnaisten aineiden määrä oli hieman suurempi kuin kahdessa aikaisemmassa lukiossa. A-kielinä siellä opetettiin kahta kieltä samoin kuin c- ja d-kielinä. Valinnaisina aineina tässä lukiossa oli mahdollista lukea fysiikkaa, kemiaa, biologiaa, psykologiaa ja tietotekniikkaa. Menestys ylioppilaskirjoituksissa oli keskimääräistä heikompaa keskimääräisen yleisarvosanan ollessa 3,86 keväällä 1991. Lukion opettajista oli ylemmän korkeakoulututkinnon suorittanut hieman keskimääräistä pienempi osuus. Opettajakokemus puolestaan oli tässä lukiossa vähän keskimääräistä pidempi. Taulukkoon 8 on koottu edellä käsiteltyjen lukioiden perustietoja.

Useissa malleissa dominoivien yksiköiden ryhmään kuuluvat ja monille tehottomille lukioille dominoivina yksiköinä olevat tehokkaat lukiot ovat kokonsa puolesta erilaisia ja edustavat tavallisimpia yksi-, kaksi- ja kolmisarjaisia lukioita. Ainevalikoima näissä lukioissa oli hieman keskimääräistä pienempi. Menestyminen ylioppilaskirjoituksissa keskimääräisellä yleisarvosanalla mitattuna oli kahdessa lukioista jonkin verran keskiarvoa parempi ja yhdessä lukiossa keskimääräistä huonompi. Ylemmän korkeakoulututkinnon suorittaneiden osuus opettajista oli kahdessa lukiossa keskimääräistä alhaisempi ja yhdessä samaa suuruusluokkaa kuin koko aineiston keskiarvo. Opettajien opetuskokemus oli kahdessa lukiossa hieman keskimääräistä suurempi ja yhdessä alle koko aineiston keskiarvon.

Taulukko 8. Joidenkin dominoivien lukioiden panos- ja suoritustietoja. Suluissa olevat luvut ovat vuosilukuja.

	Lukio 1	Lukio 2	Lukio 3	Aineiston keskiarvo
oppilasmäärä (89-91)	100	313	203	185
luokalta päässeet (89-91)	97	310	197	178
ylioppilaita (kevät-91)	30	82	80	50
yo-yleisarvosana (kevät-91)	4,73	4,84	3,86	4,24
opetustunnit (89-91)	64	237	198	182
muut tunnit (89-91)	8	23	22	21
perusopetusryhmiä (89-91)	3,33	9,7	6,7	6,5
opettajia (89-91)	6	18	15,7	13
opettajien keskim. kokemus (89-91)	5,17	3,3	4,79	4,18
ylemmän korkeakoulututkinnon suorittaneiden osuus opettajista (89-91)	0,83	0,63	0,77	0,85
a-kieli	englanti	englanti suomi	englanti ruotsi	1,3
b-kieli	ruotsi		englanti ruotsi	1,1
c-kieli	saksa ranska	saksa ranska	saksa ranska	2
d-kieli	saksa ranska	saksa ranska	saksa ranska	2,2
valinnaiset aineet	fysiikka (A,B) psykologia tietotekniikka	fysiikka (A) psykologia tietotekniikka	psykologia tietotekniikka biologia fysiikka kemia	4,7
mallit, joissa usein dominoivana yksikkönä	Malli 1-vst Malli 1-mst Malli 2-vst Malli 2-mst Malli 3-vst Malli 3-mst*	Malli 1-mst Malli 2-vst Malli 2-mst Malli 3-vst Malli 3-mst	Malli 2-vst Malli 2-mst Malli 3-vst Malli 3-mst	

Yllä kuvatut kolme lukiota olivat monessa suhteessa erilaisia. Se, että dominoivat yksiköt voivat olla erilaisia ei ole yllättävää. Viitaten luvun 2 kuvioon 3 tehokkuusrintamalla olevat toimipaikat G, H ja D ovat panosrakenteeltaan erilaisia ja voivat olla yksin tai lähellä itseään olevien muiden tehokkaiden yksiköiden kanssa dominoivia yksiköitä origosta katsoen samalla suunnalla oleville (eli panos- ja tuotosrakenteeltaan samanlaisille) tehottomille yksiköille. Tämä kuvastaa sitä, että DEA-menetelmässä toimipaikkoja arvioidaan niiden itsensä kannalta parhaassa valossa siinä mielessä, että vertailukohteina ovat samankaltaiset yksiköt. Kuviossa 3 toimipaikan E dominoivia yksiköitä ovat G ja H, muttei D.

6.5 Tehokkuusluvut ja ylioppilaskirjoitusten arvosanat sekä koulu- ja luokkakoko

Tutkimuksen johdannossa todettiin, että lukioiden toimintaa voidaan arvioida eri näkökulmista ja päätyä hyvinkin erilaisiin koulujen paremmuusjärjestyksiin. Koululaisia ja heidän vanhempiaan kiinnostanevat eniten suorit tiedot: miten hyvin koulussa suoriudutaan ylioppilaskirjoituksista. Budjettiviranomaisia kiinnostaa puolestaan enemmänkin lukioiden resurssien käyttö, esimerkiksi kustannukset oppilasta kohti. Tässä tutkimuksessa arvioinnin kriteerinä on ollut tehokkuus määriteltynä tuotosten suhteena käytettyihin panoksiin. Sen perusteella suoritteitaan heikko koulu voi olla tehokas, kun sen vaatimattomat resurssit otetaan huomioon. Toisaalta suoritetasoltaan hyvä koulu saattaa sittenkin olla tehoton; hyvät resurssit huomioon ottaen suoritustaso olisi voinut olla vielä parempi.

Tässä kappaleessa esitetään jakaumakuvia, joiden perusteella nähdään pelkän suorit tiedon ja tehokkuuden ero. Suorit tietona käytetään lukion oppilaiden keskimääräistä yleisarvosanaa, joka yksittäisenä mittarina kuvaa DEA-analyseissä käytettyä pakollisten aineiden keskiarvoa paremmin saavutettua suoritetasoa. Tämän lisäksi tarkastellaan lukioiden saamien tehokkuuslukujen suhdetta niiden toimintaa kuvaaviin koulukoko ja luokkakoko -muuttujiin. Koulukokoa mitataan lukioiden oppilasmäärällä. Luokkakoosta ei ole käytettävissä suoraa tietoa, joten sitä mitataan oppilaiden määrällä suhteessa opettajien virkojen määrään. Tässä kappaleessa esitetään pelkästään mallin 3 tehokkuuslukuja, jotka on laskettu vakioskaalatuottojen vallitessa.

Huomattakoon, että koulu- ja luokkakoko -muuttujat eivät sellaisinaan sisältyneet DEA-analyysiin. Panoksista koulun kokoon liittyviä muuttujia olivat opetus- ja

muiden tuntien määrät ja tuotoksista ylioppilaiden ja luokalta päässeiden lukumäärät. Toiminnan mittakaavan kanssa yhteydessä olevia muuttujia oli useampiakin, koska muuttujat olivat kunkin mitattavan tekijän osalta kertymiä eikä niitä oltu suhteutettu esimerkiksi oppilaiden tai opettajien määriin.

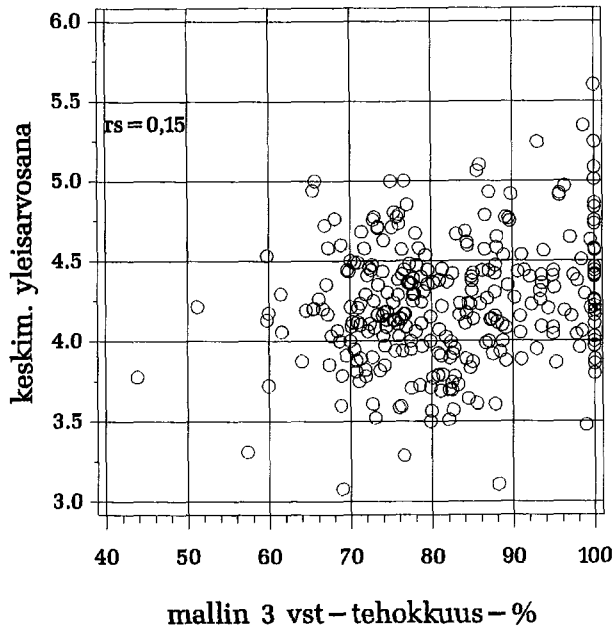
Keskimääräinen yleisarvosana ja tehokkuusluku

Kuviossa 13 tarkastellaan lukioita ylioppilaskirjoitusten keskimääräisen yleisarvosanan (pystyakselilla) ja tehokkuusluvun (vaaka-akselilla) perusteella. Siitä käy ilmi, että lukioiden paremmuusjärjestys on erilainen riippuen siitä, käytetäänkö mittarina pelkkää ylioppilaskirjoituksissa menestymistä vai mitataanko tehokkuutta eli tuotoksia suhteessa panosten käyttöön. Tehokkaiden yksiköiden joukosta löytyy sekä erittäin hyvin ylioppilaskirjoituksissa menestyneitä lukioita että lukioita, joiden oppilaat ovat saaneet alhaisia arvosanoja.

Huonoimmillaan yleisarvosana on ollut noin 3,80 eli alle cum laude approbaturin ja silti lukio on ollut tehokas. Toisaalta kaikki keskimääräisen yleisarvosanan perusteella hyvät lukiot eivät olleet tehokkaita. Esimerkiksi lukuarvon 5 eli magna cum laude approbaturin saaneiden lukioiden joukossa oli koulu, jonka tehokkuus oli vain 70 prosenttia. Toisaalta yksi saman arvosanan koulu oli täysin tehokas. Aineistosta löytyy myös useita näiden kahden pisteen välillä olevia lukioita. Vastaavasti esimerkiksi tehokkuudeltaan 90 prosenttisten lukioiden joukossa on sekä hyvän että huonon keskimääräisen yleisarvosanan lukioita.

Keskimääräisen yleisarvosanan ja mallin 3 vst-tehokkuusluvun mukaisen järjestyksen välinen Spearmanin järjestyskorrelaatio oli positiivinen ja suuruudeltaan 0,15. Korrelaation alhaisuus osoittaa, kuinka arveluttavaa olisi vetää lukioiden hyvyttä koskevia johtopäätöksiä yksittäisen suoritemitan perusteella.

Kuvio 13. Mallin 3 vst-tehokkuuden ja ylioppilaskirjoitusten keskimääräisen yleisarvosanan yhteisjakauma.



Taulukosta 9 nähdään tarkemmin, kuinka erilaisia ylioppilaskirjoituksissa yleisarvosanan perusteella hyvin ja huonosti menestyneet koulut voivat olla tehokkuudeltaan. Yleisarvosanaltaan 30 parhaan lukion joukossa on seitsemän tehokasta koulua, mutta mukana on yhtä monta tehokkuusluvun mukaisen sijaluvun 200 ylittävää koulua. Vastaavasti yleisarvosanaltaan 30 heikoimman koulun joukossa tehokkuusluvun mukaiset järjestysluvut vaihtelevat, mutta vain muutama koulu kuuluu tehokkuudeltaan 100 parhaan joukkoon.

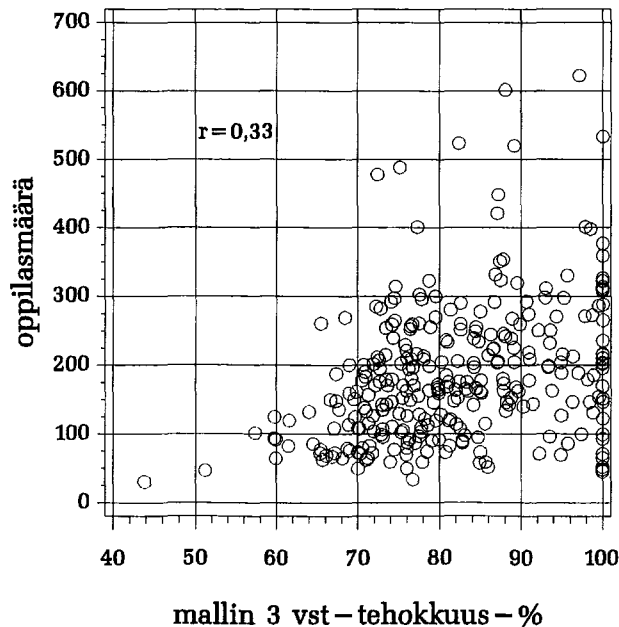
Taulukko 9. Keskimääräiseltä yleisarvosanaltaan 30 heikoimman ja parhaimman lukion keskimääräinen yleisarvosana, mallin 3 vst-tehokkuusluku ja tehokkuusluvun mukaisen paremmuusjärjestyksen sijaanumero.

30 YLEISARVOSANALTAAN HEIKOINTA			30 YLEISARVOSANALTAAN PARASTA		
keskimääräinen yleisarvosana	mallin 3 vst-tehokkuusluku	tehokkuusluvun muk. järjestysluku	keskimääräinen yleisarvosana	mallin 3 vst-tehokkuusluku	tehokkuusluvun muk. järjestysluku
3.08	69.00	262	4.75	100.00	1
3.11	88.17	82	4.76	72.84	229
3.29	76.57	187	4.76	68.14	268
3.31	57.35	289	4.77	89.50	73
3.48	98.92	32	4.77	89.13	76
3.50	79.79	155	4.77	75.78	201
3.51	82.06	136	4.78	72.97	227
3.52	73.03	225	4.79	86.63	99
3.57	79.94	151	4.79	76.03	194
3.57	82.58	129	4.81	75.42	204
3.59	75.99	197	4.84	100.00	1
3.60	76.25	192	4.85	77.06	181
3.60	68.86	265	4.86	100.00	1
3.61	87.82	88	4.91	95.67	46
3.61	72.75	230	4.92	89.81	71
3.61	85.57	105	4.92	95.74	45
3.64	84.50	114	4.93	87.14	94
3.69	81.14	142	4.94	65.45	279
3.70	82.46	132	4.97	96.37	43
3.70	82.19	135	5.00	75.03	208
3.71	77.53	175	5.00	76.73	184
3.71	79.88	152	5.00	65.70	277
3.72	59.94	285	5.01	100.00	1
3.72	78.56	165	5.06	85.67	104
3.73	83.24	124	5.09	100.00	1
3.74	82.50	131	5.10	85.99	102
3.75	71.06	246	5.24	93.08	60
3.77	80.15	150	5.25	100.00	1
3.78	43.82	291	5.35	98.70	34
3.78	82.79	127	5.60	100.00	1

Koulukoko ja tehokkuusluku

Kuviossa 14 on esitetty lukion oppilasmäärällä mitatun koulukoon ja vakioskaala-
tuottojen vallitessa lasketun mallin 3 tehokkuuslukujen yhteisjakauma.

Kuvio 14. Mallin 3 vst-tehokkuuden ja oppilasmäärällä mitatun koulukoon yhteis-
jakauma.



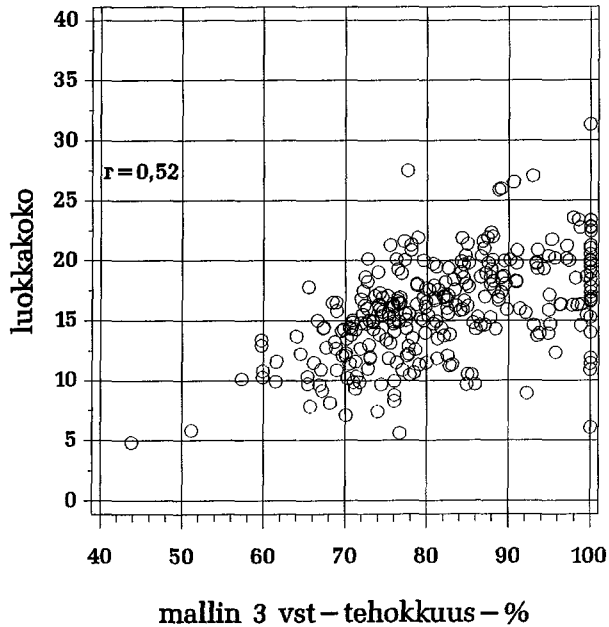
Kuviosta 14 nähdään, että tehokkuuden ja koulukoon välillä vallitsee heikko posi-
tiivinen yhteys korrelaatiokertoimen ollessa 0,33. Eli mitä suurempi koulu on
kooltaan, sitä suurempi on myös sen tehokkuus. Aineistosta löytyy kuitenkin myös
alle sadan oppilaan lukioita, jotka ovat 100 prosenttisesti tehokkaita. Toisaalta yh-
denkään yli 300 oppilaan lukion tehokkuus ei alita 75 prosenttia.

Luokkakoko ja tehokkuusluku

Kuvion 15 perusteella mallin 3 vst-tehokkuusluvut ja keskimääräinen luokkakoko,
jota on tässä mitattu oppilaiden määrällä suhteessa opettajien virkojen määrään,

ovat positiivisessa yhteydessä toisiinsa korrelaatiokertoimen perusteella (korrelaatio on suuruudeltaan 0,52). Niissä kouluissa, joissa luokkakoko on pieni, on tehokkuuslukukin alhaisempi. Aineistosta löytyy toisaalta myös lukioita, joissa on hyvin pieni luokkakoko, mutta jotka ovat 100 prosenttisesti tehokkaita.

Kuvio 15. Mallin 3 vst-tehokkuuden ja luokkakoon yhteisjakauma.



7 YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin lukioiden teknistä tehokkuutta (tai tuottavuutta) eli niiden suoritteiden määrää suhteessa panosten käyttöön. Tällaiset julkista palvelutoimintaa koskevat tutkimukset ovat olleet aiemmin vaikeasti toteutettavia useistakin syistä. Eräs syy on ollut se, että julkisen palvelusektorin toimipaikat ovat useita panoksia käyttävien monituoteyritysten kaltaisia, mutta tavanomaisimpia tutkimusmenetelmiä sovellettaessa ne on jouduttu käytännössä oletamaan yksituoteyrityksiksi. Niinpä tuottavuustutkimukset, joissa on valittu yksittäinen suorite edustamaan koko toimipaikan tuotosta ovat saaneet aiheellista kritiikkiä osakseen. Toisaalta osatuottavuuksien laskeminen tuotos- ja panoskokonaisuuksien osatekijöitä käyttäen on tarkkaan ottaen väärin ja tekee myös johtopäätösten tekemisen vaikeaksi. Useiden suoritteiden painottaminen yhdeksi tuotokseksi on ollut yleisesti sovellettu vaihtoehto tuottavuustutkimuksissa. Sekin on vahvoja oletuksia sisältävä tapa ja edellyttää julkisten palvelujen osalta suoritteiden markkinahintojen puuttuessa arvionvaraisten painojen asettamista. Markkinahintojen puuttuminen on estänyt myös eräiden muiden lähestymistapojen soveltamisen.

Tämän tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli esitellä ja testata Data Envelopment Analysis- eli DEA-menetelmää ja soveltaa sitä ensimmäistä kertaa koulujen ja tässä erityisesti lukioiden tehokkuuserojen arviointiin Suomessa. DEA-menetelmän keskeinen etu on, että sen avulla voi tutkia monituoteyrityksistä koostuvan sektorin toimipaikkojen tehokkuuseroja tarvitsematta rajoittaa niiden suoritekirjoja yhteen edustavaan tuotokseen tai useampien suoritteiden painotettuun kokonaisuuteen. Menetelmää sovellettaessa panoksia ja tuotoksia ei tarvitse painottaa, vaan siinä lasketaan optimointitehtävän (kokonaistuottavuuden maksimointi) osana painot kullekin tuotokselle ja panokselle niin, että kunkin toimipaikan arviointi tapahtuu mahdollisimman suotuisassa valossa.

DEA-menetelmä on ns. ei-parametrinen menetelmä toisin kuin esimerkiksi regressioanalyysi, jota on sovellettu tuottavuustutkimuksissa laajasti tuotanto- ja kustannusfunktioiden estimointiin. Matemaattisesti DEA-sovelluksissa on kyse lineaarisen ohjelmoinnin sovellutuksista. Menetelmän perusidea on käyttää tutkitavan sektorin toimipaikkakohtaisia panos- ja tuotostietoja tehokkaiden yksiköiden ja niiden eräänlaisena verhoikäyränä virittämän tehokkuusrintaman esille saamiseksi. Tehottomat yksiköt sijaitsevat panos-tuotosavaruudessa tehokkuusrintaman alapuolella ja niiden tehottomuuden aste määräytyy suhteellisena etäisyytenä tehokkuusrintamasta. Tehokkuusrintamalla olevien yksiköiden tehokkuusluku on 1

(100 prosenttia) ja rintaman alapuolella olevien yksiköiden tehokkuusluku on nol-
lan ja yhden (0 ja 100 prosentin) välillä riippuen niiden tehokkuuden asteesta.
Näin DEA-menetelmä antaa siis tietoa sektorin toimipaikkojen välisistä tehokkuus-
eroista.

Tehokkuuseroja DEA-menetelmällä arvioitaessa joudutaan oletamaan, että teho-
kasta tuotantoa edustavalla tehokkuusrintamalla vallitsevat joko vakioskaalatuotot
tai muuttuvat skaalatuotot. Vakioskaalatuottojen vallitessa panosten n -kertaista-
minen johtaa myös tuotosten n -kertaistumiseen. Muuttuvien skaalatuottojen valli-
tessa skaalatuottojen aste vaihtelee toiminnan laajuuden mukaan. Tällöin "liian
pienet" toimipaikat voivat toimia nousevien skaalatuottojen alueella, jolloin panos-
ten n -kertaistaminen johtaa tuotosten suurempaan kuin n -kertaiseen kasvuun.
Toisaalta, mikäli tuotannossa esiintyy suurtuotannon haittoja eli toimitaan laske-
vien skaalatuottojen alueella, panosten n -kertaistaminen johtaa tuotosten määrän
pienempään kuin n -kertaiseen kasvuun. Tässä tutkimuksessa analyysit suoritettiin
molemmilla oletuksilla, jotta saataisiin esille skaalatuotto-oletuksesta johtuvat erot.
Toisaalta muuttuvien skaalatuottojen mallien tulosten perusteella voitiin arvioida
myös lukioiden skaalatehokkuuksia. Skaalatehokkuus saa arvon 1 (100 prosenttia),
jos toimitaan optimiskaalan suuruisena. Skaalaltaan epäoptimaaliset yksiköt saavat
nollan ja yhden välillä olevan skaalatehokkuusluvun, jonka suuruus määräytyy
suhteellisena etäisyytenä optimiskaalasta.

Lukioiden välisten tehokkuuserojen analysoinnin ensivaihe oli määrittellä niiden
panokset ja tuotokset. Tässä tutkimuksessa lukioiden suoritteet määriteltiin ylioppi-
laiden ja luokalta päässeiden määriksi. Näiden ohella käytettiin laadullisina tuos-
tosmittoina sekä pakollisten että valinnaisten aineiden arvosanojen kertymiä, mikä
edellytti arvosanojen pisteyttämistä (1=improbatur, 2=approbatur, ..., 6=laudatur).

Tutkimuksen aineiston esittelyn yhteydessä tarkasteltiin lukioiden vaihtoehtoisia
suoritemittoja myös DEA-sovelluksessa käytettyjä muuttujia ja havaintojen
lukumäärää laajemmin. Tällöin analysoitiin lyhyesti ylioppilaskirjoitusten arvosano-
jen jakaumia sekä lukuaineiden keskiarvon ja ylioppilaskirjoitusten arvosanojen
keskinäistä yhteyttä 445 päivälukion kevään 1991 tiedoilla. Ylioppilaskirjoitusten
koulujen keskimääräiset arvosanat pakollisissa aineissa vaihtelivat lubenter appro-
baturista (b) magna cum laude approbaturiin (m). Runsaassa 65 prosentissa kou-
luista kirjoitettiin pakollisissa aineissa keskimäärin cum laude approbatur.
Ylimääräisenä kirjoitettujen aineiden keskimääräiset arvosanat vaihtelivat

puolestaan siten, että heikoimmillaan joistakin lukioista kirjoitettiin keskimäärin yksi ylimääräinen aine arvosanalla *approbatur* (a). Korkeimmillaan joidenkin lukioiden oppilaat kirjoittivat keskimäärin kaksi ylimääräistä ainetta arvosanalla *magna cum laude approbatur* (m).

Koulujen keskimääräisen ylioppilastutkinon yleisarvosanan pisteluvun ja keskimääräisen lukuaineiden keskiarvon välinen korrelaatio oli +0,56. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös arvosanojen koulujen sisäistä hajontaa koulujen keskimääräisen yleisarvosanan pisteluvun keskihajonnan perusteella. Lukioissa, joissa keskimääräinen yleisarvosana oli alhainen, yleisarvosanojen koulun sisäinen hajonta oli suurta. Keskihajonta pieneni monotonisesti yleisarvosanan kasvaessa ollen luonnollisesti hyvin pieni kouluissa, joissa keskimääräinen yleisarvosana oli erittäin korkea.

Tutkimuksen DEA-sovelluksissa oli mukana 291 päivälukiota eri puolilta maata. Tutkimusaineisto perustui osin rekisteritietoihin, osin lukioille suunnatun kyselyn avulla saatuihin tietoihin. Mukana DEA-analyyseissä olivat ne lukiot, joista oli käytettävissä kaikki tarvittavat muuttujat. Panosmuuttujat olivat vuosien 1989-91 keskiarvoja lukuunottamatta oppilasainesta kontrolloivaa lukion sisäänpääsyrajaa (lukioon alhaisimmalla keskiarvolla otetun oppilaan peruskoulun päästötodistuksen lukuaineiden keskiarvo), joka oli syksyltä 1988. Tuotosmuuttujista ylioppilaiden määrä ja ylioppilaskirjoitusten puoltoäänten määrä oli keväältä 1991 ja luokalta päässeiden määrät olivat vuosien 1989-91 keskiarvotietoja. Todettakoon, että alunperin pyrkimyksenä oli käyttää pidemmältä ajalta olevia koulujen panosten ja tuotosten keskiarvotietoja. Rekisteritietojen puutteet ja sisällön muutokset vuosina 1988-89 sekä lukioille suunnatun kyselyn anti pakottivat rajoittumaan edellä esitettyyn asetelmaan.

Lukioiden tehokkuuseroja arvioitiin kolmen muuttujiltaan erilaisen mallin avulla. Näistä yksinkertaisimmassa, puhtaasti määrällisiä tekijöitä sisältäneessä mallissa 1 lukiot nähtiin toimipaikkoina, jotka opetustunteja panoksena käyttäen tuottavat ylioppilaita ja luokalta päässeitä. Seuraavassa vaiheessa (malli 2) otettiin huomioon, että lukioiden oppilasaineksen erot vaikuttavat siihen, kuinka paljon ne pystyvät tuottamaan ylioppilaita ja luokalta päässeitä. Laajimmassa mallissa 3 oli mukana edellä mainittujen määrällisten tekijöiden lisäksi sekä panoksiin että tuotoksiin liittyviä laadullisia tekijöitä.

Mallissa 1 lukioiden keskimääräinen tehokkuus oli noin 66 prosenttia vakioskaalatuottojen vallitessa. Se vaihteli noin 17 prosentin ja 100 prosentin välillä. Tehokkuusrintaman muodostaneita täysin tehokkaita lukioita oli tässä mallissa 4 kappaletta. Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa keskimääräinen tehokkuus oli noin 73 prosenttia. Alhaisimmillaan tehokkuus oli vajaat 41 prosenttia ja korkeimmillaan luonnollisesti 100 prosenttia (17 lukiota).

Mallissa 2 oppilasaineista mittaavan muuttujan lisäys johti keskimääräisen tehokkuuden nousuun vajaaseen 77 prosenttiin vakioskaalatuottojen vallitessa ja 80 prosenttiin muuttuvien skaalatuottojen vallitessa. Vakioskaalatuottojen vallitessa tehottomimman lukion tehokkuus nousi vajaaseen 41 prosenttiin. Tehokkaita lukioita oli 9. Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa tehottomimman lukion tehokkuusluku oli noin 49 prosenttia ja 100 prosentin tehokkuuteen yltäneitä lukioita oli kaikkiaan 22.

Mallissa 3 panosmuuttujiksi lisättiin opettajien koulutustasoa ja opettajakokemusta kuvaavat muuttujat ja tuotoksiksi ylioppilaskirjoituksissa menestymistä kuvaavat muuttujat. Tällöin lukioiden keskimääräinen tehokkuus oli vakioskaalatuottojen vallitessa vajaat 82 prosenttia. Tehokkaiden lukioiden lukumäärä oli 29. Tehottomimman lukion tehokkuus oli vajaat 44 prosenttia. Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa keskimääräinen tehokkuus oli runsaat 84 prosenttia. Tehottomimman lukion tehokkuus oli reilut 58 prosenttia. Tehokkaita lukioita oli 48 kappaletta.

Vakioskaalatuottojen vallitessa mallin 1 tehokkuusjakauma kulki selvästi mallin 2 ja mallin 3 tehokkuusjakaumien alapuolella eli mallissa 1 oli tehokkaita lukioita muita vähemmän ja tehokkusluvut olivat muutenkin alhaisempia. Sen sijaan mallin 2 ja mallin 3 välillä ei ollut suuria eroja. Samankaltaiset erot pätivät mallien 1-3 kesken myös tehtäessä analyysi muuttuvien skaalatuottojen vallitessa, kuitenkin sillä erolla, että tehokkaiden lukioiden lukumäärät ja keskimääräiset tehokkusluvut olivat suuremmat kuin vakioskaalatuottojen vallitessa.

Tehokkuusjakaumissa näkyi selvästi DEA-menetelmän sisäiset ominaisuudet. Siirryttäessä tilanteesta, jossa vallitsevat vakioskaalatuotot tilanteeseen, jossa vallitsevat muuttuvat skaalatuotot ja toisaalta kasvatettaessa muuttujien määrää tehokkaiden yksiköiden lukumäärä ja keskimääräinen tehokkuus kasvavat. Tästä johtuen tehokkuuslukuja ei voi pitää absoluuttisina eikä niitä voi mekaanisesti verrata eri sovellusten kesken.

Lukioiden tehokkuusluvun suuruuteen perustuvan järjestyksen muutoksia mallista toiseen tarkasteltiin Spearmanin järjestykskorrelaatiokertoimien ja frekvenssitaulukoiden avulla. Vakioskaalatuottojen vallitessa tehokkuusjakaumien sisäisiä muutoksia tapahtui jonkin verran. Mallin 1 ja mallin 3 tehokkuuslukujen mukaisen järjestyksen Spearmanin järjestykskorrelaatiokerroin oli suuruudeltaan 0,70.

Tehokkuuslukujen mukaisten järjestysten muutosten analysoimiseksi kunkin mallin lukiot sijoitettiin kvartiileihin siten, että ensimmäisessä kvartiilissa olivat tehottomimmat 25 prosenttia ja neljännessä kvartiilissa tehokkaimmat 25 prosenttia lukioista. Frekvenssitaulukoista havaittiin, että asemaansa mallin 1 ja mallin 3 välillä muuttavat lukiot kuuluivat tehokkuuslukunsa suuruuden perusteella mallissa 1 toiseen tai kolmanteen kvartiiliin tehokkuusjakauman ääripäissä olleiden lukioiden säilyttäessä asemansa. Toisin sanoen, siirryttäessä yksinkertaisesta määrällisiä tekijöitä mittaavasta mallista monimutkaisempaan, myös laadullisia tekijöitä huomioon ottavaan malliin, tehokkuuslukujen suuruuden mukaisen järjestyksen keskivaiheilla olleet lukiot muuttivat asemaansa useammin kuin muut eli kaikista tehottomimmat ja tehokkaimmat lukiot säilyttivät yleensä alkuperäisen asemansa.

Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa lukioiden keskinäisten asemien muutokset olivat suunnilleen saman suuruisia kuin vakioskaalatuottojenkin vallitessa. Mallin 1 ja mallin 3 tehokkuuslukujen mukaisten järjestysten Spearmanin järjestykskorrelaatiokerroin oli 0,71. Aivan samalla tavoin tehokkuusjakauman ääripäät eli tehottomimmat ja tehokkaimmat lukiot olivat enimmäkseen samoja kun taas jakauman keskivaiheilla olleet lukiot muuttivat useammin sijoitustaan.

Teknisen tehokkuuden lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin myös skaalatehokkuutta. Lukio on skaalatehoton, jos se poikkeaa kooltaan (panossuhteet annettuna) optimikoosta eli koosta, jonka kokoisena toimimalla on mahdollista saavuttaa suurin tehokkuus. Skaalatehokkuus ei samalla tavalla kuin tekninen tehokkuus kasva menetelmän sisäisenä ominaisuutena kun mallin muuttujien lukumäärää kasvatetaan. Toisaalta optimiskaalan sijainti ei tyypillisesti pysy samana, kun mallin muuttujajoukko vaihtuu. Edelleen, panos- ja tuotosrakenteeltaan erilaisten toimipaikkojen optimiskaalan sijainti voi vaihdella. On tärkeää ymmärtää, ettei kyse ole esimerkiksi pelkästä koulukoosta mitattuna oppilasmäärällä vaan siitä, että koko panosrakennetta n-kertaistamalla etsitään suurinta tehokkuutta.

Mallissa 1 skaalatehokkuus oli keskimäärin 92 prosenttia. Se vaihteli noin 41 prosentista 100 prosenttiin. Skaalaltaan optimikokoisia oli 4 eli 1 prosentti lukioista.

Nousevien skaalatuottojen alueella, eli optimikokoon nähden liian pieniä, oli noin 24 prosenttia lukioista ja laskevien skaalatuottojen alueella, eli vastaavasti liian suuria, oli noin 75 prosenttia lukioista.

Mallissa 2 skaalatehokkuus oli keskimäärin 97 prosenttia eli vieläkin korkeampi kuin mallissa 1. Tässä mallissa se vaihteli noin 54 prosentista 100 prosenttiin. Optimiskaalaisia lukioita oli 9 eli 3 prosenttia lukioista. Nousevien skaalatuottojen alueella oli tässä mallissa noin 59 prosenttia lukioista ja laskevien skaalatuottojen alueella 38 prosenttia lukioista. Tilanne oli toisin sanoen lähes päinvastainen kuin mallissa 1.

Mallissa 3 skaalatehokkuus oli keskimäärin runsaat 97 prosenttia ja se vaihteli noin 54 prosentista 100 prosenttiin. Optimiskaalaisia oli 29 eli 10 prosenttia lukioista. Nousevien skaalatuottojen alueella oli tässä mallissa vajaat 63 prosenttia lukioista ja laskevien skaalatuottojen alueella noin 27 prosenttia lukioista. Verrattuna malliin 2 tässä mallissa skaalaltaan liian pienten lukioden määrä kasvoi ja vastaavasti skaalaltaan liian suurten lukioden määrä pieneni.

Kaikkien eri mallien korkea skaalatehokkuus viittaa siihen, että lukiot eivät yleisesti ottaen voi tehostaa toimintaansa kovin paljoa muuttamalla toiminnan kokoa, vaan tehostamalla resurssiensa käyttöä eli kasvattamalla teknistä tehokkuutta. Muuttujakoostumukseltaan laajimman mallin 3 perusteella skaalaltaan epäoptimaaliset lukiot ovat kuitenkin useammassa tapauksessa liian pieniä kuin liian suuria. Koska skaalatehokkuutta koskevat tulokset ovat verraten herkkiä mallien muuttujakoostumuksille, johtopäätösten tekemisessä on oltava varovainen.

Selkeämmän kuvan saamiseksi tehokkaista yksiköistä tutkimuksessa kuvattiin lähemmin kolmea ns. dominoivaa yksikköä eli lukiota, jotka olivat ensinnäkin tehokkaita eli ne olivat tehokkaan tuotantoteknologian kulkua määrääviä yksiköitä. Toiseksi valitut lukiot olivat hyvin usein muodostamassa ns. dominoivien lukioden ryhmää laskettaessa tehokkuuslukua tehottomille lukioille. Näiden lukioden voidaan sanoa heijastelevan panosten käytön suhteen tyypillistä tehokasta toimintaa kaltaistensa keskuudessa. Tarkastellut lukiot poikkesivat toisistaan useissa suhteissa. Ne olivat mm. kooltaan keskimäärin noin 100, 200 ja 300 oppilaan suuruisia. Toisaalta niille oli yhteistä, että valinnaisten aineiden, niin kielten kuin muidenkin aineiden tarjonta ei ollut kovin laajaa. Lukioden menestyminen ylioppilaskirjoituksissa puolestaan vaihteli samoin kuin opettajien koulutustaso ja opettajakokemus. DEA-menetelmän tuottamien dominoivien lukioden esimerkit

osoittavat, että tehokkaat lukiot poikkeavat usein panos- ja tuotosrakenteiltaan toisistaan.

Tutkimuksen johdannossa korostettiin sitä, että tehokkuuden mukainen lukiodien järjestys saattaa olla aivan erilainen kuin pelkkiin suoritemittoihin tai panosten käyttöön perustuvat järjestykset. Tämän esittelemiseksi tarkasteltiin yksittäisen suoritemitan eli ylioppilaskirjoitusten keskimääräisen yleisarvosanan ja tehokkuusluvun mukaisia järjestyksiä, jotka osoittautuivat hyvin erilaisiksi. Tehokkaiden yksiköiden joukossa oli sekä erittäin hyvin ylioppilaskirjoituksissa menestyneitä lukioita että lukioita, joiden oppilaat ovat saaneet alhaisia arvosanoja. Toisaalta kaikki korkean keskimääräisen yleisarvosanan lukiot eivät ole tehokkaita. Esimerkiksi yleisarvosanaltaan 30 parhaan lukion joukossa oli seitsemän mallin 3 perusteella tehokasta koulua, mutta mukana oli yhtä monta tehokkuusluvun mukaisen sijaluvun 200 ylittävää koulua. Vastaavasti yleisarvosanaltaan 30 heikoimman koulun joukossa tehokkuusluvun mukaiset järjestysluvut vaihtelivat, mutta vain muutama koulu kuului tehokkuudeltaan 100 parhaan joukkoon.

Laskettaessa keskimääräisten yleisarvosanojen ja muuttujiltaan laajimman mallin (malli 3) vakioskaalatuottojen vallitessa laskettujen tehokkuuslukujen mukaisten järjestysten perusteella Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, saatiin sen suuruudeksi 0,15. Myös korrelaation alhaisuus osoittaa, kuinka arveluttavaa olisi vetää lukiodien tehokkuutta koskevia johtopäätöksiä pelkän suoritemitan perusteella.

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös sitä, onko lukiodien tehokas toiminta yhteydessä koulun oppilasmäärällä mitattuun koulukokoon tai luokkakokoon. Viimeksi mainittua mitattiin oppilaiden määrällä suhteessa opettajien virkojen määrään. Tämä muuttuja ei sellaisenaan sisällynyt DEA-analyysien muuttujajoukkoon, mutta sen kaltainen muuttuja oli analyysissä implisiittisesti mukana muiden muuttujien suhteena. Vähintä mitä tulosten perusteella voidaan sanoa on, että tutkimusaineistossa suuret koulu- ja luokkakoot eivät olleet yhteydessä tehottomuuteen. Koulukokojen ja tehokkuuslukujen välinen korrelaatio oli +0,33. Vastaava luokkakokojen ja tehokkuuslukujen välinen korrelaatio oli +0,52. Näiden korrelaatioiden rinnalla on kuitenkin syytä todeta, että tehokkuus ei mitenkään yksioikoisesti liity suureen koulu- tai luokkakokoon. Aineiston tehokkaiden yksiköiden joukossa oli myös oppilasmäärältään ja luokkakooltaan pieniä lukioita, vaikka ne olivatkin harvemmassa.

Lopuksi kommentoimme sovellettua DEA-menetelmää sekä lukioiden ja koulusektorin tehokkuustutkimusta yleisemmin. Ensiksi on syytä korostaa, että kaikki parametriset ja ei-parametriset menetelmät tarjoavat viime kädessä vain erilaisia tapoja kuvata tutkimusaineistoa ja lisäksi ne olisi nähtävä vain yhtenä arvioinnin välineenä ja vaiheena. DEA-analyysin tehokkuuseroja koskevia tuloksia tulisi seuraavassa vaiheessa käyttää mm. niin, että tehottomia lukioita verrattaisiin yksityiskohtaisemmin niiden tehokkaisiin dominoiviin lukioihin ja katsottaisiin voisivatko tehottomat lukiot oppia jotain tehokkailta lukioilta. Samassa yhteydessä saatetaan saada esille käytettyyn muuttujajoukkoon kuulumattomia tekijöitä, jotka selittäisivät tehokkuuseroja. Tällaisella menettelyllä saataisiin karsittua myös mahdollisista rekisteri- ja mittausvirheistä johtuvia väärinarviointeja.

DEA-menetelmän ominaisuuksia ja eroja vaihtoehtoihin menetelmiin nähden on myös syytä arvioida jatkotutkimuksissa. Tässä tutkimuksessa on tarkoituksellisesti pitäydytty DEA-sovelluksessa, vaikka esimerkiksi sellaisten regressioanalyysin tulosten esittäminen olisi ollut mahdollista, joissa yksittäisiä tuotosmuuttujia selitetään panostekijöillä.

Tässä tutkimuksessa on pystytty saamaan tietoja vain osasta koulujen toiminnan kannalta tärkeitä panoksia ja tuotoksia. Sekä ajallisesti että sisällöllisesti kattavampien tietojen tuottaminen omasta toiminnastaan on haaste ennen kaikkea koulutoimelle itselleen. Kansallisen tietopohjan kasvattamisen lisäksi on syytä osallistua entistä laajemmin myös kansainväliseen yhteistyöhön vertailukelpoisten panos- ja suoritustietojen saamiseksi. Niiden avulla voidaan tehdä eri maiden kesken koulujen tehokkuusvertailuja koulutason aineistoilla ja saada esimerkiksi tietoa siitä, minkä maan ja millaiset koulut ovat tehokkaita. Koulujen ja yleisemmin koulutusurien tehokkuutta arvioitaessa olisi päästötodistusten kaltaisten suoritteiden ohella käytettävä myös mittareita, jotka kuvaavat koulutuksen jälkeistä menestymistä työelämässä.

Uudet menetelmät ja paremmat aineistot tarjoavat lupaavia näkymiä jatkotutkimusten suorittamiseksi. On kuitenkin muistettava, että tutkimustoiminnan tuloksena kysymysmerkit eivät katoa, ne siirtyvät vain uuteen paikkaan.

LÄHTEET

Kirjallisuus

Aitkin, M. & Longford, N., "Statistical Modelling Issues in School Effectiveness Studies", *Journal of Royal Statistical Society, Series A*, vol. 149, Part 1, 1986, s. 1-43.

Banker, Rajiv D. & Morey, Richard C., "The Use of Categorical Variables in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, vol. 32, no. 12, 1986 s. 1613-1627.

Bessent, A. & Bessent, W., "Determining the Comparative Efficiency of Schools through Data Envelopment Analysis", *Educational Administration Quarterly*, vol. 16, no. 2, 1980, s. 57-75.

Bessent, A. & Bessent, W. & Charnes, A. & Cooper, W. & Thorogood, N., "Evaluation of Educational Program Proposals by Means of DEA", *Educational Administration Quarterly*, vol. 19, no. 2, 1983, s. 82-107.

Bessent, A. & Bessent, W. & Elam, J. & Long, D., "Educational Productivity Council Employs Management Science Methods to Improve Educational Quality", *Interfaces*, vol. 14, no. 6, 1984, s. 1-8.

Bessent, A. & Bessent, W. & Kennington, J. & Reagan, B., "An Application of Mathematical Programming to Assess Productivity in the Houston Independent School District", *Management Science*, vol. 28, no. 12, 1982, s. 1355-1367.

Bjurek, Hans & Hjalmarsson, Lennart & Forsund, Finn R., "Deterministic Parametric and Nonparametric Estimation of Efficiency in Service Production. A Comparison", *Journal of Econometrics*, vol. 46, 1990, s. 213-227.

Bonesrønning, Hans & Rattsø Jørn, "Effektivitetsforskjeller i Videregående Skole: Analyse av Almenfaglig Studieretning i 34 Skoler", *Norsk Økonomisk Tidsskrift (NØT)*, vol. 106, 1992, s. 211-242.

Card, David & Krueger, Alan B., "Does School Quality Matter? Returns to Education and the Characteristics of Public Schools in the United States", *Journal of Political Economy*, vol. 100, no. 1, 1992, s. 1-40.

Charnes, A. & Cooper, W. W. & Rhodes, E., "Evaluating Program and Managerial Efficiency: An Application of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through", *Management Science*, vol. 27, no. 6, 1981, s. 668-697.

Charnes, A. & Cooper, W. W. & Rhodes, E., "Measuring the Efficiency of Decision Making Units", *European Journal of Operational Research*, vol. 2, 1978, s. 429-444.

Cook, Wade D. & Kress, Moshe & Seiford, Lawrence M., "Prioritization Models for Frontier Decision Making Units in DEA", *European Journal of Operations Research*, vol. 59, 1992, s. 319-323.

Desai, Anand, "Data Envelopment Analysis: A Clarification", *Evaluation and Research in Education*, vol. 6, no. 1, 1992, s. 39-41.

Epstein, Michael & Henderson, John, "Data Envelopment Analysis for Managerial Control and Diagnosis", *Decision Sciences Journal*, vol. 20, no. 1, 1989, s. 90-119.

Farrell, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 120, Ser. A, Part III, 1957, s. 253-281.

Goldstein, Harvey, "Data Envelopment Analysis: An Exposition and Critique", *Evaluation and Research in Education*, vol. 4, no. 1, 1990, s. 17-20.

Goldstein, Harvey, *Multilevel Models in Educational and Social Research*, Charles Griffin & Company Ltd, Lontoo, 1987.

Goldstein, Harvey & Cuttance, Peter, "A Note on National Assessment and School Comparisons", *Journal of Education Policy*, vol. 3, no. 2, 1988, s. 197-202.

Hanushek, Eric, "The Economics of Schooling: Production and Efficiency in Public Schools", *The Journal of Economic Literature*, vol. 24, 1986, s. 1141-1177.

Hetemäki, Lauri, "Katsaus tuotantoteorian sovelluksiin: etäisyysfunktiot ja joustavat funktiomuodot", *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 429*, Helsinki, 1992.

Jesson, David & Mayston, David & Smith, Peter, "Performance Assessment in the Education Sector: Educational and Economic Perspectives", *Oxford Review of Education*, vol. 13, no. 3, 1987, s. 249-266.

Kirjavainen, Tanja & Loikkanen, Heikki A., "Ollin oppivuosi 13 000 - 56 000 markkaa", *VATT-tutkimuksia* no. 11, Helsinki, 1992.

Ludwin, William & Guthrie, Thomas, "Assessing Productivity with Data Envelopment Analysis", *Public Productivity Review*, vol. 12 (iss. 4), 1989, s. 361-372.

Mayston, David & Jesson, David, "Developing Models of Educational Accountability", *Oxford Review of Education*, vol. 14, no. 3, 1988, s. 321-339.

McCarty, Therese A. & Yaisawarng, Suthathip, "Technical Efficiency in New Jersey School Districts", teoksessa Fried, Harold & Lovell, Knox C. A. & Schmidt, Shelton S. (eds.), *The Measurement of Productive Efficiency. Techniques and Applications*, Oxford University Press, New York, 1993.

Paterson, Lindsay & Goldstein, Harvey, "New Statistical Methods for Analysing Social Structures: An Introduction to Multilevel Models", *British Educational Research Journal*, vol. 17, no. 4, 1991, s. 387-393.

Ray, Subhash C., "Resource-use Efficiency in Public Schools: A Study of Connecticut Data", *Management Science*, vol. 37, no. 12, 1991, s. 1620-1628.

Seiford & Storbeck & Ali: Euro/Tims Helsinki, DEA Workshop, kesäkuu 28, 1992, Otaniemi, Dipoli, luentomateriaali.

Seiford, Lawrence & Thrall, Robert, "Recent Developments in Dea. The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, vol. 46, 1990, s. 7-38.

Sengupta, Jati K. & Sfeir, Raymond, "Production Frontier Estimates of Scale in Public Schools in California", *Economics of Education Review*, vol. 5, no. 3, 1986, s. 297-307.

Smith, Peter & Mayston, David, "Measuring Efficiency in the Public Sector", *OMEGA International Journal of Management Science*, vol. 15, no. 3, 1987, s. 181-189.

Walberg, Herbert J., "Improving the Productivity of Schools", *Educational Leadership*, May 1984, s. 19-27.

Woodhouse, Geoffrey & Goldstein, Harvey, "Educational Performance Indicators and LEA League Tables", *Oxford Review of Education*, vol. 14, no. 3, 1988 s. 301-320.

Tilastot

Opetushallitus, Peruskoulujen ja lukioiden oppilaitos- ja opettajarekisteri (PELU).

Ylioppilastutkintolautakunta, Ylioppilastutkintorekisteri.

LIITTEET

LIITE 1. Tutkimuksessa (DEA-aineisto) käytettyjen muuttujien minimi, maksimit, keskiarvot ja keskihajonnat.

	lkm	minimi	maksimi
pakollisten aineiden puoltoäänet	291	140.00	3530.00
vapaaehtoisten aineiden puoltoäänet	291	42.00	1258.00
luokalta päässeiden lkm	291	27.67	601.67
ylioppilaiden lkm	291	7.00	177.00
opetustunnit	291	43.83	567.00
muut tunnit	291	3.50	67.57
opettajien opetuskokemus	291	2.67	165.33
ylemmän korkeakoulututkinnon suorittaneet	291	3.00	32.67
sisään pääsyraja vuonna 1988	291	5.36	8.50

	keskiarvo	keskihajonta
pakollisten aineiden puoltoäänet	891.40	520.41
ylimääräisten aineiden puoltoäänet	276.65	173.19
luokalta päässeiden lkm	178.25	95.80
ylioppilaiden lkm	49.98	28.40
opetustunnit	182.23	89.17
muut tunnit	21.04	8.75
opettajien opetuskokemus	54.36	26.47
ylemmän korkeakoulututkinnon suorittaneet	10.75	4.26
sisään pääsyraja 1988	6.85	0.56

LIITE 2. Kyselyyn vastanneiden lukioiden ja koko kyselyaineiston lukioiden koulukoon ja keskimääräisen yleisarvosanan minimi, maksimi, keskiarvo ja keskihajonta

Kyselyyn vastanneiden koulukoko ja keskimääräinen yleisarvosana

Muuttuja	lkm	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
oppilasmäärä	381	24.33	622.67	192.30	101.34
yleisarvosana	381	3.08	5.60	4.25	0.40

Koko kyselyaineiston keskimääräinen koulukoko ja yleisarvosana

Muuttuja	lkm	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	Keskihajonta
oppilasmäärä	445	23.33	622.67	193.80	101.18
yleisarvosana	445	2.94	5.60	4.23	0.40

LIITE 3. Koko kyselyaineiston lukioiden, DEA-aineiston lukioiden ja kyselyyn vastanneiden lukioiden frekvenssijakauma oppilasmäärän mukaan (vuosien 1989-91 keskiarvo) ja keskimääräisen yleisarvosanan mukaan keväällä 1991.

Koko kyselyaineiston koulukoon jakauma

Oppilasmäärä	Frekvenssi	Prosentti	Kumulat. frekvenssi	Kumulat. prosentti
-50	9	2.0	9	2.0
50-100	78	17.5	87	19.6
100-150	79	17.8	166	37.3
150-200	90	20.2	256	57.5
200-250	74	16.6	330	74.2
250-300	51	11.5	381	85.6
300-350	32	7.2	413	92.8
350-400	14	3.1	427	96.0
400-450	8	1.8	435	97.8
450-500	4	0.9	439	98.7
500-550	4	0.9	443	99.6
600-	2	0.4	445	100.0

DEA-aineiston koulukoon jakauma

Oppilasmäärä	Frekvenssi	Prosentti	Kumulat. frekvenssi	Kumulat. prosentti
-50	7	2.4	7	2.4
50-100	55	18.9	62	21.3
100-150	54	18.6	116	39.9
150-200	64	22.0	180	61.9
200-250	44	15.1	224	77.0
250-300	37	12.7	261	89.7
300-350	14	4.8	275	94.5
350-400	5	1.7	280	96.2
400-450	4	1.4	284	97.6
450-500	2	0.7	286	98.3
500-550	3	1.0	289	99.3
600-	2	0.7	291	100.0

LIITE 3. jatkuu

Kyselyyn vastanneiden koulukoon jakauma

Oppilasmäärä	Frekvenssi	Prosentti	Kumulat. frekvenssi	Kumulat. prosentti
-50	8	2.1	8	2.1
50-100	65	17.1	73	19.2
100-150	73	19.2	146	38.3
150-200	77	20.2	223	58.5
200-250	65	17.1	288	75.6
250-300	45	11.8	333	87.4
300-350	21	5.5	354	92.9
350-400	10	2.6	364	95.5
400-450	7	1.8	371	97.4
450-500	4	1.0	375	98.4
500-550	4	1.0	379	99.5
600-	2	0.5	381	100.0

Koko kyselyaineiston keskimääräisen yleisarvosanan jakauma

Keskim. yleisarvosana	Frekvenssi	Prosentti	Kumulat. frekvenssi	Kumulat. prosentti
-3.00	1	0.2	1	0.2
3.01-3.50	15	3.4	16	3.6
3.51-4.00	112	25.2	128	28.8
4.01-4.50	213	47.9	341	76.6
4.51-5.00	91	20.4	432	97.1
5.01-5.50	12	2.7	444	99.8
5.51-	1	0.2	445	100.0

DEA-aineiston keskimääräisen yleisarvosanan jakauma

Keskim. yleisarvosana	Frekvenssi	Prosentti	Kumulat. frekvenssi	Kumulat. prosentti
-3.50	6	2.1	6	2.1
3.51-4.00	74	25.4	80	27.5
4.01-4.50	149	51.2	229	78.7
4.51-5.00	54	18.6	283	97.3
5.01-5.50	7	2.4	290	99.7
5.51-	1	0.3	291	100.0

LIITE 3. jatkuu

Kyselyyn vastanneiden keskimääräisen yleisarvosanan jakauma

Keskim. yleisarvosana	Frekvenssi	Prosentti	Kumulat. frekvenssi	Kumulat. prosentti
-3.50	10	2.6	10	2.6
3.51-4.00	94	24.7	104	27.3
4.01-4.50	186	48.8	290	76.1
4.51-5.00	79	20.7	369	96.9
5.01-5.50	11	2.9	380	99.7
5.51-	1	0.3	381	100.0

LIITE 4. Mallien 1 ja 2 sekä mallien 2 ja 3 tulosten stabiiliutta kuvaavat frekvenssi-taulukot vakioskaalatuottojen vallitessa.

Malli 1 ja malli 2.

Malli 2	I neljännes	II neljännes	III neljännes	IV neljännes	Yhteensä
Malli 1	(38,14-70,96)	(71,07-77,37)	(77,49-83,45)	(83,47-100)	
I neljännes	58	10	3	2	73
(16,99-59,56)	19,93	3,44	1,03	0,69	25,09
II neljännes	15	34	19	5	73
(59,58-65,10)	5,15	11,68	6,53	1,72	25,09
III neljännes	0	28	33	12	73
(65,14-73,57)	0,00	9,62	11,34	4,12	25,09
IV neljännes	0	1	18	53	72
(73,58-100)	0,00	0,34	6,19	18,21	24,74
Yhteensä	73	73	73	72	291
	25,09	25,09	25,09	24,74	100,00

LIITE 4. jatkuu

Malli 2 ja malli 3.

Malli 3	I neljännes	II neljännes	III neljännes	IV neljännes	Yhteensä
Malli 2	(43,82-73,97)	(74,00-80,83)	(80,94-89,50)	(89,69-100)	
I neljännes	59	9	3	2	73
(38,14-70,96)	20,27	3,09	1,03	0,69	25,09
II neljännes	14	44	10	5	73
(71,07-77,37)	4,81	15,12	3,44	1,72	25,09
III neljännes	0	20	44	9	73
(77,49-83,45)	0,00	6,87	15,12	3,09	25,09
IV neljännes	0	0	16	56	72
(83,47-100)	0,00	0,00	5,50	19,24	24,74
Yhteensä	73	73	73	72	291
	25,09	25,09	25,09	24,74	100,00

LIITE 5. Mallien 1 ja 2 sekä mallien 2 ja 3 tulosten stabiiliutta kuvaavat frekvenssi-
taulukot muuttuvien skaalatuottojen vallitessa.

Malli 1 ja malli 2.

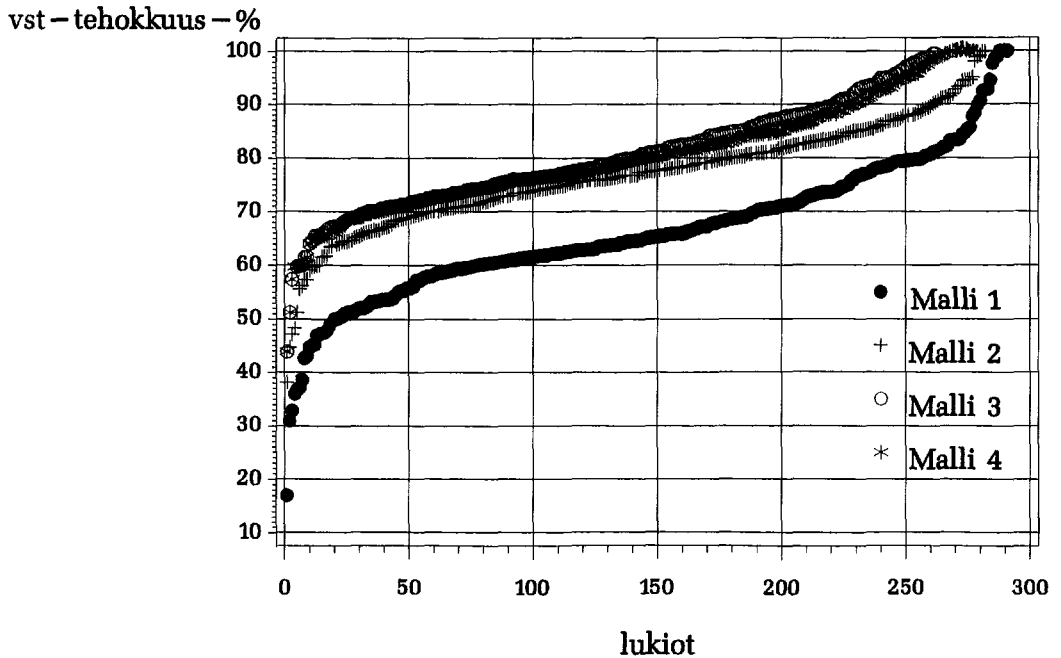
Malli 2	I neljännes	II neljännes	III neljännes	IV neljännes	Yhteensä
Malli 1	(49,03-72,72)	(72,75-79,11)	(79,18-87,63)	(87,68-100)	
I neljännes	53	14	3	3	73
(40,61-64,09)	18,21	4,81	1,03	1,03	25,09
II neljännes	18	33	19	3	73
(64,18-69,84)	6,19	11,34	6,53	1,03	25,09
III neljännes	2	26	37	8	73
(69,91-80,26)	0,69	8,93	12,71	2,75	25,09
IV neljännes	0	0	14	58	72
(80,26-100)	0,00	0,00	4,81	19,93	24,74
Yhteensä	73	73	73	72	291
	25,09	25,09	25,09	24,72	100,00

LIITE 5. jatkuu

Malli 2 ja malli 3.

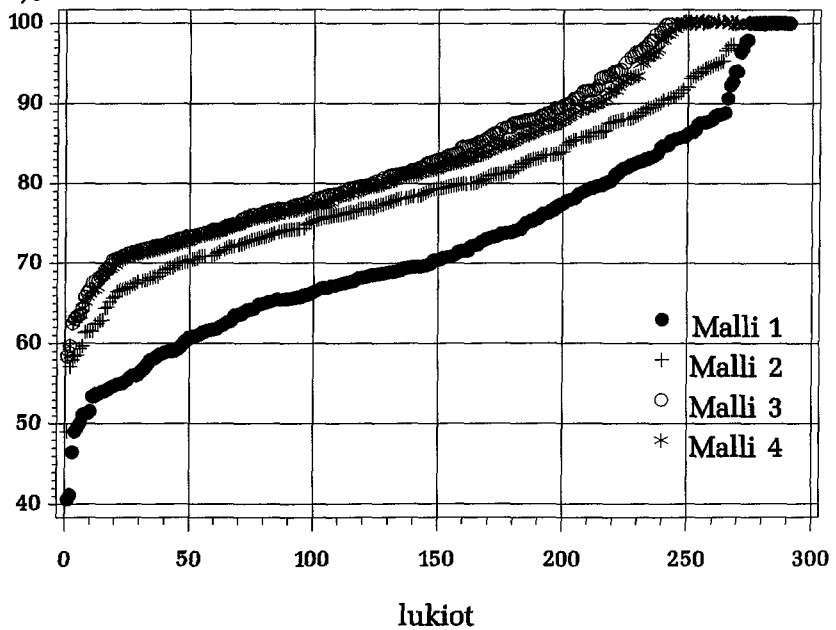
Malli 3	I neljännes	II neljännes	III neljännes	IV neljännes	Yhteensä
Malli 2	(58,40-75,78)	(75,89-82,57)	(82,64-93,54)	(93,95-100)	
I neljännes (49,03-72,72)	58 19,93	12 4,12	0 0,00	3 1,03	73 25,09
II neljännes (72,75-79,11)	15 5,15	45 15,46	9 3,09	4 1,37	73 25,09
III neljännes (79,18-87,63)	0 0,00	16 5,50	47 16,15	10 3,44	73 25,09
IV neljännes (87,68-100)	0 0,00	0 0,00	17 5,84	55 18,90	72 24,74
Yhteensä	73 25,09	73 25,09	73 25,09	72 24,72	291 100,00

LIITE 6. Mallin 1-4 vst- ja mst-tehokkuusjakaumat sekä Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimet mallien 2, 3 ja 4 välillä.



LIITE 6. jatkuu

mst - tehokkuus - %



Mallin 4 tehokkuuslukujen keskiarvot, keskihajonnat, minimit, maksimit ja tehokaiden lukioiden osuus.

	Malli 4	
	vakioiset skaalatuotot	muuttuvat skaalatuotot
Keskiarvo	80,94	83,27
Keskihajonta	10,68	10,54
Minimi	43,82	58,40
Maksimi	100	100
Tehokkaiden lukioiden %-osuus	7,9	14,78

LIITE 6. jatkuu

Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin vakioskaalatuottojen vallitessa.

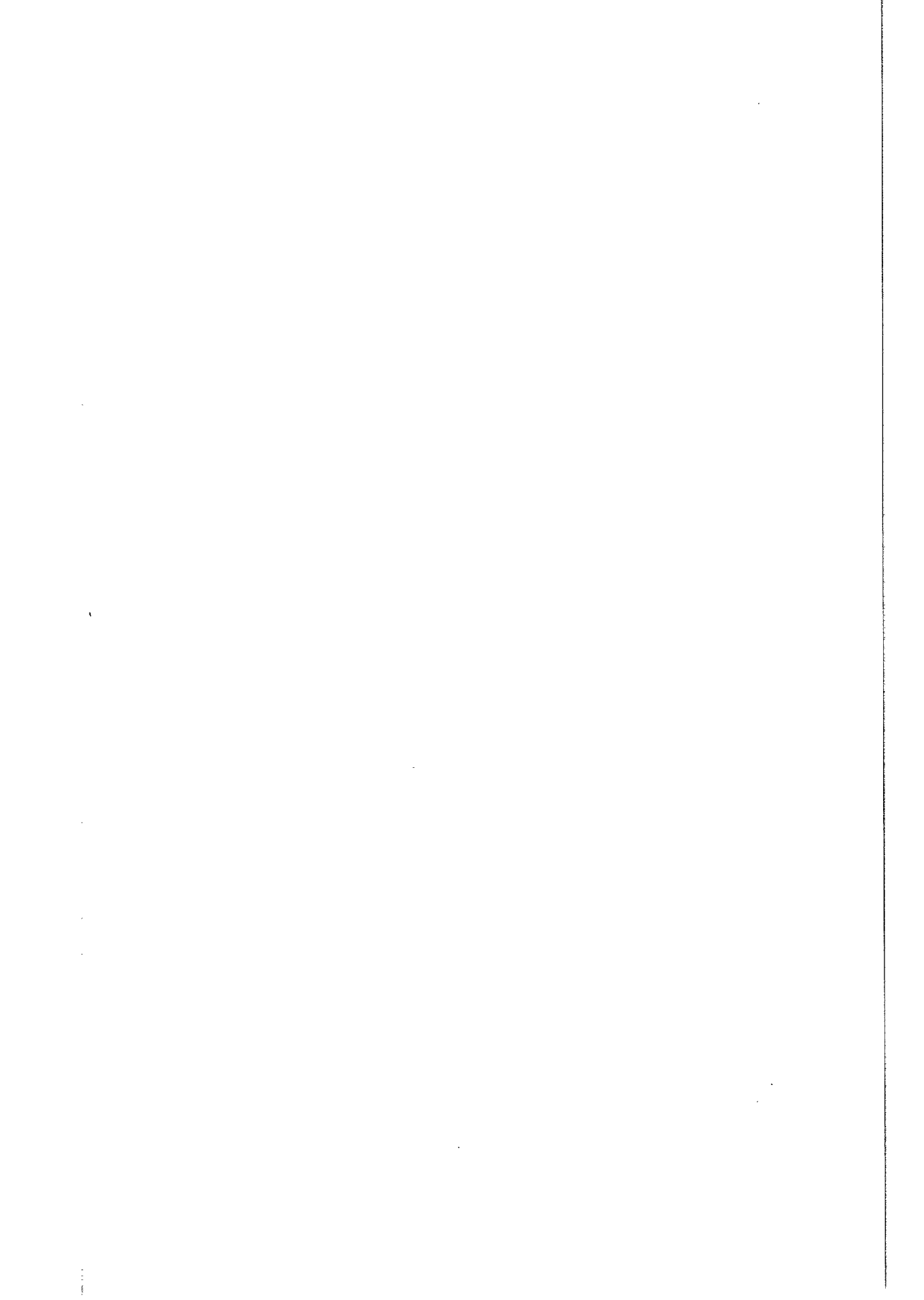
	Malli 2	Malli 3	Malli 4
Malli 2	1,00		
Malli 3	0,86	1,00	
Malli 4	0,86	0,98	1,00

Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin muuttuvien skaalatuottojen vallitessa.

	Malli 2	Malli 3	Malli 4
Malli 2	1,00		
Malli 3	0,87	1,00	
Malli 4	0,86	0,99	1,00

LIITE 7. Ylioppilaskirjoitusten arvosanojen pisteytys.

Arvosana	pisteytys
improbatur	1
approbatur	2
lubenter	3
cum laude approbatur	4
magna cum laude approbatur	5
laudatur	6



VATT-TUTKIMUKSIA -SARJASSA AIEMMIN ILMESTYNEET JULKAISUT
PUBLISHED VATT-RESEARCH REPORTS

1. Osmo Kuusi: Uusi biotekniikka, mahdollisuuksien ja uhkien teknologia. Helsinki: Tammi 1991.
2. Seija Parviainen: The Effects of European Integration on the Finnish Labour Market. Helsinki 1991.
3. Esko Mustonen: Julkiset palvelut: Tehokkuus ja tulonjako. Helsinki 1991.
4. Juha Rantala: Työpaikan avoinnaolon keston mittaaminen. Helsinki 1991.
5. Tuomo Mäki: Työvoiman riittävyys ja kohdentuminen 1990-luvulla. Helsinki 1991.
6. Martti Hetemäki: On Open Economy Tax Policy. Helsinki 1991.
7. Tanja Kirjavainen: Koulutuksen oppilaskohtaisten käyttömenojen eroista. Helsinki 1991.
8. Pentti Puoskari: Talouspolitiikan funktiot ja instituutiot. Helsinki 1992.
9. Pekka Parkkinen: Koulutusmenojen kehityspiirteitä vuoteen 2030. Helsinki 1992.
10. Seppo Laakso: Kotitalouksien sijoittuminen, asuinkiinteistöjen hinnat ja alueelliset julkiset investoinnit kaupunkialueella. Helsinki 1992.
11. Tanja Kirjavainen - Heikki A. Loikkanen: Ollin oppivuosi 13 000 - 56 000 markkaa. Helsinki 1992.
12. Teuvo Junka: Suurten teollisuusyritysten toimintasopeutus 1980-luvulla. Helsinki 1993.
13. Hannu Törmä - Thomas Rutherford: Integrating Finnish Agriculture into EC's Common Agricultural Policy. Helsinki 1993.
14. Mika Kuismanen: Progressiivisen tuloverotuksen vaikutus miesten työn tarjontaan. Helsinki 1993.
15. Estonia and Finland - A Retrospective Socioeconomic Comparison. Helsinki 1993.

VALTION TALOUDELLINEN TUTKIMUSKESKUS

Reino Hjerppe

Ylijohtaja

Kansantalouden linja

Seppo Leppänen

Tutkimusjohtaja

Verotuksen ja tulonsiirtojen linja

Iikko B. Voipio (vv.)

Tutkimusjohtaja

Rolf Myhrman

Vs. tutkimusjohtaja

Julkisten palvelujen ja investointien linja

Heikki A. Loikkanen

Tutkimusjohtaja

JOHTOKUNTA

Ylijohtaja Sixten Korkman

Puheenjohtaja

Ylijohtaja Lasse Arvela

Osastopäällikkö Markku Lehto

Pääjohtaja Markku Mannerkoski

Osastopäällikkö Kari Puumanen

Budjettipäällikkö Raimo Sailas

Ylijohtaja Reino Hjerppe

Erikoistutkija Tuomo Mäki

