

VATT-TUTKIMUKSIA
88
VATT-RESEARCH REPORTS

Tarmo Rätty - Kalevi Luoma -
Ville Koskinen - Maija-Liisa Järviö

TERVEYSKESKUSTEN
TUOTTAVUUS VUOSINA 1997
JA 1998 SEKÄ
TUOTTAVUUSEROJA
SELITTÄVÄT TEKIJÄT

ISBN 951-561-400-7

ISSN 0788-5008

Valtion taloudellinen tutkimuskeskus

Government Institute for Economic Research

Hämeentie 3, 00530 Helsinki, Finland

Email: etunimi.sukunimi@vatt.fi

Oy Nord Print Ab

Helsinki, huhtikuu 2002

RÄTY TARMO, LUOMA KALEVI, KOSKINEN VILLE JA JÄRVIÖ MAIJALIISA: TERVEYSKESKUSTEN TUOTTAVUUS VUOSINA 1997 JA 1998 SEKÄ TUOTTAVUUSEROJA SELITTÄVÄT TEKIJÄT. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Government Institute for Economic Research, 2002, (B, ISSN 0788-5008, No 88). ISBN 951-561-400-7.

Tiivistelmä: Tutkimuksessa on data envelopment analyysin avulla vertailtu 167 yleislääkärijohtoisen terveystakeskusten tuottavuuseroja vuosina 1997 ja 1998 sekä estimoitu havaitun tehottomuuden yhteyttä terveystakeskusten toimintaympäristöä ja taloutta kuvaaviin tekijöihin. Teknisen, allokatiivisen ja kustannustehokkuuden arvioinnin lisäksi on ympäristötekijöiden vaikutusta kontrolloitu ns. johtamisen tehokkuuden mallilla. Terveystakeskuksilla oli teknisessä tehokkuudessa keskimäärin 7-10 prosenttia tehostamisvaraa toiminnassaan. Myös niiden väliset erot kustannustehokkuudessa olivat huomattavat ja kuntayhtymien terveystakeskusten tehokkuusluvut olivat keskimäärin korkeammat kuin yhden kunnan terveystakeskusten. Regressiomalleilla havaittiin, että erittäin suuren tai pienen väestöpohjan terveystakeskusten joukossa oli suhteellisesti enemmän alhaisen tehokkuusluvun saaneita terveystakeskuksia kuin keskisuurissa terveystakeskuksissa. Ympäristötekijät vaikuttivat terveystakeskusten tehokkuuteen kauttaaltaan, mutta nosivat alhaisimpia tehokkuuslukuja erityisesti Oulun ja Lapin lääneissä.

Asiasanat: Tehokkuus, tuottavuus, menetelmät

RÄTY TARMO, LUOMA KALEVI, KOSKINEN VILLE JA JÄRVIÖ MAIJALIISA: TERVEYSKESKUSTEN TUOTTAVUUS VUOSINA 1997 JA 1998 SEKÄ TUOTTAVUUSEROJA SELITTÄVÄT TEKIJÄT. Helsinki, VATT, Valtion taloudellinen tutkimuskeskus, Government Institute for Economic Research, 2002, (B, ISSN 0788-5008, No 88). ISBN 951-561-400-7.

Abstract: In the study the productive efficiency of 167 general practitioner managed health centres during 1997 and 1998 is assessed by Data Envelopment Analysis. The measured inefficiency is explained by variables describing organisation environment, economy and finance. Aside technical, allocative and cost efficiency, also a method accounting for environmental effects on efficiency, called the managerial efficiency, is applied. The results show that there is considerable variation in cost efficiency among Finnish health centres. The technical efficiency alone could be improved by 7-10 percent on average. Health centres operated by federations of municipalities appeared more efficient than the ones operated by a single municipality. The regression models showed that health centres taking responsibility on services of both relatively large or relatively small populations are likely to be more inefficient than average. Environment counts on measured technical efficiency throughout the data, but seems to have the most negative impact in the two northernmost provinces of Finland.

Key words: Efficiency, Productivity, Methods

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Aineiston kuvaus	2
3 Menetelmät	6
3.1 Tuottavuus ja tehokkuuden mittaus	6
3.2 Tehokkuusmittarit vakioskaalatuotto-oletuksella	8
3.2.1 Tehokkuus usean panoksen ja tuotoksen tapauksessa	13
3.3 Allokatiivinen tehokkuus ja kustannustehokkuus	15
3.4 Tuottavuusindeksit	15
3.4.1 Malmquist-tuottavuusindeksit	18
4 Terveyskeskusten tehokkuuserot ja tuottavuuden kehitys vuosina 1997 ja 1998	21
4.1 Tehokkuuserot vakioskaalatuotto-oletuksella	21
4.1.1 Tehokkuuden vertailu terveyskeskusten välillä	21
4.1.2 Tehokkuuden alueellinen vertailu	27
4.2 Kokonaistuottavuuden kehitys: Malmquist-indeksin sovellus	29
5 Terveyskeskusten tehokkuuseroihin vaikuttavat tekijät	32
5.1 Tehokkuuserojen selitys Tobit-mallilla	32
5.1.1 Terveyskeskusten tehokkuuden selitysmalli vakioskaalatuotto-oletuksella	33
5.2 Niin, mutta..., eli ympäristötekijöiden vaikutus tehokkuuteen	35
5.2.1 Keskustelua menetelmän soveltamisesta ja tulokset	38
6 Pohdinta ja johtopäätöksiä	44
6.1 Tuloksista	45
Liite 1. Taustamuuttujien kuvaus	47
Liite 2. Tehokkuuserot vaihtuvien skaalatuottojen oletuksella	48

Liite 3. Allokatiivisen tehokkuuden ja lääkärin lukumäärän välinen yhteys	50
Liite 4. Yksittäisen taustamuuttujan merkitys selitettäessä terveyskeskuksen tehottomuutta Tobit-mallilla	51
Liite 5. Tobit-mallien (taulukko 10) parametriestimaatit ja keskeiset testisuureet	53
Liite 6. Asukastiheyden dummy-muuttujat	55
Liite 7. Ympäristötekijöiden vaikutukset eri terveyskeskusten tehokkuuteen	58
Lähteet	58

1 Johdanto

Terveydenhuollon voimavarojen riittävydestä on Suomessa parin viime vuoden aikana käyty vilkasta keskustelua. Toistuva teema tässä keskustelussa on ollut se, että Suomen terveydenhuollon ongelmat johtuvat ennen muuta terveydenhuollon resurssien niukkuudesta ja viime vuosikymmenellä toteutetuista säästötoimista. Toisaalta viime vuosikymmenen alun tilannetta selvittäneet useat tutkimukset osoittivat, että kunnallisten terveystalouksien tuotannossa oli huomattavia tehokkuuseroja ja siten merkittäviä tehostamismahdollisuuksia. Samanlaisia palveluja tuottavien organisaatioiden, kuten sairaaloiden ja terveyskeskusten, välillä oli huomattavia vaihtelua sekä palvelutuotannon tehokkuudessa että taloudellisuudessa (ks. esim. Järviö ym. 1994, Luoma ym. 1996, Linna ja Häkkinen 1996).

Vuoden 1991 tietoihin perustuneen tutkimuksen mukaan terveyskeskusten tehoisuutta selittivät varsin hyvin korkeat valtionosuusprosentit ja korkeat kunnallisveronalaiset tulot. Talouden laman ja kuntien valtionosuusjärjestelmän uudistuksen myötä kuntien verotulot laskivat ja valtionosuuksien antama hintatuki sosiaali- ja terveydenhuollon panoksilta poistui siirryttäessä kustannusperusteisesta järjestelmästä laskennallisiin valtionosuuksiin. Terveyskeskusten tuottavuus kääntyiikin pitkään jatkuneen laskun jälkeen nousuun (Luoma ja Järviö 1992, 2000). Tiukemmat taloudelliset rajoitteet ja vahvemmat taloudelliset kannustimet vaikuttivat sen suuntaisesti kuin Luoman ym. 1996 tutkimuksen mukaan saattoi ennustaakin. Terveyskeskusten väliset tehokkuuserot eivät kuitenkaan supistuneet, pikemminkin päinvastoin (Luoma ja Järviö 2000).

1990-luvun lopun taloudellinen kasvu lisäsi kuntien taloudellisia resursseja mutta useat kunnat joutuivat käyttämään ne laman aikaisten lainojen takaisinmaksuun, ei palvelujen kehittämiseen. Vuodet 1997 ja 1998 olivat selkeästi taloudellisen kasvun vuosia, joskin kuntien välillä on eroa tässäkin suhteessa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tuoda oma panoksensa terveydenhuollon resursseja koskevaan keskusteluun vertaamalla suomalaisten terveyskeskusten palvelutuotannon tehokkuutta ja taloudellisuutta data envelopment analyysin (DEA) avulla. Tutkimuksen toisessa vaiheessa selitetään eroja terveyskeskusten tehokkuudessa Tobit-malliin perustuvan regressionanalyysin avulla käyttäen selittävinä muuttujina terveyskeskusten toimintaympäristöä, organisaatoratkaisuja ja taloudellisiin kannustimia kuvaavia muuttujia. Vaihtoehtoisena analysointivälineenä käytetään Friedin ym. (1999) kehittämää menetelmää, jolla pyritään poistamaan DEA-tehokkuusluvuista toimintaympäristön erilaisuudesta aiheutuvat vaikutukset terveyskeskusten panoskäyttöön.

2 Aineiston kuvaus

Havaintoaineisto sisälsi tietoja 265 terveyskeskuksesta vuonna 1997 ja 266 terveyskeskuksesta vuonna 1998. Näistä yhden kunnan terveyskeskuksia oli 183 vuonna 1997 ja 187 vuonna 1998. Kuntayhtymien ylläpitämiä terveyskeskuksia oli 80 vuonna 1997 ja 78 vuonna 1998.

Terveyskeskukset ovat erilaisia paitsi menoiltaan, henkilökuntamäärältään ja asukaspohjan suuruudeltaan myös palvelurakenteeltaan. Jotkut terveyskeskukset tuottavat erikoislääkäripalveluja ja ne luokitellaan erikoislääkärijohtoisiksi terveyskeskuksiksi, joissakin terveyskeskuksista annetaan vuodeosastohoitoa, joissakin vain avohoitopalveluja. Terveyskeskusten vertailukelpoisuuden parantamiseksi aineistosta poistettiin erikoislääkärijohtoiset terveyskeskukset ja terveyskeskukset, joissa ei toiminut vuodeosastoa. Lisäksi aineistosta poistettiin terveyskeskukset, joiden jonkin tuotos- tai panosmuuttujan tiedot puuttuivat tai niissä epäiltiin virhettä. Aineistosta poistettiin esimerkiksi ne terveyskeskukset, joissa jonkin panoksen tai tuotoksen vuotuinen muutos 1997-98 oli suuri terveyskeskuksen kokoon nähden. Näin päädyttiin *167 terveyskeskuksen aineistoon*¹.

Tutkimuksessa käytettiin kuutta tuotosmuuttujaa: 1) käynnit lääkärin luona, sisältäen päivävastaanotokäynnit sekä ilta- yö- ja viikonloppukäynnit, 2) käynnit muun ammattihenkilökunnan luona, 3) kotisairaanhoidon käynnit, 4) hammashuollon käynnit, sisältäen käynnit hammaslääkärin luona sekä muut hammashuollon käynnit, 5) alle 29 vuorokautta kestäneiden hoitajaksojen lukumäärä ja 6) 29 vuorokautta tai pitempien ja kuolemaan johtaneiden hoitajaksojen hoitopäivien lukumäärä tarkasteltavan vuoden aikana.

Taulukko 1 . Tuotosmuuttujat, tuhansia käyntikertoja

	Keskiarvo		Minimi		Maksimi	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Avohoito						
Lääkärikäynnit	39,1	38,5	3,5	3,9	366,8	380,4
Käynnit muun henkilökunnan vastaanotolla	50,8	49,8	2,6	3,4	400,5	312,4
Hammaslääkärikäynnit	18,8	18,4	1,8	1,7	143,4	138,7
Kotisairaanhoidonkäynnit	11,5	11,3	0	0	67,9	67,5
Vuodeosastohoito						
Lyhytaikaisen hoidon hoitokäynnit	0,9	0,9	0,06	0,9	7,2	7,2
Pitkäaikaisen hoidon hoitopäivät	20,8	20,5	2,0	2,6	254,5	250,6

¹ Tutkimuksessa mukana olleet terveyskeskukset ilmenevät liitteestä 5.

Käyntimäärät saatiin Suomen Kuntaliiton tuottamasta terveyskeskusten taloustilastosta ja SOTKA-tietokannasta. Hoitojaksojen ja hoitopäivien lukumäärätiedot perustuvat Stakesin ylläpitämän hoitoilmoitusrekisterin tietoihin.

Tutkimuksen *neljä panosmuuttujaa* olivat: 1) lääkäripanos, sisältäen hammaslääkärit ja muut lääkärit, 2) hoitohenkilökuntapanos, sisältäen hoitohenkilökunnan, ylihoitajat, muun hoitohenkilökunnan ja hammashoitajat, 3) muu henkilökuntapanos, sisältäen terapia-alan, sosiaalialan, vapaa-ajan, palvelualan ja hallinnollisen alan työntekijät sekä psykologit ja muut ammattiryhmät ja 4) ostopalvelupanos, sisältäen asiakaspalvelujen ostot, muiden palvelujen ostot sekä aineet ja tarvikkeet. Henkilöstöpanokset laskettiin Tilastokeskuksen tuottamasta kuntien ja kuntayhtymien palkkatilastosta, joka perustuu Tilastokeskuksen kunnalliseen henkilökantarekisteriin, johon kunnat ja kuntayhtymät ilmoittavat lokakuun alun henkilöstönsä määrän ammattiryhmittäin palkkaustietoineen. Tiedot ostopalveluista perustuvat Suomen Kuntaliiton terveyskeskusten taloustilastoihin. Toimitilojen kustannukset jätettiin pois, sillä tilastotiedot toimitilamenoista eivät kuvaa todellista toimitilaresurssien käyttöä.

Taulukko 2. Panosmuuttujien kuvaus

	Keskiarvo		Minimi		Maksimi	
	1997	1998	1997	1998	1997	1997
Panosmäärät						
Lääkärit	15	15	1	1	172	194
Hoitohenkilökunta	91	89	11	14	789	748
Muu henkilökunta	46	46	3	3	590	610
Ostopalvelut, 1000€	1594	1664	313	321	19 230	18 995
Panoshinnat						
Lääkärit	130	139	91	101	186	209
Hoitohenkilökunta	66	69	59	60	96	86
Muu henkilökunta	58	60	51	53	78	73
Ostopalvelut, 1000€	vakio					

Koska ostopalvelujen yksikköhinnoina ei ollut saatavissa terveyskeskuskohtaista tietoa, jouduimme oletamaan, etteivät nämä hinnat vaihtelee terveyskeskusten välillä.

Henkilöstöpanosten käyttö ilmaistiin kokoaikaisina vuosityöntekijöinä. Niiden laskemiseksi oli arvioitava, miten suuren panoksen osa-aikaiset työntekijät muodostavat kokoaikaisiin työntekijöihin verrattuna. Asia ratkaistiin laskemalla työpanos kullekin ammattiryhmälle koko aikaisten ja osa-aikaisten työntekijöiden lukumäärän painotettuna summana:

Ammattiryhmän työpanos = kokoaikaisten lukumäärä + a x osa-aikaisten lukumäärä

Kerroin *a* on osa-aikaisten työntekijöiden ja kokoaikaisten työntekijöiden kokonaisansioiden välinen suhde, joka on laskettu jokaiselle terveyskeskukselle ja jokaiselle ammattiryhmälle erikseen:

a = osa-aikaisten kokonaisansiot / kokoaikaisten kokonaisansiot

Esimerkiksi jos jossain terveyskeskuksessa osa-aikaisten lääkärien kokonaisansio oli puolet kokoaikaisten lääkärien kokonaisansioista, arvioitiin heidän työpanokseksensa vastaavasti puoleksi kokoaikaisen lääkärin työpanoksesta. Mikäli terveyskeskuksessa oli jossakin ammattiryhmässä vain osa-aikaisia työntekijöitä, laskettiin kerroin suhteena koko maan vastaavan ammattiryhmän kokonaisansioiden keskiarvoon.

Eri ammattiryhmien panokset summattiin painottamatta edellä mainituiksi kolmeksi henkilöstöpanokseksi: lääkärit, hoitajat ja muu henkilökunta.

Poikkeavat havainnot pyrittiin löytämään erilaisten terveyskeskuskohtaisten vertailujen avulla. Panosmäärät tarkistettiin vertailemalla vuosien 1997 ja 1998 lukuja. Lisäksi niiden oikeellisuutta tarkistettiin vertailemalla palkkatilastosta laskettuja henkilöstömenoja terveyskeskusten taloustilaston henkilöstömenoihin. Tuotosmäärien oikeellisuutta tarkistettiin toisaalta vuosien 1997 ja 1998 lukujen vertailulla ja toisaalta suhteuttamalla tuotosmääriä väkilukuun.

DEA-tehokkuusanalyysissä terveyskeskusten avohoidon tuotoksina käytettiin avohoitokäyntejä ja vuodeosaston tuotoksina hoitopäiviä ja hoitajaksoja. Panoksina käytettiin kolmea henkilöstöpanosuuttujaa ja ostopalvelujen käyttöä kuvaavaa muuttujaa.

Terveyskeskusten tehokkuuseroja selittävässä malleissa selittävinä muuttujina käytettiin terveyskeskuksen toimintaympäristöä ja organisaatiota kuvaavia muuttujia. Terveyskeskusalueen taloudellisia resursseja mitattiin kunnallisveronalaisilla veroäyrimäärillä asukasta kohden ja valtionosuuksilla (pl. verotulojen täydennys) asukasta kohden (SOTKA-tietokanta). Terveyskeskuspalveluille vaihtoehtoisia palveluja mitattiin erikoissairaanhoidon ja yksityisten lääkäritutkimus- ja hoitopalvelujen menoilla asukasta kohden (SOTKA-tietokanta) ja laitoshoidossa olevien osuudella yli 65-vuotiaista. Terveyskeskusalueen terveyspalvelujen kysynnän mittarina käytettiin väestömäärää, yli 65-vuotiaiden osuutta, yli 85-vuotiaiden osuutta, 0-6-vuotiaiden osuutta ja työkyvyttömyyseläkkeellä olevien osuutta väestöstä (SOTKA-tietokanta). Terveyskeskuksen organisaatiota kuvaavia muuttujia on edelleenkin saatavissa harvoja. Terveyskeskusten toiminnallisia eroja mitattiin väestövastuulääkärijärjestelmällä, joka oli käytössä 43 terveyskeskuksessa. Seuraavassa taulukossa on esitetty analyysissä tilastollisesti merkitseviksi osoittautuneiden taustamuuttujien kuvaustietoja.

Taulukko 3. Taustamuuttujien kuvaus

Muuttuja	Tyyppi	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Asukastiheys	dummy	63,42	0	1
Etäisyys lähimpään sairaalaan (km)	jatkuva	36	0	263
Osa-aikaisten lääkäreiden osuus	jatkuva/dummy	0,14	0	1,5
Kuntayhtymään kuuluminen	dummy	0,34	0	1
Päivystystoiminta	dummy	0,18	0	1
Kunnallisveronalaiset tulot/asukas, €	jatkuva/dummy	8304	5746	11806
Vuosikate, €	jatkuva	143	-285	969
Työttömyysaste	jatkuva	0,063	0,025	0,133
Yksityisen terveydenhuollon menot/asukas, €	jatkuva	505	343	719

Kaikkien taustamuuttujien kuvaus on liitteenä 1.

3 Menetelmät

Tuottavuuden mittaukseen liittyy aina vertailu joko tuotantoyksiköiden tai aika-periodien välillä. Kun tehokkuusmittareilla tarkastellaan rinnakkaisia yksikköjä tietyllä periodilla, keskeinen ongelma on mitata periodin paras mahdollinen tuottavuus ja verrata yksikköjä suhteessa tähän. Mikäli halutaan vertailla saman yksikön tuottavuutta eri periodeilla, tarvitaan tuottavuusindeksejä. Tuottavuuden muutos aikaperiodien välillä voi johtua kahdesta eri tekijästä, parantuneista teknisistä mahdollisuuksista tai yksikön tehokkuuden muutoksesta. Parhaimmillaan tuottavuusindeksit pystyvät erottelemaan nämä komponentit tuottavuuden kehityksestä. Luvuissa 3.1 ja 3.2 esitellään tarkemmin, mitä tuottavuudella tässä tutkimuksessa tarkoitetaan ja esitetään eräs tapa mitata tehokkuutta Data Envelopment Analyysillä (DEA). Luvussa 3.3 käsitellään edellisen luvun mittareiden variaatioita ja dekomponointia, allokatiiivista ja kustannustehokkuutta. Luvussa 3.4 esitellään tuottavuusindeksit eli vertaillaan yksiköitä ottaen huomioon muutokset niin tehokkuudessa kuin tuotantoteknologiassakin.

Tuottavuuden ja tehokkuuden mittaus muodostaa matemaattisesti haastavan alueen taloustieteestä, joten soveltavissa tutkimuksissa pääsääntöisesti ohitetaan menetelmän perusteet ja esitetään vain ns. DEA duaalimuodon ratkaisu. Tässä tutkimuksessa kehitämme uutta esitystapaa tuottavuuden ja tehokkuuden mittaukselle, joka lähtee mittaamisen perusteista ja korostaa tehokkuutta osana tuottavuutta, kuitenkin edellyttämättä lukijalta syvällistä matemaattisen ohjelmoinnin hallintaa. Esitys ei ole täysin kattava, mutta Coelli ym. (1999) ovat laatineet kattavan ja yleistajuinen esityksen indeksteoriasta ja tuottavuusmittareista.

3.1 Tuottavuus ja tehokkuuden mittaus

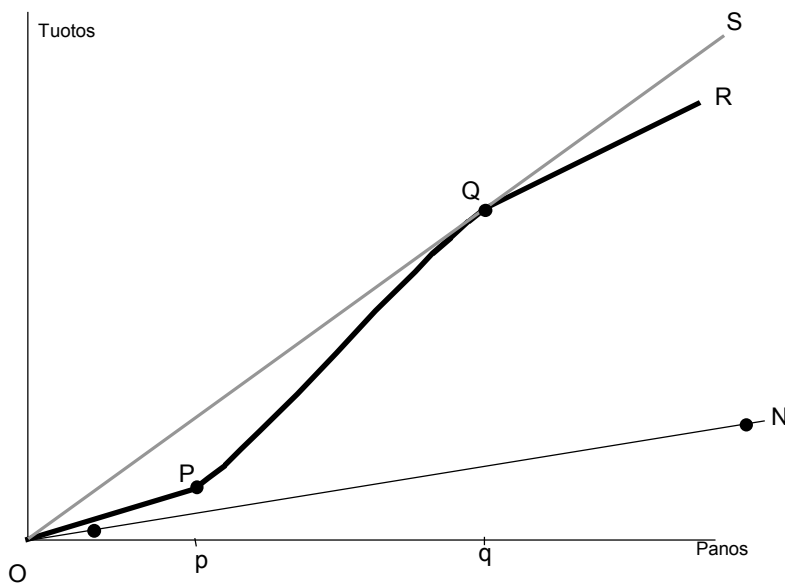
Tuotantoyksikkö, tässä tapauksessa terveyskeskus, käyttää useita panoksia useiden tuotosten tuottamiseen. Yksikköjä voidaan vertailla keskenään jokaisen tuotoksen ja käytetyn panoksen suhdeluvulla erikseen tai laskemalla tuotoksista ja panoksista jollakin kaavalla yhdistetyt (tai virtuaali-) tuotos- ja panosmittarit, joiden suhdetta tarkastellaan.

Yksikön tuotos/panos -suhdetta kutsutaan tuottavuudeksi, riippumatta siitä miten tuotokset ja panokset on mitattu. Tuottavuus on periaatteessa yksinkertainen mittari, mutta siihen liittyy vahvoja oletuksia ja tulkinnallisia ongelmia. Ensinnäkin, matemaattisesti tarkasteltuna tuottavuusmittaria voidaan kasvattaa rajattomasti. Yksittäisestä tuottavuusluvusta emme voi päätellä sitä, kuinka hyvin yksikkö toimii annetuilla teknologisilla mahdollisuuksilla ja toimintaympäristössään. Toiseksi, tuotos/panos -suhde on täysin riippumaton tuotannon skaalasta. Suuren kaupungin terveyskeskus, joka käyttää tasan kymmenen kertaa enemmän panoksia ja tuottaa tasan kymmenkertaisen määrän tuotoksia kuin pienen kunnan

vastaava yksikkö, on tuottavuusmittarilla mitattuna identtinen. Kuitenkin suuremman terveystieteiden voitaisiin olettaa ainakin jossain määrin pystyvän käyttämään suurempaa henkilökuntaansa ja laitteistojaan tehokkaammin kuin pienten yksiköiden (tai päinvastoin, riippuen yksiköiden suhteellisesta koosta). Käytämme tästä ilmiöstä jatkossa nimitystä skaalatuotot.

Tehokkuusmittarit ratkaisevat edellä esitettyjä ongelmia esittämällä tuottavuusluvut toisiinsa suhteutettuina. Jos korkeimman tuottavuusluvun omaavan yksikön ajatellaan omaavan parhaan mahdollisen teknologian, sitä voidaan käyttää vertailukohtana. Kaikki tuotokset ja panokset voidaan skaalata siten, että tehokkain yksikkö saa tuottavuusluvukseen ykkösen ja samalla muiden yksiköiden tuottavuusluvut esittävät tuottavuuden suhteessa tehokkaimpaan. Näin skaalattua tuottavuusmittaria kutsutaan tehokkuusmittariksi. Luonnollisesti tuottavuusluvut voidaan esittää myös minkä tahansa muun referenssitason suhteen. Skaalatuottojen huomioon ottaminen vaikeuttaa tehokkuusmittausta olennaisesti. Muuttuvien skaalatuottojen vallitessa ei ole uskottavaa, että kaikkia yksiköitä voitaisiin verrata samaan (tehokkaimpaan) vertailuyksikköön.

Kuva 1. Tuottavuus ja skaalatuotot



Skaalatuottojen ongelmaan ei löydy yksiselitteistä ratkaisua, sillä mittaajan on tiedettävä tai ainakin oletettava, miten skaalatuotot muuttuvat tuotannon ja panoskäytön kasvaessa. Kuvassa 1 on kuvattu hypoteettista tuottavuuden muutosta panosmäärien (tuotannon skaalan) kasvaessa. Suorat pisteiden OPQR kautta kuvaavat tuotantofunktiota, eli suurinta saavutettavissa olevaa tuotosta eri panos-tasoilla. Jokaiseen OPQR:n pisteeseen liittyy jokin tuottavuustaso (tuotos/panos). Välillä OP tuottavuus pysyy vakiona, välillä PQ se kasvaa ja välillä QR laskee.

Vastaavasti puhutaan vakioisista, kasvavista tai laskevista skaalatuotoista. Pisteessä Q skaalatuotto muuttuu nousevasta laskevaksi, joten skaalatuottoa sanotaan myös tässä vakioksi. Pisteeseen Q liittyy myös toinen tärkeä ominaisuus, sillä siinä tuottavuus saavuttaa maksiminsa. Jos havaitsemme jonkun yksiköistä pisteessä Q ja oletamme, että tämä tuottavuus on saavutettavissa millä tuotannon tasolla tahansa, tuotantofunktion kuuluisi kulkea (suoraan) pisteiden OQS kautta. Vertailemamme terveyskeskukset ovat molemmat janalla ON (niiden tuottavuus on sama mutta skaalaero kymmenkertainen). Koska tuottavuus pysyy vakiona sekä janalla ON että vakioskaalaisella tuotantofunktiolla OQS, terveyskeskukset ovat myös yhtä tehokkaita. Tilanne muuttuu, jos pitäydymme alkuperäisessä hypoteesissa eli tuotantofunktiossa OPQR. Koska siinä tuottavuus vaihtelee tuotannon skaalan mukaan, pitää tehokkuusvertailussa päättää, miten vertailupiste tuotantofunktiolta valitaan. Palaamme tähän sääntöön myöhemmin.

Terveyskeskusten koko on yhteydessä terveyskeskusalueen väestöpohjan laajuuteen. Niiden toiminta on kuitenkin työvoimavaltaista asiakaspalvelua, missä yksittäiseen toimenpiteeseen, lääkärin vastaanottoon tai hoitotoimenpiteisiin, kuluva aika ja resurssit ovat pääosiltaan riippumattomia asukaspuhjan laajuudesta. Olisi kuitenkin kohtuutonta olettaa, että esimerkiksi Hyrynsalmen ja Espoon terveyskeskukset voitaisiin täysin rinnastaa keskenään skaalaamalla tuotanto samalle tasolle. Kuitenkin toiminnan tuottavuuden vaihteluun vaikuttavat pääasiassa muut kuin skaalatuottoon liittyvät seikat, kuten toiminta-alueen väestön sairastavuus, etäisyydet, vaihtoehtoisten palvelujen saatavuus ja asukastiheys. Tuottavuuden tai tehokkuuden mittaukseen tässä tutkimuksessa käytetyillä malleilla ei voi näitä vaikutuksia mitata. Käytämme tehokkuus- ja tuottavuusestimoinneissa vakioskaalatuottoisia malleja, mutta pyrimme arvioimaan skaalasta riippumattomien ympäristötekijöiden vaikutusta regressiomalleilla kappaleessa 5.

3.2 Tehokkuusmittarit vakioskaalatuotto-oletuksella

Määritelmä 1: *Olkoon y_j yksikön j tuotos ja x_j sen panos. Merkitään kaikkien havaintojen joukkoa T :llä ja tarkasteltavaa yksikköä alaindeksillä $0 \in T$. Yksikön 0 tehokkuus, E_0 , on sen havaitun tuottavuuden suhde korkeimpaan havaittuun tuottavuuteen vertailujoukossa.*

$$E_0 = \frac{y_0/x_0}{y^*/x^*}, \text{ missä } y^*/x^* = \text{Max}_{j \in T} y_j/x_j \quad (1)$$

Voimme tulkita tehokkuuden suoraan kunkin yksikön tuottavuuden prosentuaalisena poikkeamana parhaasta mahdollisesta tuotantotavasta. Tehokkuusmittarit ovat helpompia tulkita, jos skaalaamme yksiköt siten, että maksimituottavuus kaavassa (1) saa arvon 1.

Tarvittava transformaatio saadaan määrittelemällä nolasta poikkeavat positiiviset vakiot u ja v siten, että

$$\frac{u y_j}{v x_j} \leq 1 \quad \forall j \in T. \quad u, v > 0. \quad (2)$$

Tämä transformaatio ei mitenkään muuta mitattavia tehokkuuksia, sillä riippumatta siitä, miten u ja v valitaan (transformaatioinvarianssi)

$$\frac{\frac{u y_0}{v x_0}}{\frac{u y_j}{v x_j}} = \frac{y_0 x_j}{y_j x_0} = \frac{y_0}{x_0} \frac{x_j}{y_j} \quad \forall 0, j \in T. \quad u, v > 0. \quad (3)$$

Soveltamalla tätä transformaatiota koko aineistoon, määritelmän 1 mukainen tehokkuusmittari supistuu muotoon, $\frac{u y_0}{v x_0}$. Kertoimet ja yksikön 0 tehokkuus saadaan ratkaisuna ohjelmointiongelmasta

$$E_0 = \underset{u, v}{\text{Max}} \frac{u y_0}{v x_0}$$

$$\text{se.} \quad \frac{u y_j}{v x_j} \leq 1 \quad \forall j \in T \quad (4)$$

$$u, v > 0$$

Koska maksimissa ainakin yksi rajoitteista on sitova, jokin rajoitteiden tuottavuuksista $\frac{u y_j}{v x_j}$ on ratkaisussa ykkönen. Ohjelmointiongelman (4) ratkaisu on vain erikoistapaus yleisestä tehokkuusmääritelmästä (1), eli se voidaan tulkita samaan tapaan tuottavuusvertailuna, kuin jo tehtiin kuvassa 1, mutta se on nyt paljon käytännöllisempi. Se esittää tehokkuuden välillä $[0,1]$ olevana suhdeluku-
na.

Matemaattisesti tarkasteltuna ohjelmointiongelma (4) on epälineaarinen ja sillä on lukematon määrä ratkaisuja. Mille tahansa parille (u, v) joka ratkaisee ongelman, myös kaikki niiden kertaluvut (ku, kv) , missä k on positiivinen vakio, ovat käypiä ratkaisuja. On syytä sopia, mikä niistä valitaan. Ns. Charnes-Cooper -transformaatioissa valitaan v siten, että $v x_0 = 1$. Soveltamalla tätä (4):ään saadaan lineaarinen ongelma, jonka ratkaisuna on määritelmän (1) mukainen tehokkuusmittari,

$$\begin{aligned}
 E_0 &= \underset{\mu, \nu}{\text{Max}} \mu y_0 \\
 \text{se.} \quad \nu x_0 &= 1 \\
 \frac{\mu y_j}{\nu x_j} &\leq 1 \quad \forall j \in T \\
 \mu, \nu &> 0
 \end{aligned} \tag{5}$$

Kertoimien (ratkaistavien muuttujien) vaihtuminen ei ole kirjoitusvirhe, vaan ongelman (5) ratkaisuna saatavat kertoimet (μ^*, ν^*) ovat jokin tuntematon kertaluku ongelman (4) ratkaisevista kertoimista (u^*, v^*) .

Optimointiongelma (4) kertoo, miten tehokkuusmittari lasketaan. Sen transformointi (5) taas, miten ratkaisua voidaan etsiä. Kuva 2 havainnollistaa näitä molempia esimerkkiaineistolla. Transformoidulla aineistolla tehokkuuden maksimi on 1 eli kuvassa 2 tehokkaan yksikön täytyy sijaita 45 asteen suoralla origosta. Kaikki muut havainnot ovat sen alapuolella. Oletetaan, että meillä on vain kolme havaintoa:

Taulukko 4. Esimerkkihavainnot

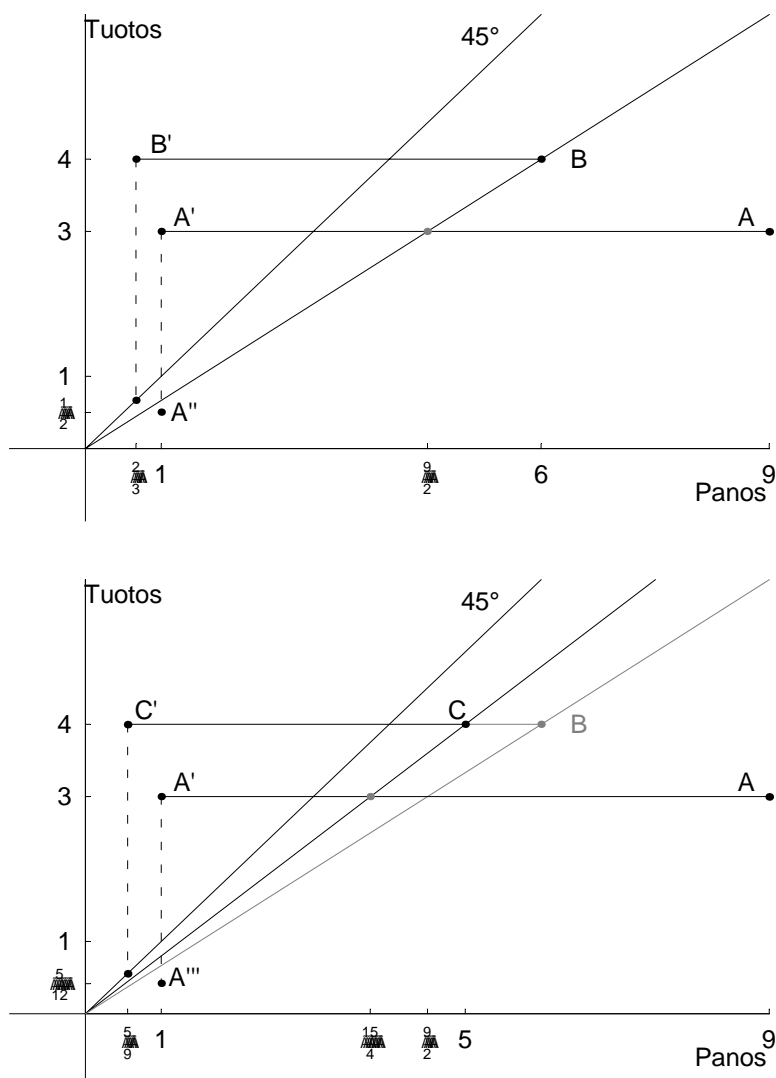
	Yksikkö A	Yksikkö B	Yksikkö C
Panos	9	6	5
Tuotos	3	4	4

Kuvan 2 ylemmässä koordinaatistossa (alkutilanne) on tarkasteltu tehokkuutta yksikköjen A ja B virittämässä tuotantomahdollisuuksien joukossa. Alemmassa koordinaatistossa tarkastellaan tehokkuuden muutosta, kun havaintoaineistossa on myös yksikkö C mukana. Alkutilanteessa tuotavuuden maksimi on yksiköllä B, $2/3$.

Ratkaistaan yksikön A tehokkuus. Ongelman (5) ratkaisu edellyttää että $\nu x_0 = 1$. Tästä saadaan suoraan ratkaisun ehdoksi $\nu = 1/9$, eli molempia yksiköitä A ja B transformoidaan vasemmalle pisteisiin A' , $(1, 3)$, ja B' , $(2/3, 4)$. Nyt haetaan suurin mahdollinen tuotoksen transformaatio A' :lle, joka pitää molemmat transformoiduista panossuhteista sallittuina, alle ykkösen. A' :lle maksimi ($E_0=1$) saavutettaisiin kertoimella $\mu = 1/3$, mutta B' :n transformointi 45° suoralle edellyttää siirtymistä pisteeseen $(2/3, 2/3)$ eli kerrointa $\mu = 1/6$. Näin saadaan A:lle tehokkuus $E_0 = \frac{1/6 \times 3}{1/9 \times 9} = \frac{1}{2}$. Kuvassa A:n tehokkuus on suoraan luettavissa pisteen A'' , $(1, 1/2)$, korkeutena.

Jos yksikkö C lisätään havaintoaineistoon, muuttuu sekä A:n että B:n tehokkuus. Ratkaistaan A:n tehokkuus muuttuneessa tilanteessa. Panoksen transformaatioehto, $\nu x_0 = 1$, ei muutu mitenkään, eli optimissa ν pysyy tasolla $1/9$. Myös yksikkö B on tässä suhteessa muuttumaton, joten alkutilanteen optimi $(\nu^*, \mu^*) = (1/9, 1/6)$ olisi sen kannalta sallittu. Yksikön C panos transformoituu kuitenkin tasolle $5/9$, joten maksimi μ saadaan ratkaisuna yhtälöstä, $\mu \times 4 = 5/9$, eli $\mu = 5/36$. Näin A:n tehokkuus laskee alkutilanteeseen verrattuna $E_0 = \frac{5/36 \times 3}{1/9 \times 9} = \frac{5}{12}$. Tämä on taas suoraan luettavissa transformoituna pisteinä A''.

Kuva 2. DEA tehokkuusmittari



Kuva 2 paljastaa myös tehokkuuden mittaamissuunnan, eli orientaation, vakioskaalaisella mallilla, mutta kuvaa täytyy tulkita toisesta näkökulmasta. Alkutilanteessa sama tulos saadaan kiinnittämällä A:n tuotos tasolle 3 ja vertaamalla sitä täysin tehokkaan B:n panoskäyttöön. B voi oletusten mukaisesti liikkua vapaasti origosta lähtevällä säteellään. Siten se voisi tuottaa 3 tuotosyksikköä panosmäärällä $9/2$. Vertaamalla A:n panoskäyttöä tehokkaaseen saadaan tehokkuusluvuksi $9/2 \div 9 = \frac{1}{2}$, sama kuin edellä. Malli siis vertaa havaittua ja optimaalista panoskäyttöä, eli se on panosorientoitunut. Jos myös yksikkö C on tarkastelussa mukana panosorientoinut tehokkuus A:lle saataisiin vertaamalla panoskäytön tasoja $15/4$ ja 9. Nämä ovat (5):n duaaliongelman ratkaisuja, joissa etsitään *minimi* kerrointa, jolla havaittua panosta voidaan kertoa, pitäen kuitenkin näin saatu tuottavuus matalampana kuin korkein havaittu. Tämän matemaattisen todistamiseen ja liittämiseen edellä esitettyyn tulkintaan tuottavuuden ja tehokkuuden välisestä suhteesta tarvitaan joukko teoreemoja, joiden esittäminen ei palvele tätä tutkimusta. Lopputulos on kyllä intuitiivinen ja ehkä eniten käytetty ei-parametrisessa tehokkuusmittauksessa.

Tehokkuusmittarin orientaatio voidaan helposti kääntää. Tuottavuutta voidaan kasvattaa joko panosta vähentämällä tai tuotosta kasvattamalla, *ceteris paribus*. Edellä esitettyyn tämä voidaan liittää ohjelmointiongelman (4) kautta. Sen ratkaisevassa formulaatiossa (5) kuitenkin edellytettiin, että jakaja normeerataan ykköseen. Tuotosorientoitunutta mallia varten ongelma (4) täytyy kääntää minimointiongelmaksi

$$\begin{aligned}
 E_0 = & \underset{u,v}{\text{Min}} \frac{vx_0}{uy_0} \\
 \text{se.} & \frac{vx_j}{uy_j} \geq 1 \quad \forall j \in T \\
 & u, v > 0
 \end{aligned} \tag{6}$$

Vastaavat transformaatiot tuottavat tuotosorientoituneen tehokkuusmallin. Vaikka vakioskaalatuottojen vallitessa tällä ei ole mitään merkitystä laskettuihin tehokkuuksiin, on kuitenkin syytä painottaa näiden kahden mallin, panos- ja tuotosorientaation, periaatteellista eroa: panosorientoitunut malli maksimoi tuotospanos $\left(\frac{y}{x}\right)$ suhdetta, tuotosorientoitunut malli minimoi panos-tuotos $\left(\frac{x}{y}\right)$ suhteen. Tällä erolla on merkitystä muuttuvien skaalatuottojen mallissa (liite 2).

Tehokkuusmittari (6) on yhden panoksen ja yhden tuotoksen erikoistapauksia panosorientaation mukaan lasketuista DEA -mittareista (Charnes ym. 1978).

Malli tunnetaan kirjallisuudessa yleisesti tekijöidensä alkukirjaimilla CCR. Liitteessä 2 on esitelty vastaava mittari muuttuvien skaalatuottojen vallitessa, (14), sen yleinen tapaus on tunnetaan mallinimellä BCC (ks. Banker ym. 1984). Molempia mittareita voidaan kutsua myös nimellä vertailevat tehokkuusmittarit, sillä mittarit lasketaan jokaiselle yksikölle erikseen käyttäen kaikkien yksiköiden havaintoja tuottavuuden vertailukohtana.

3.2.1 Tehokkuus usean panoksen ja tuotoksen tapauksessa

Edellä käsitelty yhden panoksen ja yhden tuotoksen malli yksinkertaistaa tuottavuuden ja tehokkuuden mittausta, mutta se ohittaa kokonaan yhden keskeisimmistä ongelmista tuottavuusvertailuissa. Erityisesti julkisissa palveluissa tuotantoyksiköillä on monia tuotoksia, joita ei voi välittömästi yhteismitallistaa. Esimerkiksi terveyskeskuksilla yleislääkärin ja hammaslääkärin käyntejä voidaan arvottaa ja vertailla näennäisen luotettavasti vain tuotantokustannusten perusteella. Kuitenkin relevantti vertailuperuste on niiden näiden palvelujen terveysvaikutukset väestöön. Usean muuttujan tuotannossa niin tuotoksille kuin panoksillekin täytyy määrittellä jokin painorakenne. Hintojen puuttuessa se täytyy määrittää enemmän tai vähemmän subjektiivisin perustein. Erityisesti, jos tutkimuksella haetaan tulosten vertailtavuutta, painorakennetta ei voi määrittää pelkästään asiantuntijamielipiteisiin perustuen. Laskentakehikkojen käyttö painorakenteen määrittämisessä tuo tutkimukseen läpinäkyvyyttä, mutta ei vapauta sitä täysin subjektiivisuudesta, sillä laskukaavojen valinta sinänsä perustuu arvioihin oikeasta painorakenteen valintatavasta.

Usean tuotoksen ja panoksen tuotannossa tuottavuus ilmaistaan yhteis- tai ns. virtuaalituotoksen ja -panoksen suhteena. Näin vältetään tuotos-panos-parien välitön vertailu. Merkitään m tuotoksen joukkoa M :llä ja n panoksen joukkoa N :llä. Virtuaalituottavuus yksikölle j , \bar{P}_j , määritellään

$$\bar{P}_j = \frac{\sum_{r \in M} u_r y_{rj}}{\sum_{s \in N} v_s x_{sj}}, j \in T \quad (7)$$

Keskeinen ajatus virtuaalitehokkuudessa on käyttää vertailussa samaa painorakennetta kaikille yksiköille. Niinpä (7) tarkasteltuna tuotos-panos-pareittain toteuttaa saman invarianssin kuin (3) yhden tuotoksen ja panoksen mallissa, eli tuottavuuksien suhteet eivät tuotos-panos-pareilla muutu alkuperäisestä.

Ongelmana on löytää kriteerit painojen laskemiseen. Tässä voidaan hyvin käyttää samaa sääntöä kuin edellä ongelmassa (4). Kahden kertoimen sijaan täytyy valita $n+m$ kerrointa (painoa), yksi jokaiselle tuotokselle ja panokselle. Painot valitaan siten, että maksimi tuottavuus yksiköille on yksi ja valitsemalla sellainen

ratkaisu, jolle $\sum_{s \in N} v_s x_{s0} = 1$ (painokertoimien normeeraus). Näillä usean tuotoksen ja panoksen optimointiongelma tulee muotoon

$$\begin{aligned} & \underset{u_r, v_s}{\text{Max}} \frac{\sum_{r \in M} u_r y_{r0}}{\sum_{s \in N} v_s x_{s0}} \\ \text{s.e. } & \frac{\sum_{r \in M} u_r y_{rj}}{\sum_{s \in N} v_s x_{sj}} \leq 1, \forall j \in T \\ & u_r, v_s \geq 0 \forall r \in M \wedge s \in N \end{aligned} \quad (8)$$

Kaikki, mitä on edellä sanottu kahden muuttujan mallista pätee myös tähän. (8) tuottaa ratkaisuna panos-orientaation ja vakioskaalatuottojen mukaisen estimaatin tarkasteltavan yksikön 0 tehokkuudesta. Se poikkeaa yhdeltä osin merkittävästi erikoistapauksestaan. Kahden muuttujan mallissa ei ollut mielekästä sallia kertoimen u_r tai v_s nolla-arvoa, tehokkuus ei olisi tällöin määritelty tai nolla². Monimuuttujamallissa yksittäiset kertoimet voivat hyvin saada arvokseen nollan ilman, että virtuaalituottavuuden tulkinta vaikeutuu.

Painokertoimena nolla poistaa virtuaalituottavuudesta kyseisen tuotoksen tai panoksen. Yksikköä arvioidaan ja verrataan muihin vain osalla tuotteita ja/tai panoksia. Tämä voi olla perusteltua, jos kyseinen muuttuja on vähämerkityksinen, mutta (8):n ratkaisuun ei mitenkään liity subjektiivista arviota panosten merkityksestä. Nolla-painoja sisältävä ratkaisu jättää ns. *pelivaroja* yksikölle. Se voi vapaasti jättää tuottamatta nämä tuotokset tai käyttää näitä panoksia ilman, että tehokkuus mitenkään kärsii. Yksikön tehokkuutta mitattaessa otetaan huomioon vain sen parhaat puolet.

Pelivarojen jääminen ratkaisuun on harvoin toivottavaa. Niiden poissulkemisessa on kuitenkin omat ongelmansa. Suoraviivainen menetelmä olisi määritellä kullekin painolle (suhteellinen) alaraja. Optimointiongelman ratkaisusta kuitenkin seuraa välittömästi se, että joko ainakin yksi ulkopuolelta määräytyistä alarajoista on ratkaisussa sitova eli vaikuttaa tehokkuusestimaattiin tai asetetuilla alarajoilla ei ole merkitystä. Tämä asettaa korkeita vaatimuksia tiedolle, jonka mukaan painorajoja asetetaan. Toinen mahdollisuus on sallia vain sellaiset ratkaisut, jotka on jokaisen panoksen ja tuotoksen suhteen määriteltävissä yksikäsitteisesti (ks. esimerkiksi Olesen ja Petersen 1994, Rätty 2002). Tämä vaatii kuitenkin kokonaislukutekniikoiden käyttöä optimoinnissa. Tämä on numeerisesti vaativaa, eikä yksikään kaupallinen tehokkuutta mittaava valmisohjelmisto vielä tue näitä

² Tarkkaan ottaen olisi myös (2):ssa voitu asettaa rajoite $u, v > 0$ muotoon $u, v \geq 0$, sillä maksimointikriteeri olisi pitänyt tehokkuuden aina selvästi positiivisena ja rajoitteet pienempänä tai yhtä suurena kuin 1.

tekniikoita. Pelivarat sisältävät tärkeää tietoa arvioitaessa tehokkuusestimaattien muodostumista. On olemassa myös jälkianalyysitekniikoita, kuten luvussa 5 käytetty *johtamisen tehokkuus* (managerial efficiency), jotka pyrkivät käyttämään tämän tiedon hyväkseen.

3.3 Allokatiivinen tehokkuus ja kustannustehokkuus

Teknisen tehokkuuden malleissa tavoitteena oli etsiä sopivat painot panoksille ja tuotoksille tuottavuuden laskemiseksi usealla panoksella ja tuotoksella. Taloudellisessa toiminnassa, joka pyrkii säästämään kustannuksia tai maksimoimaan tuloja, panosten ja tuotosten hinnat ovat luonnollisia painokertoimia, jotka kertovat kunkin muuttujan suhteellisesta merkityksestä tavoitteiden kannalta. Teknisen tehokkuuden käsitettä tarvitaan vain siinä tapauksessa, kun hintoja ei ole saatavilla tai hintoja ei voida käyttää tuotoksen arvon laskemiseen.

Hintojen puuttuminen koskee erityisesti julkisten palvelujen tuotoksia, mutta niissäkin panoshinnat ovat usein määriteltävissä. Tässä tapauksessa tehokkuustarkastelun näkökulmaa voidaan muuttaa. Koska panosten painot (v_s) tunnetaan, ongelma voidaan kääntää hintojen mukaisten kustannukset minimoivien panosmäärien etsimiseksi. Matemaattisesti tämä muutos voidaan johtaa suoraan ongelmasta (3) vaihtamalla välinemuuttujaksi panosmäärät ja korvaamalla painot v_s panoshinnoilla.

Ongelman ratkaisu tuottaa kustannustehokkaan panosallokaation yksikön kohtaa- milla hinnoilla, ns. allokatiivisen tehokkuuden mittarin. Se voidaan tulkita teknisesti tehokkaan yksikön kustannusten suhteellisena etäisyytenä kustannusminimistä. Voidaan osoittaa, että nämä kaksi tehokkuuskäsitettä yhdessä dekomponoivat kustannustehokkuuden,

$$\text{Kustannustehokkuus} = \text{Allokatiivinen tehokkuus} \times \text{Tekninen tehokkuus}$$

Kustannustehokas yksikkö on sekä allokatiivisesti että teknisesti tehokas. Mikään toinen yksikkö ei saa aikaan suoritteitaan vertailuyksikön panosmäärillä tehokkaammin eikä pysty vertailuyksikön hinnoilla pienempiin kustannuksiin.

3.4 Tuottavuusindeksit

Moorsteen (1961), in an independent application of an idea first suggested by Malmquist (1953) in the consumer context, suggested comparing the input of a firm at two different points in time in terms of the maximum factor by which the input in one period could be deflated such that the firm could still produce the output levels observed for the other time period. This results in a Malmquist input index.

(Caves ym. 1982b)

Tehokkuuslaskelmissa verrattiin kerrallaan yhtä yksikköä korkeimman tuottavuuden omaavaan yksikköön. Tuottavuusindekseissä näkökulma on saman yksikön tuottavuuden vaihtelun kuvaus eri periodeina. Merkitään alkuperäistä (ensimmäistä) periodia indeksillä s ja tarkasteltavaa (nykyistä tai vertailu) periodia indeksillä t . Yksinkertaisin tuottavuusindeksi saadaan yhden tuotoksen ja yhden panoksen tapauksessa kirjoittamalla määritelmä (1) yksiköiden sijasta periodeille s ja t sekä luopumalla maksimointiehdosta,

$$\text{Tuottavuusindeksi} = \frac{y_t / y_s}{x_t / x_s} \quad (9)$$

Usean panoksen ja tuotoksen mittauksessa osoittajan tuotokset ja nimittäjän panokset täytyy korvata jollakin ko. muuttujien käytön muutoksia kuvaavilla indekseillä. Ns. Hicks-Moorsteen tuottavuusindeksi on yleinen muoto tuottavuusindekseille,

$$HM = \frac{\text{Tuotoksen määräindeksi}}{\text{Panoksen määräindeksi}}$$

Kaikki varteenotettavat tehokkuusmittarit ovat HM-indeksin erikoistapauksia. Niitä erottaa toisistaan tuotos- ja panosindeksien laskennassa käytetyt oletukset. Yksinkertaisin lähestymistapa on laskea indeksit panos ja tuotos kerrallaan havaituista käyttö- ja suoritemääristä kunakin vuonna ja käyttää näiden painottamatonta keskiarvoa HM-indeksin laskennassa.

Taulukko 5. Esimerkki tuottavuusindeksin laskemiseksi

	Panos	Tuotos	Tuottavuus
Periodi s	20	30	1,5
Periodi t	25	50	2

Avainkysymys on, mitä on oletettava tai tiedetään, periodien s ja t välisestä teknisestä kehityksestä. Esimerkissä tuotos nousee $2/3$ ja panoskäyttö vain neljänneksen, joten tuottavuus näyttäisi parantuneen. Pelkästään havaintoihin perustuen HM-indeksillä saadaan noin 33 prosentin tuottavuuden kasvu $\left(\frac{50/30}{25/20} = \frac{4}{3}\right)$.

Tuottavuuden muutos voi kuitenkin johtua paitsi yksikön käyttämien tuotantotapojen muutoksesta, myös teknisestä kehityksestä periodien välillä. Teknisen kehityksen vaikutusta voidaan mitata vakioimalla esimerkiksi panoskäyttö ja tarkastelemalla, mitä olisi voitu maksimissaan tuottaa periodilla s periodin t panoksilla. Yksinkertaistetaan esimerkkiä olettamalla, että periodilla t yksikkö oli täysin tehokas ja periodilla s esiintyi tehottomuutta. Periodilla s olisi voitu tuottaa

25 panoksella *ainakin* $1,5 \cdot 25 = 37,5$ suoritetta, mutta tehokuutta parantamalla voitaisiin tuottaa vaikkapa 40 suoritetta. Nyt tuottavuusindeksi, joka kuvaa lähinnä teknisen kehityksen komponenttia tuottavuuden kehityksessä olisi $\frac{50/40}{25/25} = \frac{5}{4}$, varsinainen tuotannon tehostuminen olisi siten huomattavasti alle 33 prosenttia. Näitä laskelmia voitaisiin tehdä myös kiinnittämällä tuotokset tai vuoden t teknologiassa. Suurin ongelma on kuitenkin havaitun tuotannon ja tehokkaan tuotannon erottaminen toisistaan. Tehokkuuden estimointiin löytyy kuitenkin välineet edellä luvusta 3.1.

Yleistetään edellistä esimerkkiä sallimalla samaan aikaan tehottomuutta molemmilla periodeilla ja periodien välinen tekninen kehitys. Pitäydytään vielä yhden tuotoksen ja yhden panoksen teknologiassa. Tuotantofunktio periodilla s , $y = f_s(x)$, kuvaa tehokasta toimintaa (eli tuotantoteknologiaa, suurin mahdollinen tuotos, y , annetulla panosmäärällä, x , periodilla s). Kummallakin periodilla havaittu tuotos on

$$\begin{aligned} y_t &= \lambda_t f_t(x_t) & 0 \leq \lambda_t \leq 1 \\ y_s &= \lambda_s f_s(x_s) & 0 \leq \lambda_s \leq 1 \end{aligned}$$

λ_t ja λ_s kertovat kuinka paljon periodilla on tehokkuustappiota. Sijoittamalla nämä yksinkertaisimpaan tuottavuusindeksin määritelmään (9) saadaan,

$$\text{Tuottavuusindeksi} = \frac{\lambda_t}{\lambda_s} \times \frac{f_t(x_t) / f_s(x_s)}{x_t / x_s} \quad (10)$$

Ensimmäinen termi tulosta kertoo kuinka paljon tehokkuus on parantunut periodien välillä. Jos panoskäyttö pidetään periodien välillä vakiona $x^* = x_s = x_t$, tuotos-orientoitunut tehokkuusindeksi on,

$$\frac{\lambda_t}{\lambda_s} \times \frac{f_t(x^*)}{f_s(x^*)}.$$

Sen jälkimmäinen termi mittaa teknologian muutoksesta johtuvaa tuotosten muuttumista panostasolla x^* , eli teknistä muutosta. Näin tuottavuusindeksi voidaan jakaa tehokkuuden ja teknisen kehityksen komponentteihin, mutta se edellyttää panosten (tai tuotosten) vakiointia periodien välillä ja tuotantofunktion tai olemassa olevien teknisten mahdollisuuksien tuntemusta. Edellinen analyysi rajoittuu yhteen panokseen ja tuotokseen, eikä välittömästi yleisty usean panoksen ja tuotoksen mallille, eikä vielä valaise perimmäistä ongelmaa HM-indeksissä: miten panos ja tuotosindeksit tulisi laskea.

3.4.1 Malmquist-tuottavuusindeksit

Malmquist-indeksi on modernissa tuotantoteoriassa ylivoimaisesti eniten käytetty tuottavuusindeksi. Se on sellaisenaan erikoistapaus HM-indeksistä, joka käyttää panos- ja tuotosindekseinä Törnqvist -määräindeksejä. Menettelyn etujen näkemiseksi täytyy esittää muutamia keskeisiä tuloksia indeksien ominaisuuksista.

Kuten edellä indeksistä (10) nähtiin tarvitaan tuottavuusindeksin dekomponointiin tietoa tuotantofunktiosta tai teknologisista mahdollisuuksista. Jos havaintoja on riittävästi, olisi teknisessä mielessä mahdollista valita joku parametrinen muoto tuotantofunktiolle ja estimoida sen parametrit. Näin on myös usean panoksen ja tuotoksen malleissa. Tämä ei ole kuitenkaan aina tarpeen, sillä Caves ym. (1982a ja 1982b) ovat osoittaneet, että Törnqvist-indeksi kuvaa ns. translog-teknologiaa, tietyin suhteellisen pienin rajoituksin. Translog on hyvin joustava ja monipuolinen tapa esittää tuotosten ja panosten väliset korvattavuudet tuotantofunktion $f(x)$ tai samaa asiaa kuvaavan etäisyysfunktion $d(y,x)$, avulla.

Etäisyysfunktio kuvaa monituote ja -panos -teknologiaa kätevämmän kuin tuotantofunktio. Se argumentteina (muuttujina) ovat kaikki panokset ja tuotokset ja sen arvo kertoo kuinka kaukana argumenttien osoittama teknologia (joku panos-tuotos -yhdistelmä) on tehokkaasta teknologiasta. Riippuen siitä, mitataanko etäisyyttä panosten vai tuotosten suhteen, on käytettävä vastaavasti joko panos-etäisyys- tai tuotos-etäisyysfunktiota. Vaikka kyseessä ovat matemaattisesti erilaiset määritelmät, etäisyysfunktiot ja panos- tai tuotosorientoituneet Farrell-tehokkuusmittarit (kuten DEA) mittaavat samaa asiaa ja saavat yhtenevät (tai käänteiset) arvot (ks. esimerkiksi Rätty 1998, s. 23-34).

Malmquist määritteli tuotos-orientoituneen periodin t teknologian tuottavuusindeksinsä kahdelle omalla periodillaan tehokkaalle yksikölle muodossa

$$MTI_o^t = \frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^s(y_s, x_s)} = \frac{1}{d_o^s(y_s, x_s)}$$

missä alaindeksi o viittaa tuotos-orientaation ja yläindeksi t laskennassa käytettävään vuoden t teknologiaan. Jälkimmäinen muoto seuraa tehokkuusoletuksesta, eli indeksin perusmuodossa oletettiin havaintojen olevan omalla periodillaan täysin tehokkaista, $d^s(y_t, x_t) = d^s(y_s, x_s) = 1$. Tällä oletuksella MTI_o^t on periodin s havaintojen tehokkuus mitattuna periodin t teknologialla, eli kuvaa pelkästään teknologista muutosta. Periodin t valinta teknologiaksi on tietenkin mielivaltainen valinta ja yhtä hyvin voimme laskea indeksin MTI_o^s missä teknologia otetaan periodilta s , eli käytettäisiin etäisyysfunktiota $d^s(y,x)$. Teknologian valinta voidaan neutralisoida käyttämällä kahden indeksin geometrinen keskiarvoa. Tällä on, muutamien tunnettujen rajoitusten puitteissa, hyvin tärkeä ominaisuus.

Määritelmä 2: Jos Malmquist-tuotos(panos)indeksien etäisyysfunktioilla on vakioskaalatuottoinen translog-muoto molemmilla periodeilla s ja t ja etäisyysfunktioiden ristikkäistermien parametrit ovat yhteneviä Malmquist-tuotos(panos)indeksien eri periodien teknologioiden suhteen laskettujen indeksien geometrinen keskiarvo on Törnqvist -tuotos- ja panosindeksien suhde, eli

$$MTI_o = [MTI_o^t \times MTI_o^s]^{1/2} = \frac{\text{Törnqvist -tuotosindeksi}}{\text{Törnqvist -panosindeksi}}$$

Tämän ominaisuuden ovat todistaneet Caves ym. (1982b s. 1404-1405). Määritelmän mukaan Malmquist-tehokkuusindeksi on HM-indeksin erikoistapaus. Siinä käytetään tuotosten ja panosten aggregointiin Törnqvist-indeksiä, joka puolestaan pystyy kuvaavaan erilaisia teknologisia mahdollisuuksia hyvin joustavasti. Tuloksen alkuperäinen kontribuutio tuottavuusindeksien laskentaan oli mahdollisuus käyttää suoraan Törnqvist-indeksejä ja välttää esimerkiksi translog-funktion estimointi. Samalla kuitenkin voitiin taata indeksin suhteellisen laaja soveltuvuus erilaisiin tuotantoteknologioihin. Törnqvist-indeksi vaatii kuitenkin tuotosten määrä- ja hintatietoja. Vasta kun etäisyysfunktioiden estimointi on tullut myös käytännössä mahdolliseksi, Malmquist-tuottavuusindeksi on voitu laskea suoraan. Tässäkin tapauksessa tiedämme, että Malmquist-tuottavuusindeksi on hyvin joustava tapa aggregoida tuotantoa.

Tarkasteltavien yksiköiden ei tarvitse olla täysin tehokkaita. Jos sallitaan havaittujen yksikköjen tehottomuus, Malmquist-indeksi voidaan kirjoittaa muotoon,

$$MTI_o = \frac{d_o^t(y_t, x_t)}{d_o^s(y_s, x_s)} \times \left[\frac{d_o^s(y_t, x_t)}{d_o^t(y_t, x_t)} \times \frac{d_o^s(y_s, x_s)}{d_o^t(y_s, x_s)} \right]^{1/2}. \quad (11)$$

Ensimmäinen termi kertoo tehokkuuden muutoksen. Hakasulkeissa mitataan ensimmäisellä osamäärällä periodin t havaintojen etäisyyttä periodien t ja s teknisesti tehokkaasta teknologiasta. Toinen osamäärä mittaa vastaavat etäisyydet periodin s havainnoille. Molemmissa osamäärissä sekä osoittajan että nimittäjän etäisyysfunktiot lasketaan saman pisteen (y_t, x_t) tai (y_s, x_s) suhteen. Tämän pisteen valinta ei vaikuta suhteellisiin etäisyyksiin (teknologian siirtymiin)³, joten hakasulkeiden sisälle jää tulo kahdesta teknisen tehokkuuden suhteellisesta siirtymästä periodien välillä. Tehottomuuden salliminen ei mitenkään muuta Malmquist määritelmän ja translog-teknologian välistä yhteyttä, vaan myös tehottomien havaintojen tapauksessa Malmquist-tehokkuusindeksi on HM-tuottavuusindeksi. Suurimpana etuna täystehokkuusoletuksesta luopumisessa on tuottavuusmuutosten dekomponointi tehokkuuden muutokseen ja tekniseen muutokseen.

³ Tuotosetäisyysfunktiossa vain panosten välinen suhde ratkaisee sen, mihin kohtaan tehokasta rintamaa ($d(y, x)=1$) havaintoa verrataan. Sen vuoksi $d^t(y_t, x_t)$ ja $d^s(y_t, x_t)$ sijaitsevat samalla säteellä ja niiden osamäärä kertoo, kuinka paras mahdollinen teknologia on muuttunut periodien välillä panossuhteilla x_t .

Malmquist -indeksi (11) yleistyy sellaisenaan usean tuotoksen ja panoksen mittauksen, sillä etäisyysfunktiot ovat aina skalaariarvoisia ja luontevasti esitettävissä tässä kehikossa. Varsinkin etäisyysfunktion parametriset muodot ovat vaikeita estimoida, sillä yhtälöitä vaivaa voimakas multikollinearisuus (katso esimerkiksi Hetemäki 1996). Yksinkertaisempi tapa on laskea Malmquist-indeksin vaatimat etäisyydet DEA-algoritmeilla. DEA ei ole sama kuin määritelmän 2 edellyttämä translog-teknologia, mutta DEA:n estimoimia tehokkuusrintamia voidaan pitää kohtuudella translog-funktiolla approksimoitavissa olevina⁴.

Malmquist-tuottavuusindeksin ykköstä suurempi arvo kuvaa tuottavuuden kasvua, ykkönen tuottavuuden ennallaan pysymistä ja ykköstä pienempi arvo tuottavuuden heikentymistä. Samoin tehokkuuskomponentin ykköstä suurempi arvo kuvaa havaintoyksikön tehokkuuden kohonneen eli yksikön siirtyneen lähemmäksi tehokkaiden yksiköiden muodostamaa tehokkuusrintamaa ja päinvastoin. Teknologiakomponentin ykköstä suuremmalla arvolla kuvataan teknisen muutoksen aiheuttamaa tehokkuuden kohoamista. Tässä tutkimuksessa se kuvaa sitä, kuinka paljon tehokkuusrintaman muodostavat terveyskeskukset ovat tarkasteltavan terveyskeskuksen panos- ja tuotossuhteilla pystyneet parantamaan tuottavuuttaan.

Pelkästään panosten ja tuotosten kehittymistä erikseen kuvaaviin suhdelukuihin perustuvat tuottavuusindeksit eivät pysty dekomponoimaan tuottavuuden muutosta. Niiden arvoista ei voi päätellä, johtuuko tuottavuuden kasvu yksittäisen terveyskeskuksen toiminnan tehostumisesta vai koko toimialan teknisestä kehityksestä. Pelkkien Törnqvist-indeksien käyttö tehokkuusindeksissä vaatii tietoa panos- ja tuotosmäärien lisäksi niiden arvoista. Etäisyysfunktiot ja DEA-tehokkuusluvut voidaan kätevästi laskea pelkästään tuotos- ja panosmäärätiedoista. Hintatiedot korvataan näissä menetelmissä tuotannon ominaisuuksista tehtävillä oletuksilla, erityisesti tuotanto- ja kustannusfunktioiden duaalisuudella.

⁴ Translog ja muista joustavamuotoisista funktioista katso esimerkiksi Diewert ja Wales (1987) tai Rätty (1993).

4 Terveyskeskusten tehokkuuserot ja tuottavuuden kehitys vuosina 1997 ja 1998

Tässä tutkimuksessa terveysten tuotosta mitattiin terveysten aikaansaamilla suoritteilla ja panosten käyttöä henkilöstömäärillä ja ostopalvelujen kustannuksilla. Siten tutkimuksessa käytetyt tehokkuusluvut kuvaavat terveysten tehokkuutta muuttua panokset palvelusuoritteiksi. Luvussa 4.1 esitetään terveysten teknisen, allokatiivisen ja kustannustehokkuuden tunnuslukuja vakioskaalatuotto-oletuksella laskettuna. Vaihtuvien skaalatuotto-oletuksella laskettujen tehokkuuslukujen erot esitetään liitteessä 1. Luvussa 4.2 tarkastellaan tuottavuuden kehitystä vuodesta 1997 vuoteen 1998 Malmquist-indeksillä mitaten.

4.1 Tehokkuuserot vakioskaalatuotto-oletuksella

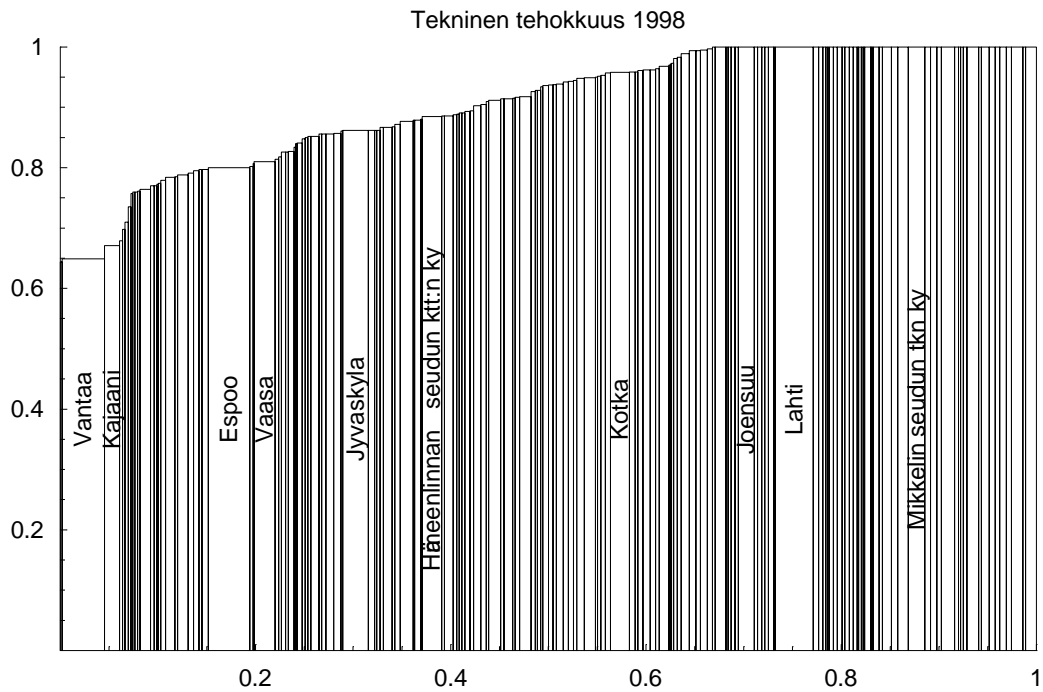
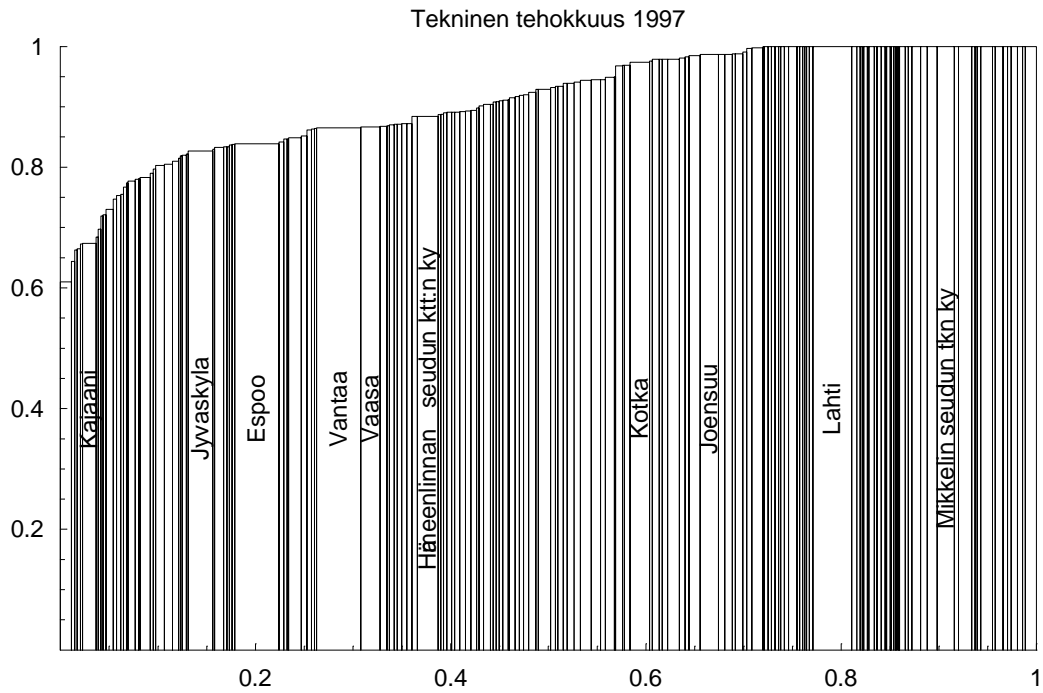
4.1.1 Tehokkuuden vertailu terveysten välillä

Tehokkuuslukujen jakaumista on esitetty yhteenveto taulukossa 6. DEA-tehokkuuslukujen jakaumaa on kuvattu myös kuvilla 3 ja 4, joissa terveysten ovat tehokkuusluvun mukaisessa järjestyksessä. Kunkin terveysten tehokkuutta on kuvattu pylväällä, jonka korkeuden määrää tehokkuusluku ja leveyden yksikön koko mitattuna käyttömenoilla.

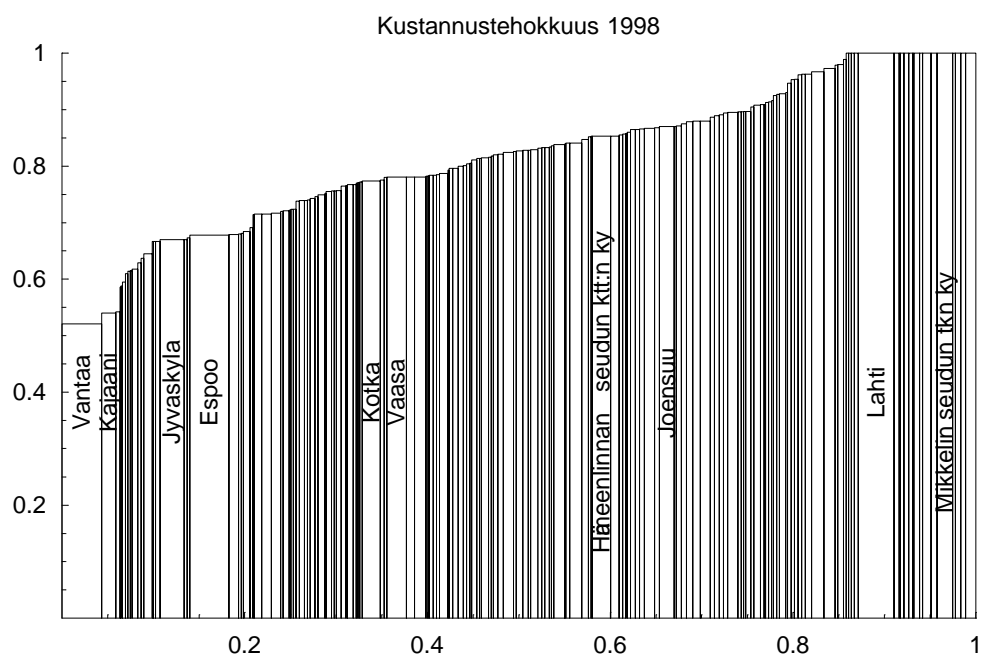
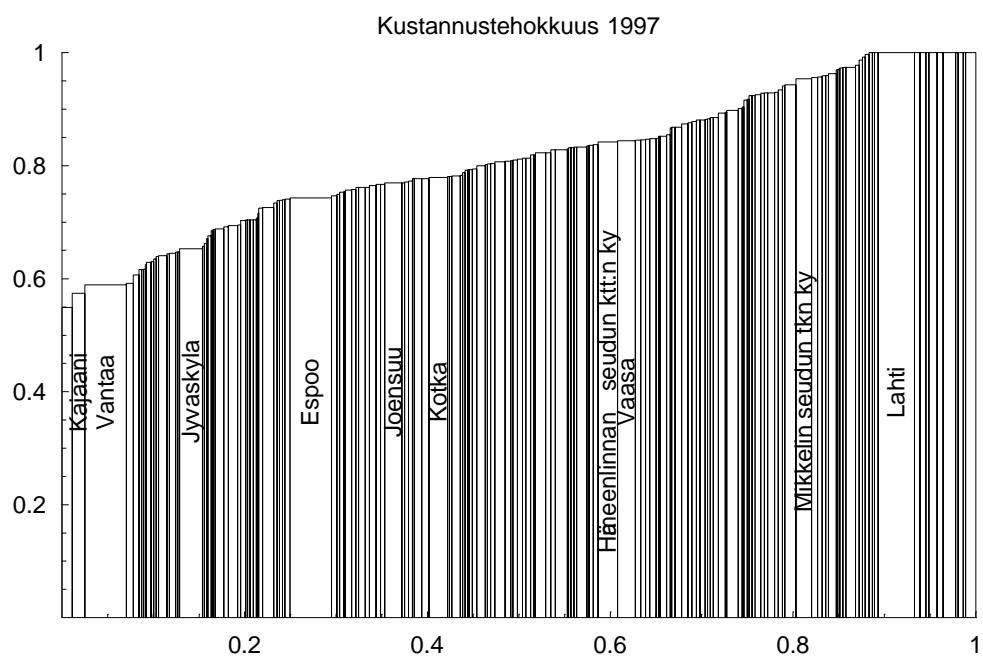
Teknisen tehokkuuden keskiarvo oli 0,91 sekä vuonna 1997 että 1998. Kustannusosuuksilla painotettu teknisen tehokkuuden keskiarvo ei poikennut terveysten painottamattomasta keskiarvosta. Siten terveysten olisivat voineet kumpanakin vuonna voineet tuottaa palvelusuoritteensa keskimäärin noin kymmenen prosenttia pienemmällä panosmäärällä, mikäli ne olisivat toimineet yhtä tehokkaasti kuin tehokkuusrintaman muodostaneet terveysten. Alimman desiilin muodostaneiden terveysten panosten säästöpotentiaali oli kumpanakin vuonna 22 prosenttia. Teknisesti tehokkaita yksiköitä oli vuonna 1998 57, kaksi enemmän kuin edellisenä vuonna. Tehokkuuserot terveysten välillä olivat keskihajonnalla mitattuna vuonna 1998 hieman pienemmät kuin edellisenä vuonna.

Neljäsosassa terveysten (41) teknisen tehokkuuden tehokkuusluku ei muuttunut vuodesta 1997 vuoteen 1998. Tekninen tehokkuus kohosi 68 terveysten (40 prosentissa) ja aleni 58 terveysten (40 prosentissa). Vaikka keskimääräinen tarkastelu ei osoita suuria muutoksia tehokkuudessa, teknisen tehokkuuden muutos oli suurimmillaan 0,28 ja lähes kolmasosassa terveysten teknisen tehokkuuden muutos oli suurempi kuin 0,1.

Kuva 3. Teknisen tehokkuuden jakauma vakioskaalatuotto-oletuksella vuosina



Kuva 4. Kustannustehokkuuden jakauma vakioskaalatuotto-oletuksella vuonna



Taulukko 6. Terveyskeskusten tehokkuuslukujen keskiarvot ja jakautumien tunnuslukuja vuosina 1997 ja 1998

	Tekninen tehokkuus		Allokatiivinen tehokkuus		Kustannustehokkuus	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
1. desiili	0,78	0,78	0,78	0,80	0,65	0,67
Mediaani	0,93	0,94	0,92	0,91	0,81	0,83
9. desiili	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
Keskiarvo	0,91	0,91	0,90	0,90	0,82	0,82
Kustannuksilla painotettu keskiarvo	0,91	0,90	0,89	0,90	0,81	0,81
Keskihajonta	0,10	0,09	0,08	0,08	0,12	0,12
Minimi	0,61	0,64	0,63	0,54	0,55	0,52
Tehokkaiden yksiköiden lkm	55	57	15	20	15	20

Panostenkäytön *allokatiivista tehokkuutta* kuvaavien tehokkuuslukujen keskiarvot ja mediaanit eivät juuri poikenneet teknistä tehokkuutta kuvaavista luvuista. Keskihajonnalla mitaten terveyskeskusten väliset erot allokatiivisessa tehokkuudessa olivat hieman pienemmät kuin teknisessä tehokkuudessa.

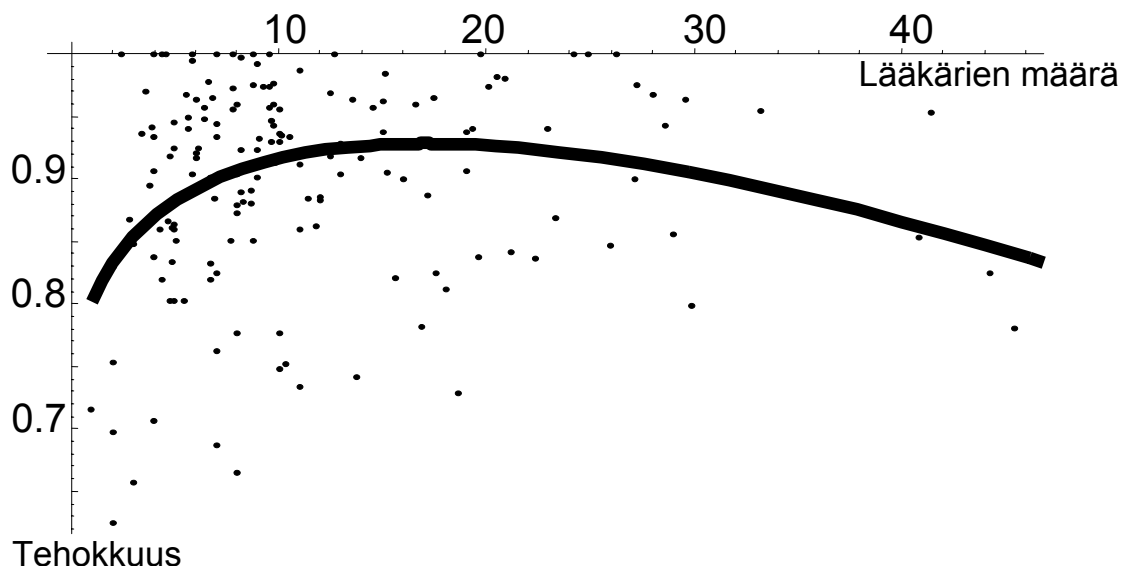
Vuodesta 1997 vuoteen 1998 allokatiivinen tehokkuus kohosi 91 terveyskeskuksella, aleni 65 terveyskeskuksella ja säilyi ennallaan 11 terveyskeskuksella. Yleensä muutokset olivat varsin vähäisiä, mutta 15 terveyskeskuksessa allokatiivisen tehokkuuden muutos oli yli 0,1. Vuonna 1997 68 terveyskeskuksella ja vuonna 1998 76 terveyskeskuksella allokatiivinen tehokkuus oli pienempi kuin 0,90.

Vaikka allokatiivisesti tehokkaita terveyskeskuksia olikin tulosten mukaan varsin vähän, 9-12 prosenttia, terveyskeskusten kykyä valita kustannukset minimoivat panossuhteet voidaan pitää hyvänä. Alle kymmenen prosentin kustannustappioita voitaisiin hyvin selittää eri panosten jakamattomuudella ja paikallisilla olosuhteilla.

Kuvasta 3 nähdään, että käyttökustannuksilla mitattuna terveyskeskusten koolla ei ole selkeää yhteyttä niiden tekniseen tehokkuuteen. Vaihtoehtoisena mittarina terveyskeskuksen koolle voidaan pitää esimerkiksi siellä työskentelevien lääkärin määrää. Kuvan 3 uudelleen piirtäminen lääkärin lukumäärä käyttäen ei juuri muuta tilannetta, eikä lääkärin määrälle selitetty teknisen tehokkuuden regressiomallikaan tue johtopäätöstä näiden muuttujien välisestä riippuvuudesta. Ku-

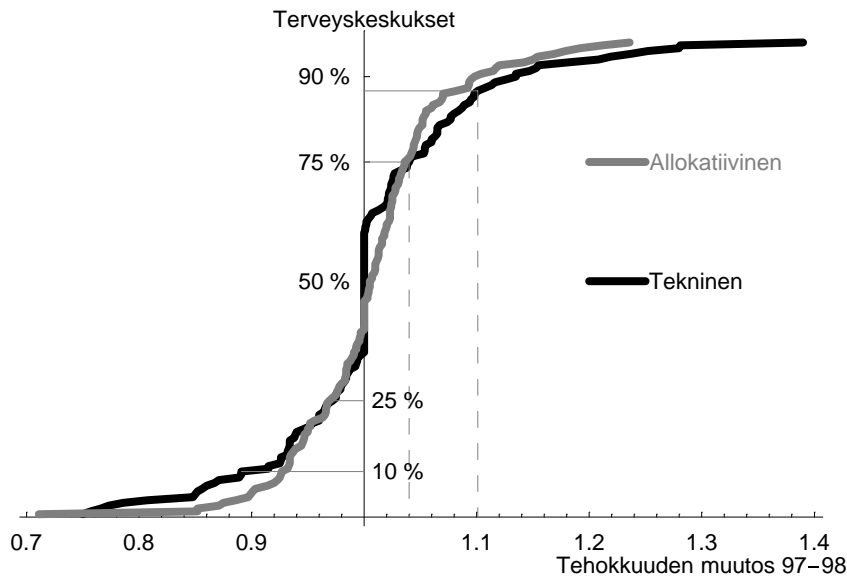
vasta 5 kuitenkin nähdään, kuinka allokatiivinen tehokkuus ja lääkäreiden lukumäärä ovat toisistaan riippuvia.

Kuva 5. Allokatiivinen tehokkuus ja lääkäreiden lukumäärä terveyskeskuksissa 1997



Kuvan 5 regressiokäyrän parametrit ovat liitteessä 3. Allokatiivinen tehokkuus saavuttaa korkeimman arvonsa (lääkärien määrälle ehdollisen odotusarvon) noin 17 terveyskeskuslääkäriä terveyskeskuksissa. Käyrä ei kuitenkaan laske olennaisesti välillä 10 – 25 lääkäriä ja tälle välillä oli vuonna 1997 kolmannes terveyskeskuksista. Niiden väkiluvun keskiarvo minimi oli 7 800, maksimi 36 300 ja keskiarvo 17 800. Perusterveydenhuollon kustannusten kannalta terveyskeskusten koko näyttää vaikuttavan ennen kaikkea niiden kykyyn sopeuttaa panosrakenteensa suhteet eli eri henkilökuntaryhmien ja ostopalvelujen suhteelliset määrät. Panoskäytön tason sopeuttamiseen terveyskeskuksen koolla ei näytä olevan vaikutusta.

Kuva 6. Teknisen - ja allokatiivisen tehokkuuden muutosten empiiriset kertymäfunktiot.



Kuvassa 6 on kuvattu teknisen ja allokatiivisen tehokkuuden muutoksia terveystieteiden keskuksittain. Vaaka-akselilla on terveystieteiden tehokkuuden muutos ja pystyakselillä 167 terveystieteen keskuksista. Kuvasta voidaan nähdä, kuinka suurilla muutoksilla vertailuvuosien välillä ovat. Puolella terveystieteiden keskuksista tekninen kehitys muuttui +/- neljä prosenttia ja 90 prosentissa terveystieteiden keskuksista tehokkuusluvun muutos oli ± 10 prosenttia. Allokatiivisen tehokkuuden muutokset olivat huomattavasti pienempiä sillä puolet terveystieteiden keskuksista mahtui välille $-1,5\%$ - 2% . Kuva ei erottele terveystieteiden keskuksia koon mukaan, mutta jäljempänä kuvasta 7 nähdään, ettei koko vaikuta teknisen tehokkuuden vaihteluun. Vuosivaihtelut tehokkuudessa ovat suuria ja kertovat, kuinka herkkä mittari DEA on havaituille tuottavuusmuutoksille. Mittari antaa todenmukaisen, mutta samalla tasoittamattoman kuvan havaituista eroista. Ennen kuin tehokkuutta tulkitaan lasketuilla luvuilla, pitää erityisesti havaituissa muutosten ääripäissä selvittää, mitkä tekijät ovat vaikuttaneet tehokkuusmuutokseen. DEA:n tehtävä on esittää tehokkuuden muutoksia keskimäärin ja osoittaa mahdollisesti merkittävät muutokset yksiköittäin.

Kustannustehokkuuden arvo on teknisen ja allokatiivisen tehokkuuden tulo. Siten sen keskiluvut jäivät kymmenkunta prosenttia alemmalle tasolle kuin sen komponenttien. Sekä vuonna 1997 että vuonna 1998 kustannustehokkuuden painottamaton keskiarvo oli 0,82 ja kustannusosuuksilla painotettu keskiarvo 0,81. Tämä merkitsisi, että keskivertoterveyshoitokeskus olisi voinut tuottaa palvelusuorituksensa lähes viidenneksen pienemmällä kustannuksella, mikäli se olisi ollut sekä teknisesti että allokatiivisesti tehokas. Kustannustehokkuuden hajonta oli erittäin huomattavaa. Alin tehokkuusluku oli vuonna 1998 vain 0,52 ja kymmenellä prosentilla terveystieteiden keskuksista kustannustehokkuus jäi alle 0,67:n. Vuodesta 1997

vuoteen 1998 tehokkaiden yksiköiden määrä kasvoi kolmanneksen, lähinnä teknisen tehokkuuden kohoamisen seurauksena. Vuoden 1997 tehokkuusrintamalla toimineista terveystakeskuksista kolme neljästä sijaitsi myös vuoden 1998 tehokkuusrintamalla.

Terveystakeskuksista 55 prosenttia kohotti kustannustehokkuuttaan vuodesta 1997 vuoteen 1998 ja noin seitsemällä prosentilla kustannustehokkuus ei muuttunut. Molempina vuosina vähintään 40 prosentilla terveystakeskuksista kustannustehokkuusluku oli pienempi kuin 0,80.

4.1.2 Tehokkuuden alueellinen vertailu

Terveystakeskukset poikkeavat toisistaan kooltaan, alueelliselta sijainniltaan ja hallintamuodoltaan. Nämä ominaisuudet ovat jossain määrin korreloituneita, sillä väestöltään pienet ja alueellisesti läheiset kunnat ovat muodostaneet kuntayhtymiä perusterveydenhuollon palveluiden toteuttamiseksi. Kuntayhtymät voidaan nähdä logistisena välineenä palvelujen tehokkuuden tai laadun parantamiseksi. Seuraavassa on tarkasteltu sitä, eroavatko yhden kunnan ylläpitämät terveystakeskukset tehokkuudeltaan kuntayhtymien ylläpitämistä terveystakeskuksista ja toisaalta sitä, esiintyykö tehokkuudessa läänien välistä vaihtelua.

Taulukossa 7 tehokkuusestimaatit on jaettu yhden kunnan ja kuntayhtymien ylläpitämiin terveystakeskuksiin. Kuntayhtymien terveystakeskukset osoittautuivat keskimäärin kustannustehokkaimmiksi erityisesti korkeamman teknisen tehokkuuden seurauksena. Ero ryhmien keskilukujen välillä on 4-5 prosenttiyksikköä. Sen sijaan yhden kunnan ja kuntayhtymien ylläpitämien terveystakeskusten allokatiivisessa tehokkuudessa ei ollut juurikaan havaittavaa eroa.

Koska eri logististen vaihtoehtojen välillä ei voida nähdä eroa allokatiivisessa tehokkuudessa, mahdollisuudet vähentää kustannuksia valitsemalla erilaisia panosyhdistelmiä ja yhdistämällä toimintoja ovat nähtävästi pienet. Kuntayhtymien terveystakeskukset saavuttivat kuitenkin merkittäviä säästöjä käyttämällä panoksiaan keskimäärin teknisesti tehokkaammin kuin vertailussa olleet yhden kunnan terveystakeskukset. Yhden kunnan terveystakeskusten teknisen tehokkuuden vaihtelu oli erittäin suurta verrattuna kuntayhtymän ylläpitämiin terveystakeskuksiin. Taulukosta 7 nähdään, että yhden kunnan terveystakeskusten teknisen tehokkuuden 1. desiilin ja mediaanin arvot olivat huomattavan alhaiset sekä keskihajonta korkea.

Taulukko 7. Kuntien ja kuntayhtymien tehokkuuslukujen jakauma vuosina 1997 ja 1998

	Tekninen Tehokkuus		Allokatiivinen tehokkuus		Kustannustehokkuus	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Kunnat						
1.desiili	0,72	0,76	0,80	0,80	0,64	0,64
Mediaani	0,91	0,91	0,92	0,91	0,81	0,81
9.desiili	1	1	0,98	1	0,97	1
Keskiarvo	0,89	0,90	0,90	0,90	0,80	0,81
Keskihajonta	0,11	0,10	0,08	0,07	0,12	0,12
Kuntayhtymät						
1.desiili	0,85	0,86	0,75	0,76	0,69	0,72
Mediaani	0,98	0,96	0,91	0,91	0,85	0,85
9.desiili	1	1	1	1	1	1
Keskiarvo	0,95	0,95	0,89	0,90	0,85	0,85
Keskihajonta	0,06	0,06	0,09	0,09	0,11	0,11

Vuonna 1997 Etelä-Suomen, Länsi-Suomen ja Itä-Suomen läänien terveyskeskukset toimivat keskimäärin selvästi kustannustehokkaammin kuin Oulun ja Lapin läänien terveyskeskukset. Vuonna 1998 Oulun läänin terveyskeskusten keskimääräinen kustannustehokkuus kohosi eniten, lähelle eteläisten läänien keskiarvoa.

Lapin läänin terveyskeskuksia lukuun ottamatta muiden läänien terveyskeskusten kustannustehokkuuden minimi pieneni vuodesta 1997. Kustannustehokkaita terveyskeskuksia toimi määrällisesti eniten Länsi-Suomen läänissä, mutta suhteellisesti yhtä paljon tehokkaita yksiköitä oli Itä-Suomen läänissä.

Tehokkuusestimaattien alueellinen hajonta viittaa ympäristötekijöiden vaikutukseen terveyskeskusten toiminnassa. Vaikka Lapin ja Oulun läänit kärsivät tehokkuustappioita, niin sitä ei voi suoraan pistää harvan asutuksen tai väestörakenteen syyksi. Itä-Suomen lääni ei tässä suhteessa poikennut pohjoisemmista kumppaneistaan.

Taulukko 8. Tehokkuusluvut lääneittäin vuonna 1997 ja 1998

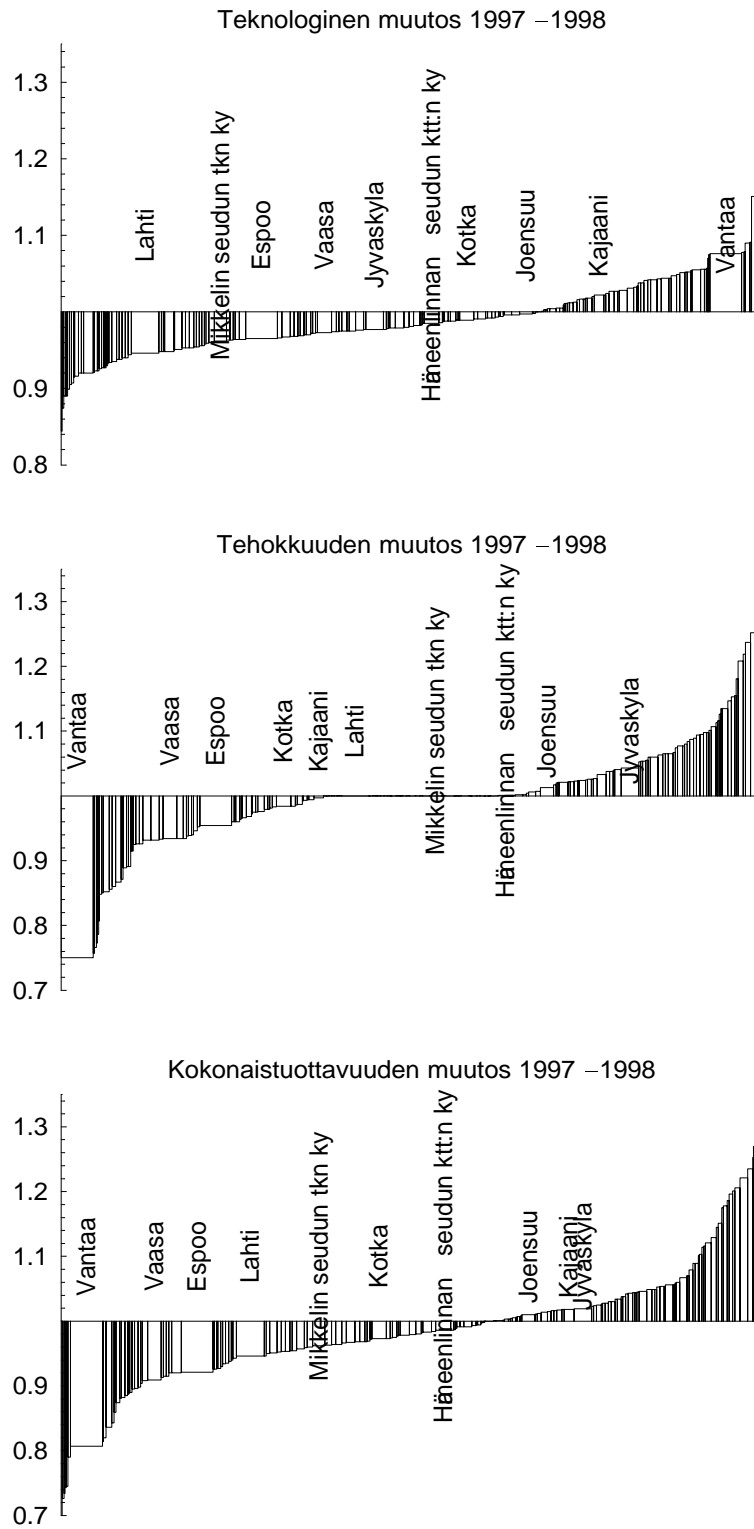
	1997			1998		
	TT	AT	KT	TT	AT	KT
	Keskiarvo			Keskiarvo		
Etelä-Suomen lääni	0,91	0,92	0,83	0,91	0,91	0,83
Länsi-Suomen lääni	0,94	0,89	0,84	0,94	0,90	0,84
Itä-Suomen lääni	0,92	0,90	0,83	0,91	0,92	0,83
Oulun lääni	0,86	0,90	0,77	0,90	0,89	0,80
Lapin lääni	0,85	0,87	0,73	0,85	0,86	0,73
	Minimi			Minimi		
Etelä-Suomen lääni	0,70	0,66	0,59	0,65	0,80	0,52
Länsi-Suomen lääni	0,76	0,67	0,61	0,77	0,54	0,54
Itä-Suomen lääni	0,66	0,75	0,62	0,64	0,82	0,59
Oulun lääni	0,67	0,63	0,57	0,67	0,71	0,54
Lapin lääni	0,61	0,70	0,55	0,68	0,68	0,59
	Tehokkaita yksiköitä			Tehokkaita yksiköitä		
Etelä-Suomen lääni	9	1	1	11	4	4
Länsi-Suomen lääni	26	9	9	24	9	9
Itä-Suomen lääni	11	4	4	12	5	5
Oulun lääni	5	1	1	7	1	1
Lapin lääni	4	0	0	3	1	1
TT= tekninen tehokkuus, AT= allokatiiivinen tehokkuus, KT= kustannustehokkuus						

4.2 Kokonaistuottavuuden kehitys: Malmquist-indeksin sovellus

Luvussa 3.4 osoitettiin, miten kokonaistuottavuus voidaan jakaa kahteen komponenttiin, teknisen tehokkuuden ja teknologian muutokseen. Käyttämämme Malmquist-indeksi kokonaistuottavuuden mittarina kokoaa nämä muutokset kokonaistuottavuuden muutokseksi.

Terveyskeskusten keskimääräinen kokonaistuottavuus ei juurikaan muuttunut vuodesta 1997 vuoteen 1998 Malmquist-indeksillä mitattuna. Kokonaistuottavuuden osatekijät tehokkuus ja teknologinen kehitys sen sijaan muuttuivat hienan ja eri suuntaisesti. Tehokkuusrintaman muodostavien terveyskeskusten tuottavuus laski keskimäärin yhden prosenttiyksikön (teknologian muutos). Kaikkien terveyskeskusten tehokkuus puolestaan kohosi 0,7 prosenttiyksikköä.

Kuva 7. Kokonaistuottavuuden muutoksen jakaumat



Taulukko 9. Malmquist -indeksi ja sen komponenttien tunnusluvut

Malmquist-indeksit	Tehokkuuden muutos	Teknologian muutos	Kokonaistuottavuuden muutos
Keskiarvo	1,01	0,99	1,00
Mediaani	1,00	0,99	0,99
Minimi	0,75	0,84	0,68
Maksimi	1,39	1,25	1,37
Keskihajonta	0,09	0,06	0,11

Kokonaistuottavuus vuoteen 1997 verrattuna pysyi ennallaan tai kohosi liki puolessa eli 78 terveyskeskuksessa. Lähes kahdessa kolmasosassa terveyskeskuksia (110 terveyskeskuksessa) tehokkuus nousi tai pysyi ennallaan. Teknologinen kehitys kohosi tai pysyi ennallaan sen sijaan vain runsaassa kolmasosassa terveyskeskuksia, 60 terveyskeskuksessa.

Kun terveyskeskuskohtaisia Malmquist-indeksejä painotettiin kunkin terveyskeskuksen käyttömeno-osuudella vuonna 1997, havaittiin keskimäärin 1,6 prosentin tehokkuuden kasvu ja noin kolmen prosentin teknologian taantuma eli keskimäärin kahden prosentin kokonaistuottavuuden lasku. Käyttömeno-osuuksilla painottaminen laski kokonaistuottavuuden indeksin arvoa lähes kaksi prosenttia, mutta lähes kaksinkertaisti tehokkuuden muutoksen ja vastaavasti laski teknologian muutoksen arvoa kahdella prosenttiyksiköllä verrattuna painottomiin indeksin arvoihin. Kokonaistuottavuuden muutos oli neljäsosassa ja tehokkuuden muutos viidenneksessä terveyskeskuksia suurempi kuin 10 prosenttia.

Kuntayhtymien tai yhden kunnan ylläpitämien terveyskeskusten tuottavuuden tai sen komponenttien keskimääräisessä kehityksessä ei ollut olennaisia eroja.

Keskimääräinen kokonaistuottavuus kohosi Oulun ja Lapin läänien terveyskeskuksissa, mikä oli seurausta erityisesti tehokkuuden parantumisesta. Eniten kokonaistuottavuus nousi Oulun läänin terveyskeskuksissa, keskimäärin kuusi prosenttia. Muiden läänien terveyskeskusten kokonaistuottavuus laski 1-3 prosenttia. Länsi-Suomen läänissä oli lukumääräisesti eniten terveyskeskuksia, joiden kokonaistuottavuus joko pysyi ennallaan tai kasvoi. Suhteellisesti eniten tällaisia terveyskeskuksia oli kuitenkin Oulun ja Lapin lääneissä (65% ja 59%).

5 Terveyskeskusten tehokkuuseroihin vaikuttavat tekijät

Tehokkuuserojen voidaan ajatella johtuvan paitsi eroista tuotantoprosessin teknisessä tehokkuudessa ja panosten kohdentamisessa myös toimintaympäristöön liittyvistä tekijöistä. Esimerkiksi asukastiheys, alueen väestön ikäjakauma, sekä erikoissairaanhoidon ja muun korvaavan terveydenhuollon saatavuus vaikuttavat valittuihin toimintatapoihin. Kappaleessa 5.1 on tarkasteltu näiden taustamuuttujien tai ympäristötekijöiden vaikutusta Tobit-mallilla. Siinä selitettävänä muuttujana on tehokkuuslukujen vaihtelu. Olettamalla tämä satunnaisiksi, erityisesti normaalijakautuneeksi, voidaan tehokkuuden vaihtelua selittää valituilla toimintaympäristöön liittyvillä tekijöillä. Tobit-analyysi on ensi katsomalla houkutteleva vaihtoehto, mutta malli perustuu voimakkaisiin oletuksiin tehokkuuslukujen stokastiikasta⁵. Kappaleessa 5.1 on tarkasteltu tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä Tobit-mallilla. Kappaleessa 5.2 on esitelty vaihtoehtoinen menetelmä tehokkuuslukujen puhdistamiseen toimintaympäristön vaikutuksesta. Menetelmän keskeinen ero Tobit-menetelmään on regression soveltaminen suoraan panosmuuttujiin sekä suoritettava aineiston korjaus ja korjatulla aineistolla suoritettu uusi tehokkuustarkastelu. Onnistuessaan menetelmän lopputuloksena saadaan pelkästään tuotantoprosessin johtamisesta tai organisoinnista riippuva tehokkuusmitta.

Tiivis katsaus erilaisiin menetelmiin sisällyttää ympäristötekijöiden vaikutus DEA-tehokkuuslukuihin löytyy esimerkiksi artikkelista Fried ym. (2002).

5.1 Tehokkuuserojen selitys Tobit-mallilla

Analyysiä varten jouduimme olettamaan, että tehokkuusluvut ovat satunnaismuuttujia selittäville muuttujille ehdollisella odotusarvolla. Tehokkuuden stokastisista ominaisuuksista on kuitenkin vain hyvin vähän tietoa saatavilla. Koska tehokkuusluvut on laskettu erittäin epälineaarilla tavalla havaituista panoksista ja tuotoksista, käytännössä ei ole mahdollista johtaa tehokkuuslukujen jakaumaa panosten tai tuotosten ominaisuuksista. Niinpä tehokkuuden selitysmallia varten tehokkuuden satunnaisjakauma pitää johtaa regressiomallin virhetermistä tehdyin oletuksin. Helpointa, mutta ei välttämättä harmitonta, on olettaa regressiovirhetermille normaalijakauma, ottaen kuitenkin huomioon selitettävän muuttujan katkaistu luonne. Tehokkuusluvun määritelmällinen yläraja on 1 (vrt. määritelmä 1)⁶. Käytännön sovelluksissa tämä raja voidaan tulkita myös laskentakehikosta

⁵ Jos Tobit-virhetermit eivät noudata normaalijakaumaa estimaattori ei

ole konsistenssi. Lisäksi ML-estimointi edellyttää että virhetermit ovat toisistaan riippumattomia. DEA:n laskentatavasta johtuen tämä oletus ei voi täysin pitää paikkaansa.

⁶ Kuitenkin on olemassa myös ns. supertehokkuus ks. Andersen ja Petersen (1993)

johtuvaksi rajoitteeksi, joka antaa kaikille tehokkaille yksiköille, joiden välille ei voida enää tehdä eroa, saman tehokkuusluvun. Tehokkaiden yksiköiden välillä on kuitenkin olemassa vaihtelua, joka Tobit-mallissa oletetaan normaalijakautuneeksi ja keskitetyksi kokonaisuudessaan samaan pisteeseen.

Tobit- malleja estimoitaessa on usein kätevää käyttää muuttujia, joiden katkaisupiste on nolla. Niinpä kaikissa esitettävissä malleissa selitettävänä muuttujana on käytetty terveyskeskusten tehottomuutta (1- tehokkuusluku). Siten mallien parametreissa negatiivinen kerroin osoittaa tehokkuuden ja muuttujan saman suuntaista suhdetta ja positiivinen vastakkaista kehitystä. Eri tehokkuusluville kehitettiin mallit siten, että samoja muuttujia käytettiin selittämään sekä vuoden 1997 että vuoden 1998 tehokkuuslukuja.

Ennen varsinaisia estimointeja tehtiin käytössä olleilla selittävillä muuttujilla *yhden selittävän muuttujan* Tobit-mallit (liite 4). Tämä tehtiin toisaalta varsinaisten tehokkuuseroja selittävien mallien muuttujien valinnan helpottamiseksi, toisaalta tehokkuusvaihtelun syiden yleiseksi luonnehtimiseksi. Liitteessä 4 on myös luettelo testatuista muuttujista ja niiden parhaimmaksi osoittautuneista muunnoksista. Liitetaulukkoa ei kuitenkaan pidä tulkita tehokkuusvaihtelun malliksi, sillä siinä ei ole otettu huomioon selittävien muuttujien keskinäisiä riippuvuussuhteita.

5.1.1 Terveyskeskusten tehokkuuden selitysmalli vakioskaalatuotto-oletuksella

Tehokkuutta selittävien mallien tulkinnassa on palautettava mieleen erilaisten tehokkuuskäsitteiden tulkinnat. Tekninen tehokkuus mittaa terveyskeskuksen puhtaasti määrällistä tai fyysistä kykyä suoriutua verrattuna muihin terveyskeskuksiin. Jos joku muuttuja Tobit-regressioissa heikentää teknistä tehokkuutta, se on joko toiminnan tekninen rajoite tai kannustaa panosten liikkakäyttöön. Allokatiivinen tehokkuus käyttää panosten hintatietoja ja se mittaa, kuinka paljon kustannuksia voitaisiin säästää pelkästään allokoimalla panoskäyttö paremmin. Siten allokatiivista tehokkuutta selittävät muuttujat voidaan liittää edulliseen tai epäedulliseen kustannusvaikutukseen⁷. Kokonais- tai kustannustehokkuus on näiden kahden tehokkuustermin tulo, joten sen selittävästä muuttujasta ei tunneta vaikutuksen tarkkaa kohdetta.

Kaikkien kolmen tehokkuusmallin parametriestimaatit on koottu taulukkoon 10. Kokonaisuudessaan tarkastellut muuttujat selittivät tehokkuusvaihtelusta vain verraten vähäisen osan. Teknisen tehokkuuden malleissa molempina tarkastelu vuosina osa-aikaisten lääkärien osuus pienissä kunnissa⁸ ja päivystysvastaanotot

⁷ Allokatiivinen tehottomuus ei kuitenkaan kerro koko kustannussäästöpotentiaalia, vain sen, minkä teknisen tehostamisen jälkeenkin voitaisiin säästää.

⁸ Kolmen diskreetin muuttujan, lääkärien, hoitajien ja muun henkilökunnan osuudet yli tai alla 3000 asukkaan kunnissa parametrien tasot olisivat paremmin tulkittavissa jos sekä asukaskuvun vaihtumista kuvaava dummy (yli/alle 3000 asukasta) ja ammattiryhmien osa-aikaisten osuutta kuvaavat muuttujat oli-

kasvattivat tehokkuutta. Kuntayhtymäterveyskeskukset pystyivät tämänkin analyysin mukaan organisoimaan tuotantonsa teknisesti paremmin kuin yhden kunnan terveyskeskukset. Myös veroäyrien määrällä oli selitysvoimaa, erityisesti sen neliöllä. Äyrimäärät skaalattiin keskiarvonsa ympärille, ja parametrit osoittivat, että paras tehokkuus saavutettiin keskimääristä jonkin verran alemmilla äyrikerrotyillä.

Taulukko 10. Tobit-mallien kerroinestimaatit

Selitettävä muuttuja (1-tehokkuus).						
	Tekninen tehokkuus		Allokatiivinen tehokkuus		Kustannustehokkuus	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Asukastiheys alle 3 henkilöä/km ²	0,034	0,069				
Asukastiheys					0,010	0,011
Osa-aikaisten lääkäreiden osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa alle 3000 asukasta, muutoin nolla	-0,244	-0,177				
Osa-aikaisen hoitohenkilökunnan osuus panoksestaan, jos kunnassa alle 3000 asukasta, muutoin nolla			.582	.373		
Osa-aikaisten lääkäreiden osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa yli 3000 asukasta, muutoin nolla			.108	.151	0,055	0,171
Päivystävä terveyskeskus (päivystyskäyntien osuus yli 1% kaikista käynneistä)	-0,034	-0,044			-0,039	-0,057
Yksityiset hoitomenot/asukas [†]	-0,122	-0,025			-0,078	-0,046
Veroäyrien lukumäärä/asukas [†]	-0,312	-0,342				
Veroäyrien neliö/asukas [†]	0,221	0,174				
Työkyvyttömiä osuus väestöstä	2,101	0,760				
Vuosikate -96 / asukas [†]	-0,033	-0,030				
Kuntayhtymä	-0,039	-0,044				
Erikoissairaanhoidon käyttökustannukset/asukas [†]			.08	.069		
Sos-Ter valtionosuus/asukas [†]					0,115	0,097
Vakio	0,208	0,272			0,155	0,130

[†]Muuttujan havainnot on skaalattu otoskeskiarvon suhteen.
Harmaalla painetut eivät tilastollisesti merkitseviä. Täydelliset taulukot liitteessä 4.

sivat mukana regressioissa. Kuitenkin tulkitsemme tässä vain muuttujien vaikutusten suuntaa, eikä näillä lisämuuttujilla havaittu olevan olennaista vaikutusta taulukossa 10 raportoituun. Vain teknisen tehokkuuden mallissa parametri osa-aikaisten lääkäreiden osuudelle alle 3000 asukkaalla kunnassa vuonna 1997 menetti tilastollisen merkityksen kun lisämuuttujat otettiin huomioon.

Allokatiivinen tehokkuus näyttäisi olevan yhteydessä kokopäiväisen henkilökunnan osuuteen. Erityisesti yli 3000 asukkaan kunnissa kokopäiväisten lääkäreiden ja alle 3000 asukkaan kunnissa muun kokopäiväisen henkilökunnan osuuden kasvun havaittiin lisäävän allokatiivista tehokkuutta. Erikoissairaanhoidon käyttökustannukset olivat käänteisesti verrannollisia allokatiiviseen tehokkuuteen. Tämä yhteys voi ilmentää alhaisten kustannusten kuntien onnistumista koko terveydenhuollon kustannusten kontrolloinnissa.

Asukastiheyden kasvulla oli negatiivinen vaikutus tehokkuuteen. Vastaava vaikutus saatiin sosiaali- ja terveyspalvelujen valtionosuuksille. Valtionosuuksien määräytymisperusteisiin liittyy jo kustannuspaineita kuvaavia taustatekijöitä. Tämän lisäksi uudistetunkin valtionosuusjärjestelmän maksuihin liittyy komponentteja vanhasta kustannusperusteisesta järjestelmästä. Näiden vaikutus on vähitellen laskenut, mutta kertoimessa tapahtunut muutos vuosien 1997 ja 1998 välillä voi myös johtua satunnaisvaihtelusta.

Päivystystoimintaa oli noin kolme neljäsosassa terveyskeskuksista ja niillä oli taulukon 10 mukaan tehokkuushyötyä päivystystoiminnastaan.

Kunnan väestörakenteeseen, talouteen ja varallisuuteen liittyvien tekijöiden voitaisiin kohtuudella olettaa vaikuttavan tehokkuuseroihin. Tutkimuksessa testattiin suurta määrää erilaisia kuntien taloutta kuvaavia muuttujia, kuten veroäyrimäärää ja vuosikatetta, mutta hypoteesi näiden vaikutuksesta sai vain vähäistä tukea aineistosta. Luettelo käytetyistä muuttujista on liitteessä 4.

5.2 Niin, mutta..., eli ympäristötekijöiden vaikutus tehokkuuteen

Fried ym. (1999, 2002) artikkeleissa on esitelty menetelmä johtamisen tehokkuuden (*Managerial Efficiency*) arvioimiseksi tai toimintaympäristön vaikutusten puhdistamiseksi teknisen tehokkuuden luvuista.

DEA:lla tarkastellun yksikön edustajan perusvastaus hänelle esitettyihin tuloksiin alkaa: "*Niin, mutta meidän kohdalla toimintaympäristö on...*". Tämä on hyvin ymmärrettävää, sillä toimintaympäristöllä on väitetty olevan vahva vaikutus tehokkuuteen. Luvussa 5.1 käytetyn Tobit-analyysin mukaan ympäristötekijät selittivät havaittuja tehokkuuseroja vain verraten vähän. Tämä voi johtua osin mallin stokastiseen spesifikaatioon liittyvistä ongelmista, joista luvun alkuosassa mainittiin. Tehokkuuslukujen Tobit-malli ei myöskään pyri korjaamaan selittävien muuttujien vaikutusta tehokkuuteen. Friedin ym. (1999) johtamisen tehokkuuden arviointiin kehittämän menetelmän avulla pyritään korjaamaan tehokkuusestimaatteja siten, että tulosten voidaan tulkita kuvaavan puhtaasti organisaation johtamisen tehokkuutta. Tulokset pyrkivät vastaamaan kysymykseen, kuinka tehokkaasti yksikkö toimii, kun ympäristötekijöiden vaihtelu on eliminoitu. Tulokset lasketaan DEA-menetelmällä ja lasketuilla tehokkuusluvuilla on

samat ominaisuudet kuin DEA -tehokkuusluvuilla. Sen idea on hyvin yksinkertainen ja jaettavissa neljään vaiheeseen.

Vaihe I: DEA

Valitaan tutkittavan kohteen toiminnan kannalta relevantit panos- ja tuotosmuuttajat sekä tuotantoprosessin skaalatuottoja vastaava malli. Ohjelmointiongelman rajoitteisiin voidaan myös lisätä esimerkiksi panospainoja kuvaavat rajoitteet. Lasketaan mallia vastaavat tehokkuusluvut kaikille yksiköille.

Vaihe II: Käyttämättömien pelivarojen malli

DEA-tehokkuusluku ilmoittaa, kuinka paljon yksikön panoskäyttöä voidaan suhteellisesti vähentää tai tuotoksia lisätä, jotta tarkasteltava yksikkö olisi tehokas. Tämä on kaikkea muuta kuin yksikäsitteinen tehokkuuden tulkinta. Kaikkien panosten suhteellisesti yhtä suuri vähentäminen ilmoittaa vähimmäis-, tai suhteellisen pelivaran, joka yksiköllä on tehokkaiisiin yksiköihin verrattuna. On kuitenkin hyvin epätodennäköistä, että pelkkä suhteellinen pelivara riittää, sillä DEA-ratkaisu jättää joidenkin panosten osalta vielä absoluuttista pelivaraa. Matemaattisesti tämä näkyy nolla-kertoimina virtuaalituottavuusmittarissa (ks. keskustelu pelivaroista s. 14). Laskennallisesti täysi tehokkuus ei siten merkitse sitä, etteikö yksiköllä olisi pelivaroja. Yksikön kaikki käyttämättömät pelivarat saadaan laskemalla yhteen suhteellinen ja absoluuttinen pelivara.

Menetelmän keskeinen ajatus on rakentaa regressiomalli pelivaroille. Jokaisen panoksen (tai tuotoksen) pelivaroille rakennetaan regressioyhtälö, missä selittäviksi tekijöiksi valitaan yksikköjen johdon kontrollin ulkopuolella olevia muuttajia. On muistettava, että DEA-menetelmässä kaikkien panosten tulee olla johdon kontrollissa. Regressiomalli voidaan spesifioida hyvin monella tavalla riippuen siitä, mitä pelivarojen ominaisuuksia halutaan painottaa. Pelivarayhtälöt voivat olla joko itsenäisiä tai niiden välille voidaan olettaa riippuvuuksia, esimerkiksi näennäisesti riippumattomien yhtälöiden mallin tapaan. Myös Tobit-mallia voidaan käyttää pelivarojen katkaistun ominaisuuden vuoksi.

Regression keskeinen tarkoitus on suodattaa satunnaisvaihtelua pelivaroista laskemalla mallin mukaiset pelivaraennusteet jokaiselle yksikölle. Näin saadaan laskettua havaintoihin ja estimoituun malliin perustuva johdon välittömän kontrollin ulkopuolelle jäävä sovitettu pelivara, jolla korjataan alkuperäisiä havaintoja.

Vaihe III: Havaitun panoskäytön korjaus sovitetuilla pelivaroilla.

Pelivarakorjausta voidaan ajatella tehtävän kahteen suuntaan: tehdään kaikki yksiköt näyttämään joko mahdollisimman hyviltä tai mahdollisimman huonoilta. Luonnollinen suunta tuntuisi olevan vähentää sovitettua pelivaraa havaituista, jol-

loin jokainen yksikkö puhdistetaan ympäristövaikutuksista. Tähän liittyy stokastisten ja parametristen mallien ongelma. Ei ole olemassa mitään takuita siitä, että sovitettu pelivara alittaisi havainnon. Näin käy helposti erityisen voimakkaasti aineiston keskiarvoista poikkeaville panoskäytöille.

Fried ym. esittämä ratkaisu onkin transformoida kaikki yksiköt ympäristötekijöiden suhteen mahdollisimman epäedulliseen tilaan. Kunkin pelivaramallin sovitteen maksimi kertoo kaikkein huonoimmassa asemassa olevan yksikön, joten tämän yksikön panoskäyttö voidaan pitää ennallaan. Kaikkien muiden yksiköiden panosta täytyy nostaa maksimisovitteen (huonoimman mahdollisen ympäristön tuottama panoskäyttö) ja tarkasteltavan yksikön sovitteen välisellä erotuksella.⁹ Kun tämä transformaatio on tehty kaikille yksiköille, voidaan edetä viimeiseen vaiheeseen.

Vaihe IV: Johtamisen tehokkuus

Kun kaikki yksiköt on saatettu samalle viivalle ympäristötekijöiden suhteen, voidaan tehokkuutta vertailla puhtaasti tuotannon organisoimisen, tai johtamisen, näkökulmasta. DEA-menetelmän käyttö transformoituun dataan tuottaa luvut, joita voidaan *teknisesti katsoen* tulkita kuten tavanomaisia DEA-tehokkuuslukuja mutta yksiköt ovat vertailukelpoisempia. Tehokkuuslukujen väliset suhteet kertovat tehokkuuseroista yksiköiden johtamisessa ja saatua *yksiköiden järjestystä* voidaan käyttää johdon onnistumisen mittarina. Yksikön johtamisen tehokkuuden arvoa ei kuitenkaan voida käyttää skaalaamaan panoskäyttöjä tehokkaiksi samaan tapaan kuin alkuperäisiä DEA-tehokkuuslukuja. Johtamisessa täysin tehokkaankin yksikön täytyy hyödyntää panoskäytössään ympäristötekijöiden suoma etu.

Regressiovaiheessa tehdään vahva oletus siitä, että huonot ympäristötekijät korreloivat tehottomuuden kanssa positiivisesti. Regressiossa haetaan tekijöitä, jotka ennustavat suurta pelivaraa. Mikäli regressio onnistuu selittämään pelivaroja, tehottomille yksiköille korjaus on pienempi kuin tehokkaammille. Näin tehokasta rintamaa vedetään voimakkaasti tuottamattomampaan suuntaan. Tästä näkökulmasta *johtamisen tehokkuutta voidaan tulkita myös minimipotentiaalina, jolla panoskäyttöä voidaan tehostaa*. Yksikkö voi kuitenkin osoittautua tehottomammaksi transformoidussa kuin alkuperäisessä aineistossa. Tämä merkitsee sitä, että yksiköllä on ympäristötekijöihinsä nähden suuret pelivarat ja sen tulisi olla tehokkaampi. Käytännössä tämä voi syntyä vain absoluuttisten pelivarojen kautta, sillä ne eivät näy tehokkuuslukuissa. Tämä on ”minimipotentiaali” tulkinnan mukaista, sillä yksikön täytyisi toimia paremmin kuin se DEA tarkastelussa on osoittanut.

⁹ Erotus maksimisovitteen ja yksikön sovitteen välillä ilmaisee sen, kuinka paljon yksikkö hyötyy ympäristötekijöistään suhteessa huonoimpaan mahdolliseen. Tämä erotus lisää yksikön havaittuun panoskäyttöön.

5.2.1 Keskustelua menetelmän soveltamisesta ja tulokset

Menetelmän soveltamiseen ei liity suuria ongelmia, jos kaikki tarkasteltavat yksiköt ovat osapuilleen samankokoisia. Kuitenkin terveystakeskusten koko vaihtelee mittarista riippuen jopa satakertaisesti. Tämä aiheuttaa ongelmia vaiheen III transformaatiossa. Espoo ja Vantaa saivat suurimmat sovitteet ja asettuivat näin mittapuuksi muille. Ei ole mieltä korjata Ranuan terveystakeskuksen panoskäyttöä määrillä, jotka riippuvat Espon terveystakeskuksen panoskäytöstä. Ongelma voidaan kuitenkin kiertää skaalaamalla panokset vaiheessa kolme siten, että sovite kertoo kunkin panoksen suhteellisen transformaatiotarpeen.

Vaiheen kolme regressiossa voidaan ottaa huomioon hyvin monenlaisia tekijöitä, myös diskreettejä muuttujia, kuten alueet tai terveystakeskuksen kuuluminen jollekin kuntayhtymälle. Kuhunkin ominaisuuteen liittyvä pelivarojen korjaustarve voidaan estimoida ja lopputuloksia tarkastella valitun muuttujan vaikutuksena.

Koska eri panosten käytön voidaan hyvällä syyllä olettaa olevan toisiinsa sidoksissa, voitaisiin pelivarayhtälöryhmälle käyttää näennäisesti riippumattomien yhtälöiden estimaattoria (SUR). Toisaalta selitettävät muuttujat ovat edelleen katkaistuja, tällä kertaa nolaa suuremmiksi. Tyhjät pelivarat eivät kuitenkaan voi tarkoittaa sitä, ettei terveystakeskuksella olisi pelivaroja suhteessa muihin yksiköihin. Tämä edellyttäisi puolestaan Tobit-mallin käyttöä. Käytettävissä olevat ohjelmistot pakottavat valitsemaan näiden kahden mallinnustavan välillä. Koska SUR-sovitteet rikkovat loogisen alarajan pelivaroille, päädyimme käyttämään Tobit-mallia.

Kun jokaiselle panokselle laskettiin käytettävissä olevat pelivarat, saatiin taulukon 11 mukaiset parametriestimaatit lineaarisille malleille. Selitettävä muuttuja oli jokaisessa yhtälössä suhteellisen ja absoluuttisen pelivaran summan suhde yksikön panoskäyttöön. Kertoimet ovat siten tulkittavissa vaikutuksena panoksen pelivaran suhteelliseen määrään. Kokeilemalla vastaavaa muuttujajoukkoa kuin luvun 5.1 Tobit-malleissa, päädyttiin selittämään pelivaroja yksityisillä terveydenhoitomenoilla ja kolmella dummy-muuttujalla, jotka kuvasivat asukastiheyttä (arvo 1 desiileille 2 - 9), keskimääräistä pienempiä erikoissairaanhoidon menoja (arvo 1 kun menot alle 3000 mk/as) ja etäisyyttä lähimpään sairaalaan (arvo 1 kun sairaalaan alle 15 km). Selittävät muuttujat olivat samat kaikille malleille paitsi lääkäripanokselle, mille etäisyys lähimmästä sairaalasta ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Pelivaraa, eli panosten tuhlausta, selittävistä yhtälöissä jäi edellisen luvun Tobit-mallien tapaan vaille tilastollista merkitystä kaikki väestön ikärakennetta, työkyvyttömiä osuutta ja erityisryhmille suunnattuja palveluja kuvaavat muuttujat (ks. liite 3). Myöskään kuntayhtymien ja kuntien itse ylläpitämien terveystakeskusten pelivaroissa ei havaittu tilastollista eroa. Näillä muuttujilla voi olla yksittäistapauksissa merkitystä terveystakeskuksen toimintaedellytyksiin, mutta syste-

maattista samansuuntaista vaikutusta tarkastelluissa terveyskeskuksissa ei ollut havaittavissa.

Taulukko 11. Pelivarojen lineaarinen Tobit-malli

	Lääkärit		Hoitajat		Muu henkilö- kunta		Ostopalvelut	
	Kerroin	Prob	Kerroin	Prob	Kerroin	Prob	Kerroin	Prob
Asukastiheys [†]	-0,111	0,003	-0,095	0,001	-0,095	0,003	-0,085	0,003
Yksit. Terv. Hoitomenot.	-0,001	0,068	-0,001	0,032	-0,001	0,003	-0,001	0,008
Esh-menot [†]	-0,059	0,062	-0,045	0,053	-0,044	0,082	-0,056	0,014
Lähisairaala [†]			0,054	0,052	0,062	0,039	0,049	0,067
Vakio	0,286	0,000	0,241	0,000	0,275	0,000	0,247	0,000
N	167		167		167		167	
χ^2	15,54		21,13		22,61		23,08	
[†] Dummy muuttuja								

Asukastiheys-dummin negatiivinen kerroin osoitti pelivarojen kasvavan molemmissa asukastiheyden ääripäissä noin 10 prosentilla riippuen panoksesta. Yksityisten terveydenhoitomenojen määrään vaikuttaa näiden palvelujen saatavuus. Korkeat yksityiset terveydehoitomenot asukasta kohden olivat yhteydessä pienempiin julkisen perusterveydenhuollon pelivaroihin. Yksityiset terveysasemat ja työterveyshuolto voivat toimia puskurina ja vähentää julkisen terveydenhuollon tarvetta varautua palvelutarpeen vaihteluun. Terveyskeskuksen etäisyydellä sairaalasta ja erikoissairaanhoidon menoilla oli tilastollisesti merkittävä negatiivinen riippuvuus (regressiota ei raportoitu taulukossa), joka näkyi myös muuttujien vastakkaisina etumerkkeinä regressioissa. Erikoissairaanhoidon alhaiset menot korottivat pelivaroja. Jos käyttäjäkunnan sairastavuudessa ei ole eroa, niin ilmeisesti näissä terveyskeskuksissa toisaalta palveluvalikoima oli keskimääräistä laajempi ja toisaalta resurssien käyttöaste keskimääräistä alhaisempi.

Kun saaduista malleista laskettiin sovitteet, ottaen huomioon Tobit-mallin oletukset nolla-pelivarojen luonteesta, voitiin alkuperäiset havainnot transformoida vaiheen III mukaisesti. Taulukossa 12 on esitetty *estimoitujen mallien mukaiset* ympäristötekijöiltään 10 heikointa ja 10 edullisinta terveyskeskusta. Tuloksia voidaan pitää viitteellisinä ja vain estimoituun malliin ja siihen valittuihin muuttujiin liittyvinä. Vaikutukset eri panoksiin ovat hyvin samankaltaisia. Lähinnä eroa syntyi lääkäripelivarojen suhteen, missä lähisairaala-dummy ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 12. Ympäristötekijöiden aiheuttama korjaus panoksiin. Kymmenen heikoimmassa ja parhaimmassa asemassa olevaa terveyskeskusta. Prosenttisarake kertoo suhteellisen edun panoskäytössä.

Heikoimmassa asemassa olevat terveyskeskukset							
Lääkärit	%	Hoitajat	%	Muu henkilökunta	%	Ostopalvelut	%
Ranua	0	Hyrnsalmi	0	Hyrnsalmi	0	Hyrnsalmi	0
Sodankylä	1	Rovaniemi	1	Rovaniemi	1	Rovaniemi	1
Rovaniemi	1	Ranua	2	Ranua	2	Ranua	1
Utsjoki	2	Utsjoki	3	Utsjoki	3	Utsjoki	2
Hyrnsalmi	2	Kemi	3	Salla	3	Salla	3
Pudasjärvi	3	Vaasa	3	Tervola	4	Tervola	3
Kemi	4	Salla	3	Sodankylä	4	Sodankylä	3
Rovan. Mlk	4	Tervola	4	Posio	4	Posio	3
Pelkosenn.-	4	Sodankylä	4	Pelkosenn.- Savuk.	4	Pelkosenn.-	3
Savuk. ktt:n ky				ktt:n ky		Savuk. ktt:n ky	
Järvenpää	5	Posio	4	Kemi	4	Kemi	3

Edullisimmassa asemassa olevat terveyskeskukset							
Lääkärit	%	Hoitajat	%	Muu henkilökunta	%	Ostopalvelut	%
Kemiöns. tk ky	22	Nilsinä	16	Nilsinä	19	Nilsinä	16
Pöytyän ktt. ky	20	Hämeenkyrö	16	Hämeenkyrö	18	Hämeenkyrö	15
Kokemäki	20	Pöytyän ktt. ky	16	Pöytyän ktt. ky	18	Pöytyän ktt. ky	15
Alahärmä	19	Alahärmä	16	Alahärmä	18	Alahärmä	15
Sonkajärvi	19	Sonkajärvi	16	Sonkajärvi	18	Sonkajärvi	15
Parikkalan ktt:n	19	Sipoo	15	Sipoo	18	Sipoo	15
ky							
Nilsinä	19	Härkätien ky	15	Härkätien ky	18	Härkätien ky	15
Luoteis - Sata-	19	Elimäki	15	Elimäki	18	Elimäki	15
kunnan ktt:n ky							
Oravaisten,	19	Ulvilan ktt:n ky	15	Ulvilan ktt:n ky	17	Ulvilan ktt:n	15
Vöyrin ja Mak-						ky	
samaan tk ky							
Ylihärmä	19	Varpaisjärvi	15	Varpaisjärvi	17	Varpaisjärvi	15

Heikoimmassa asemassa olevat terveyskeskukset sijaitsivat Vaasaa ja Järvenpäästä lukuun ottamatta Lapin ja Oulun lääneissä. Vastakkaisessa päässä alueellinen hajonta oli suurempaa. Merkillepantavaa on, että terveyskeskuksen koko ei tässä tarkastelussa näy erottavana tekijänä ainakaan ääripäissä. Ympäristötekijöiden vaikutus oli enimmillään liki 20 prosenttia. Vaikka kuntayhtymävaikutus ei itsenäisenä selittävänä muuttujana saanut tilastollista tukea, neljä kymmenestä edullisimmassa asemassa olevaa terveyskeskusta olivat kuntayhtymien ylläpitämiä.

Panoskohtaiset pelivarat ovat sinänsä oma mielenkiintoinen tarkastelukohteensa, mutta johtamisen tehokkuus mahdollistaa myös ympäristötekijöiden korjauksen tai tasoituksen tekemisen aineistoon ja yksiköiden vertailun tältä pohjalta. Ym-

päristötekijöillä korjatut johtamisen tehokkuuden luvut on esitetty yksikkökohdaisesti liitteessä 5 ja kuvassa 7.

Taulukossa 13 on vertailtu teknisen tehokkuuden ja johtamisen tehokkuuden jakaumia. Ympäristövaikutusten poistaminen teknisestä tehokkuudesta nosti hie-man keskimääräisiä tehokkuuslukuja ja pienensi hajontaa. Lukuja täytyy verrata varoen. Vaikka sama määrä terveyskeskuksia osoittautuikin tehokkaiksi molemmissa tarkasteluissa, yksiköt vaihtelevat. *Terveyskeskusten minimitehostamispotentiaali, ympäristötekijätkin huomioon ottaen, on keskimäärin lähes alkuperäisen DEA-tuloksen mukainen.* Johtamisen tehokkuuden malli onkin kehitetty korjaamaan ympäristötekijöiden vaikutusta yksikkötasolla.

Taulukko 13. Teknisen tehokkuuden ja johtamisen tehokkuuden jakauma 1998

	Tekninen tehokkuus	Johtamisen tehokkuus
Keskiarvo	0,91	0,92
Mediaani	0,93	0,94
1. desiili	0,78	
Keskihajonta	0,096	0,090
Tehokkaita	55	55

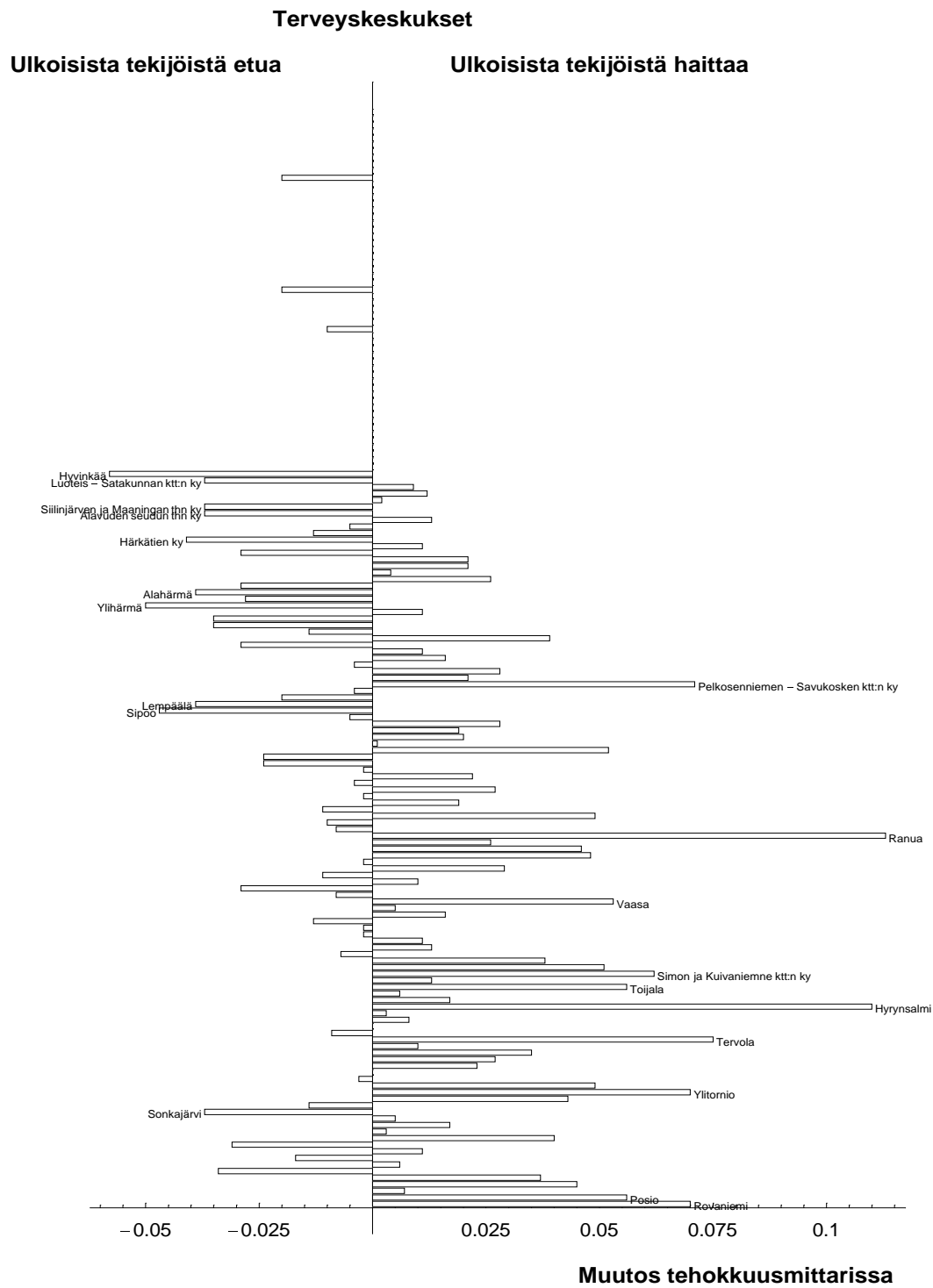
Kuvassa 8 yksikkökohtaisia muutoksia on kuvattu järjestämällä terveyskeskukset alkuperäisen vakioskaalaisen DEA-mallin tulosten mukaisesti, tehokkaimmat yksiköt ylimmäksi. Pylväät kertovat yksikköjen tehokkuuden muutoksen, kun ulkoisten tekijöiden vaikutus on kontrolloitu. Suurimmat suhteelliset muutokset, kuten odottaa sopi, kohdistuivat tehokkuuden ääripäihin, mutta vaihtelu oli hyvin suurta. Terveyskeskusten tehokkuus Ranualla, Hyrynsalmella, Pelkosenniemi-Savukoski ktt:n ky:n alueella, Simo-Kuivaniemen ktt:n ky:n alueella ja Tervolassa kärsi voimakkaasti ulkoisista tekijöistään. Näillä kunnilla siirtymät olivat 0.08-0.11 pistettä. Pisteluku kuvaa sitä, kuinka paljon alkuperäinen DEA-menetelmä yliarvioi näiden terveyskeskusten teknisiä mahdollisuuksia tehostaa toimintaansa. Vastaavasti Hyvinkää, Luoteis-Satakunnan ktt:n ky, Sipoo, Ylihärämä ja Lempäälä hyötyivät ulkoisista tekijöistään. Näistä kaksi ensimmäistä olivat teknisen tehokkuuden suhteen täysin tehokkaita, mutta johtamisen tehokkuus osoitti Hyvinkäälle kuusi prosenttia ja Luoteis-Satakunnalle kolme prosenttia tehostamispotentiaalia. Tarkempi erittely tuloksista on liitteessä 5. Siitä nähdään, että esimerkiksi alunperinkin suhteellisen tehottomalla Kajaanin terveyskeskuksella malli ei pystynyt kuvaamaan sen ympäristöllisiä ongelmia tai sillä olisi enemmänkin tehostamisvaroja kuin teknisen tehokkuuden estimaatti antaa ymmärtää. Toisaalta kuudella terveyskeskuksella, mukaan lukien Ranuan 11 prosentin tehottomuus, havaittu tekninen tehottomuus voidaan selittää kokonaan mallissa käytetyillä ympäristötekijöillä.

DEA -tehokkuuslukuja tulkittaessa on otettava huomioon, että alkuperäisten tehokkuuslukujen erojen ollessa ovat vain muutama prosenttiyksikkö, vaihtelu voi aiheutua mittavirheistä ja muuttujien satunnaisvaihtelun aiheuttamasta epävarmuudesta.¹⁰ Estimoidut toimintaympäristön vaikutukset tehokkuuteen monilla terveyskeskuksilla olivat kuitenkin niin suuria ettei niitä voi selittää satunnaisvaihtelulla

Mitatut erot ympäristötekijöiden vaikutuksessa ovat välittömästi riippuvaisia mallissa käytetyistä muuttujista. Tässä tutkimuksessa olemme pyrkineet testaamaan kaikki käytettävissä olevat muuttujat ja niiden variaatiot tilastollisessa mallissa, eikä parempia selittäjiä tehokkuuseroille löytynyt.

¹⁰ Epävarmuus DEA:ssa on ollut kasvavan kiinnostuksen kohde viimeisen viiden vuoden aikana. Ks esimerkiksi bootstrap menetelmistä Simar ja Wilson (2000) tai vaihtoehtoista mittavirheisiin perustuvaa lähestymistapaa Alho ja Rätty (2000).

Kuva 8. Ulkoisten tekijöiden vaikutukset terveyskeskusten tekniseen tehokkuuteen



6 Pohdinta ja johtopäätöksiä

Tässä tutkimuksessa on data envelopment analyysin avulla arvioitu terveyskeskusten palvelutuotannon tehokkuutta vuosina 1997 ja 1998 ja estimoitu näin havaitun tehostomuuden yhteyttä terveyskeskuksen toimintaympäristöä ja taloutta kuvaaviin tekijöihin. Terveyskeskusten tehokkuus ja siihen vaikuttavat tekijät ovat olleet tutkimuksen kohteena monta kertaa aikaisemminkin (Luoma ja Järviö 1992, 1994, 2000, Järviö ym. 1994, Luoma ym. 1996). Tuoreemman aineiston lisäksi tämä tutkimus eroaa aikaisemmista siinä, että panoshintatietoja hyväksikäyttäen on teknisen tehokkuuden ohella arvioitu myös kustannustehokkuutta ja panoskäytön allokaatiivista tehokkuutta. Tutkimuksessa käytetään myös uutta johtamisen tehokkuuden arviointiin soveltuvaa menetelmää, jonka avulla tehokkuuslukuista voidaan poistaa edullisten ja epäedullisten ympäristötekijöiden vaikutus.

Keskeinen ongelma terveydenhuollon tehokkuustutkimuksissa on tuotoksen mittaaminen. Tässä tutkimuksessa tuotosmittareina on käytetty terveyskeskusten palvelusuoritteiden määriä. Tällaiset tuotosmittarit ovat kaukana ideaalisista tuotosmittareista. Ne eivät ensinnäkään ota huomioon terveyspalveluilla aikaansaatuja terveys- ja hyvinvointivaikutuksia. Toiseksi voidaan asettaa kyseenalaiseksi se, ovatko käyntheihin, hoitopäiviin ja hoitajaksoihin perustuvat tuotosmittarit järkeviä terveydenhuollon tuotostuotoksen kuvaamisessa. Terveydenhuollolle on tyypillistä, että potilaan hoitoon liittyy yleensä useita yksittäisiä toisiaan täydentäviä hoitopalveluja, jotka kokonaisuudessaan muodostavat hoitopäivän. Tässä suhteessa esitettyjä tuloksia voidaan pitää vain ohjeellisina ja lähtökohtana toimipaikkakohtaiselle toiminnan arvioinnille, missä otetaan huomioon muut mahdolliset suoritteet joilla päämääriin on pyritty ja saavutettu vaikuttavuus.

DEA-tehokkuusluvut antavat todenmukaisen mutta tasoittamattoman kuvan yksiköistä. DEA-tulosten luotettavuus riippuu tietenkin havaintoaineiston luotettavuudesta. Ennen kuin tuloksia tulkitaan annettujen lukujen valossa, suurten poikkeamien syyt pitää selvittää. Tutkimusaineistoa tarkistettaessa kävi ilmeiseksi, että terveydenhuollon tilasto- ja rekisteriaineistoissa on virheitä ja epätarkkuuksia. Vaikka aineistosta poistettiin terveyskeskukset, joissa poikkeamat eri tilastolähteiden antamien panosmääräarvioiden välillä olivat huomattavan suuret, on luultavaa, että aineistoon edelleen sisältyy terveyskeskuksia, joiden henkilöstöpanosmäärät eivät anna tarkkaa kuvaa koko vuoden aikana käytetyistä henkilöstöpanoksista. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että henkilöstöpanoskäytön mittarit perustuivat Tilastokeskuksen kunnalliseen henkilöstörekisteriin, jossa tiedot henkilöstömäärästä ja eri henkilöstöryhmien palkoista kuvaavat tilannetta yhden kuukauden aikana. Ei ole takeita sille, että tämä kuukausi edustaisi henkilöstöpanosten käyttöä tarkasti vuositasolla. Satunnaisia vaihteluja henkilöstömäärässä voitiin kuitenkin havainnoida vertaamalla tietoja tarkasteluvuosien

kesken. Panosmittareiden satunnaisvaihtelu aiheuttaa luonnollisesti satunnaisvaihtelua myös tehokkuusmittareihin

6.1 Tuloksista

Tulosten mukaan terveyskeskusten väliset erot kustannustehokkuudessa olivat edelleen varsin huomattavat. Teknisen tehottomuuden ja panoskäytön allokatiivisen tehottomuuden vaikutus kustannustehottomuuteen oli likimain yhtä suuri. Tulosten perusteella ei voida ainakaan vetää johtopäätöstä, että tehokkuuserot terveyskeskusten välillä olisivat 1990-luvulla merkittävästi supistuneet. Suora vertailu aikaisempiin tutkimuksiin on tosin vaikeaa, koska tuotos- ja panosmittarit poikkeavat hieman aikaisemmin käytetyistä samoin kuin sovellettu DEA-malli.

Kuntayhtymien terveyskeskusten DEA-tehokkuusluvut olivat keskimäärin selkeästi yhden kunnan terveyskeskusten vastaavia lukuja korkeampia. Aikaisemmassa vuoden 1991 tuotos- ja panosmäärätietoihin perustuneessa tutkimuksessa tulos oli päinvastainen (ks. Järviö ym. 1994, Luoma ym. 1996). Tobit-malliin perustuvan regressioanalyysin mukaan ero selittyisi osaksi siitä, että kuntayhtymien terveyskeskuksissa oli tyypillisesti päivystysvastaanottokäyntejä mutta suuressa osassa yhden kunnan terveyskeskuksissa ei ollut päivystysvastaanottoa lainkaan. Osaksi ero selitettävissä sillä, että tehottomasti toimineet kuntayhtymät ovat 1990-luvulla purkautuneet todennäköisemmin kuin tehokkaasti toimineet.

Kaiken kaikkiaan regressiomalleilla pystyttiin selittämään vain kohtuullisen pieni osa terveyskeskusten välisistä tehokkuuseroista. Suurimmalla osalla kokeiluista muuttujista, mukaan lukien väestörakennetta kuvaavat muuttujat, ei ollut juurikaan tilastollista selitysvoimaa. Taloudellisten muuttujien merkitys oli samansuuntainen kuin aikaisemmissa tutkimuksissa. Korkeat veroäyrimäärät ja korkeat valtionosuudet olivat yhteydessä tehottomuuteen.

Kun teknisestä tehokkuudesta kuvaavista DEA-tehokkuusluvusta puhdistettiin ympäristötekijöiden vaikutus, muutokset kohdistuivat erityisesti tehokkuuden ääri-päihin. Ympäristötekijät nostivat alhaisimpia tehokkuuslukuja erityisesti Lapin ja Oulun lääneissä parhaimmillaan 5-11 prosenttia. Kuitenkaan kaikkien terveyskeskusten alhaista tuottavuutta ei voitu selittää ympäristötekijöillä. Ympäristötekijöillä, jotka kuvaavat yhteys terveyskeskuksen mahdollisuuksiin erikoistua tai keskittyä perusterveydenhuoltoon, kuten erikoissairaanhoidon ja yksityisten palvelujen saatavuus, havaittiin positiivinen yhteys tehokkuuteen. Yhteydelle on myös muita potentiaalisia selityksiä. Vaihtoehtoisten palvelujen tarjonta voi esimerkiksi vaikuttaa terveyskeskusten potilasrakenteeseen.

Tulokset viittaavat siihen, että terveyskeskusten tehottomuudella ja terveyskeskusalueen väestöpohjalla on jonkinlainen yhteys. Erittäin pienen ja erittäin suuren väestöpohjan terveyskeskuksilla erityisen alhaisen tehokkuusluvun saaneiden terveyskeskusten osuus oli suurempi kuin muilla terveyskeskuksilla. Tälle yhteydelle on monia luontevia selityksiä. Pienten terveyskeskusten toimintakyky kärsii huomattavasti, jos se ei esimerkiksi pysty nopeasti täyttämään avoimina olevia lääkärin virkoja. Henkilöstömitoitus on vaikeampi toteuttaa niin, että panosten käytössä saavutettaisiin allokatiivinen tehokkuus. Suurten terveyskeskusten tehottomuus voi taas johtua siitä, että tällaisten terveyskeskusten johtaminen on ymmärrettävästi haastavampaa kuin pienempien. Osaksi suurten terveyskeskusten tehottomuus saattaa olla näköharhaa. Suurten terveyskeskusten tarjoama palveluvalikoima voi olla laajempi ja keskimäärin vaativampi kuin pienempien.

Tässä tutkimustulosten esittelyn yhteydessä on esitetty yksittäisten terveyskeskusten tehokkuutta kuvaavia tehokkuuslukuja. Näitä lukuja on pidettävä ainoastaan viitteellisinä. Terveyskeskusten itsensä arvioitavaksi jää selvittää, mistä havaittu tehokkuustappio on varsinaisesti syntynyt.

Liite 1. Taustamuuttujien kuvaus

	1997			1998		
	keskiarvo	minimi	Maksimi	Keskiarvo	minimi	maksimi
Väkiluku	17 508	1 521	200 834	17 996	2 161	204 962
Asukastiheys	64,08	0,29	1 419,17	64,46	0,35	1421,67
Sosiaali- ja terveys- toimen valtionosuus mk / asukas	3 181	1 310	5 475	3 071	1133	5 377
Veroäyriensä lukumäärä/ asukas	49 021	33 905	110 956	51 649	35 366	120 300
Yksityiset hoitomenot mk / asukas	117	36	289	125	47	312
Erikoissairaanhoidon menot mk / asukas	2 988	2 025	4 244	3 075	2 095	4 321
Vuosikate 1996, mk / asukas	1 659	-1 169	3 926	1 673	-1 169	3 926
Vuosikate 1997, mk / asukas	818	-1 681	5 720	825	-1 681	5 720
Lähin sairaala, km.	36	0	264	33	0	264
0-6 -vuotiaitten osuus väestöstä	0,08	0,06	0,13	0,08	0,06	0,12
Yli 65-vuotiaitten osuus väestöstä	0,17	0,06	0,25	0,17	0,08	0,25
Yli 85-vuotiaitten osuus väestöstä	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03
Laitoshoidossa olevien osuus yli 65-vuotiaista	0,05	0	0,11	0,05	0	0,11
Työkyvyttömyyseläk- keellä olevien osuus väestöstä	0,06	0,03	0,11	0,06	0,02	0,11
Lastenneuvolakäynnit / asukas	0,27	0,13	0,43	0,26	0,13	0,42
Perhesuunnittelun neu- volakäynnit / asukas	0,06	0,01	0,18	0,06	0,01	0,17
Kouluterveydenhuollon käynnit / asukas	0,33	0,13	1,04	0,31	0,16	0,96
Opiskelijaterveyden- huollon käynnit / asukas	0,03	0	0,24	0,03	0	0,24
Työterveyshuollon käyn- nit / asukas	0,15	0	0,52	0,18	0	0,67
Mielenterveyskäynnit / asukas	0,12	0	0,93	0,13	0	0,67
Fysioterapiakäynnit / asukas	0,33	0	1,09	0,35	0	1,33
Osa-aikaisten lääkärin osuus panoksesta	0,14	0	1,50	0,15	0	1
Osa-aikaisten hoitajien osuus panoksesta	0,18	0	0,52	0,20	0	0,87
Osa-aikaisen muun hen- kilökunnan osuus panok- sesta	0,17	0	0,68	0,18	0	0,62
Päivystyskäyntien osuus lääkärikäynneistä	0,18	0	0,60	0,18	0	0,53

Liite 2. Tehokkuuserot vaihtuvien skaalatuottojen oletuksella

Kuva 1 esitti skaalatuottojen muuttumista. Tiivistetysti kyse on tuottavuuden muutoksesta, kun sekä tuotoksia että panoksia skaalataan ylös tai alaspäin. Yksinkertaisin oletus on vakioskaalatuotto, missä tuottavuus on riippumaton tuotannon skaalasta. Tehokkuus voidaan määritellä yleisemmin muodossa¹¹:

$$P = \frac{y+b}{x}, \quad (12)$$

missä b jokin vakio. Tämän määritelmän erikoistapauksessa, $b = 0$, skaalatuotto on vakio. Kertoimella $k > 1$, jos $b > 0 \Rightarrow \left(\frac{y+b}{x} \right) > \left(\frac{ky+b}{kx} \right)$, tuottavuus laskee panoksia skaalattaessa ylöspäin, joten skaalatuotot vähenevät. Vastaavasti, jos vakio b on negatiivinen, skaalatuotto kasvaa.

Muodostettaessa tehokkuusmittaria muuttuvien skaalatuottojen vallitessa, ainoa muutos, mitä tarvitaan mittareihin (3) ja (4) on b :n lisääminen kohdefunktioon ja rajoitteisiin. Koska b :n taso määrää skaalatuoton muutoksen voimakkuuden, sitä ei voida pitää vakiona vaan se on välinemuuttuja. Muuttuvan skaalatuoton mahdollistavat tehokkuusmittarit panos- ja tuotosorientaatiolla ovat

$$\begin{aligned} E_0 &= \underset{u,v,b}{\text{Max}} \frac{uy_0 + b}{vx_0} & E_0 &= \underset{u,v,b}{\text{Min}} \frac{vx_0 + b}{uy_0} \\ \text{se.} \quad \frac{uy_j + b}{vx_j} &\leq 1 \quad \forall j \in T & \text{se.} \quad \frac{vx_j + b}{uy_j} &\geq 1 \quad \forall j \in T \\ &u, v > 0 & &u, v > 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Esimerkiksi panosorientaatiolla tehokkuusmittarin transformaatiot tuottaisivat mallin

$$\begin{aligned} E_0 &= \underset{\mu, \nu, \beta}{\text{Max}} \mu y_0 + \beta \\ \text{se.} \quad \frac{\mu y_j + \beta}{\nu x_j} &\leq 1 \quad \forall j \in T \\ \nu x_0 &= 1 \\ \mu, \nu &> 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Koska β on rajoittamaton, optimi vaihtuvilla skaalatuotoilla ei voi olla huonompi kuin vakioskaalatuotoilla ($\beta = 0$). Laskevilla skaalatuotoilla vertailuyksikön

¹¹ Tämä ei ole yleisin mahdollinen muoto. Tuottavuus voi olla mielivaltainen tuotannon tason funktio.

tuottavuus on transformaatioiden jälkeen lähempänä sekä tuottavuudeltaan että tuotannon tasoltaan korkeampia yksiköitä.

Tutkimuksessamme analysoimme vain vakioskaalatuottoisella mallilla laskettuja tuloksia. Vertailun vuoksi esitämme tässä liitteessä myös muuttuvien skaalatuottojen mallin tehokkuusestimaatit.

Merkittävin muutos vaihtuvien skaalatuottojen oletuksella oli *teknisesti tehokkaiden* yksiköiden määrän kasvu neljänneksellä ilman, että tehokkuuslukujen keskiarvo merkittävästi nousi. Myös tehokkuuslukujen vaihtelu keskihajonnalla mitaten pieneni. Muutokset ovat kuitenkin hyvin pieniä. Alun perin lähes tehokkaat yksiköt nousevat vaihtuvien skaalatuottojen mallissa tehokkaiden joukkoon.

Tehokkuuslukujen jakauma muuttuvien skaalatuottojen oletuksella

	Tekninen tehokkuus		Allokatiivinen Tehokkuus		Kustannustehokkuus	
	1997	1998	1997	1998	1997	1998
1.desiili	0,83	0,83	0,83	0,82	0,75	0,75
Mediaani	0,99	1,00	0,95	0,95	0,88	0,89
10.desiili	1	1	1	1	1	1
Keskiarvo	0,94	0,95	0,93	0,93	0,88	0,88
Keskihajonta	0,08	0,08	0,07	0,07	0,10	0,10
Minimi	0,67	0,66	0,67	0,57	0,57	0,55
Tehokkaiden yksiköiden lukumäärä	81	85	37	40	37	40

Liite 3. Allokatiivisen tehokkuuden ja lääkärin lukumäärän välinen yhteys

Kuvassa 5 esitettiin kuvio allokatiivisen tehokkuuden ja lääkärin määrän välisestä riippuvuudesta. Kuvion regressiosuora on estimoitu havaintoaineistosta ylhäältä katkaistulla Tobit -mallilla. Vain kuudella terveyskeskuksella oli yli 50 lääkärinä ja suurimmalla noin 170. Koska nämä havainnot vaikuttavat kohtuuttomasti estimoitavan parametrisen funktion kuvaajaan, ne on poistettu tästä regressiosta.

Lääkärin lukumäärä ja allokatiivinen tehokkuus 1997-1998

Selitettävä muuttuja allokatiivinen tehokkuus				
	1997		1998	
	Kerroin	Prob	Kerroin	Prob
Vakio	.709	.000	.740	.000
Lääkärit	-.013	.001	-.011	.005
Lääkärit ^{1/2}	.106	.001	.090	.002
N=161	OLS R ² =0.09		OLS R ² =0.07	

Tobit mallin tulokset voivat olla herkkiä mallin stokastisille oletuksilla ja jo kuvan 5 perusteella voi päätellä jonkinlaista heteroskedastisuutta esiintyvän. Tätä yritettiin poistaa eksponentiaalisella virhetermin heteroskedastisuus mallilla, mutta ainakaan terveyskeskusten kokoa kuvaavat muuttujat eivät pystyneet heteroskedastisuutta tyydyttävästi selittämään. Kuitenkin mallien parametrien arvot niin perinteisessä OLS -regressiossa kuin Tobit-regressiossakaan, heteroskedastisuuskorjattuina tai ilman, eivät poikenneet toisistaan olennaisesti. Liitetaulukossa on heteroskedastisuuskorjaamattomat Tobit-estimaatit. Tarkasteluvuosien välillä ei ole havaittavissa merkittävää eroa. Allokatiivinen tehokkuus oli huipussaan noin 17 lääkärin terveyskeskuksissa.

Liite 4. Yksittäisen taustamuuttujan merkitys selitettäessä terveyskeskuksen tehottomuutta Tobit-mallilla

Taulukossa plus- ja miinusmerkit osoittavat selittäjän vaikutussuuntaa tehottomuuteen: plusmerkit kuvaavat, että selittävän muuttujan kasvaessa tehottomuus kasvaa ja näin ollen tehokkuus pienenee. Merkkien lukumäärä kuvaa tilastollista merkitsevyytensä: yksi merkki kuvaa yli 90%:n, kaksi yli 95%:n ja kolme yli 99%:n merkitsevyyttä.

Taulukon sarakemien ensimmäiset kirjaimet, joko C tai V kuvaavat, onko tehottomuusluku laskettu vakioskaalatuottojen vai muuttuvien skaalatuottojen oletuksella. Kirjaimet T, A ja C kuvaavat, onko kyseessä tekninen, allokativinen vai kustannustehottomuusluku. Kirjaimet INE viittaavat sanaan inefficiency. Sarakemien loppu kertoo tarkastelu vuoden.

Yksittäisen taustamuuttujan selitysvoima ja suunta

	CTINE97	CTINE98	CAINE97	CAINE98	CCINE97	CCINE98	VTINE97	VTINE98	VAIN97	VAIN98	VCINE97	VCINE98
Väkiluku							!	!	!		!	
Asukastiheys	+	++			++	++						
Sos-Ter toimen valtionosuus / asukas			++	+	+++							
Veroäyriensä lukumäärä / asukas												
Yksityiset hoitomenot mk / asukas	-						--					
Erikoissairaanhoidon menot mk / asukas			+++		++			++				
Vuosikate 1996 mk / asukas		--						--				
Vuosikate 1997 mk / asukas												
Kuntayhtymä	---	---			---	-	---	--	++	++		
Lähin sairaala, km.								--	--			
0-6 -vuotiaiden osuus väestöstä												
Yli 65 -vuotiaiden osuus väestöstä								++				
Yli 85-vuotiaiden osuus väestöstä		-						+				
Työkyv. eläkkeellä olevien osuus väestöstä					+							
Lastenneuvolakäynnit / asukas												
Perhesuunnittelun neuvolakäynnit / asukas				-								
Kouluterveydenhuollon käynnit / asukas			--	-								
Opiskelijaterv. huollon käynnit / asukas												
Työterveyshuollon käynnit / asukas												
Mielenterveyskäynnit / asukas												
Fysioterapiakäynnit / asukas	+											
Osa-aikaisten lääkäreiden osuus panoksesta			+++	++		++						
Osa-aikaisten hoitajien osuus panoksesta		+		+		++						+
Osa-aikaisen muun henkilökunnan osuus		++	++		++	++	+	++			++	+
Alle 3000 asukkaan kunta tai ky			+++				---	---		---	--	---
Asukastiheys alle 3 henkilöä /km2	+	++			++	++						
Päivystyskäyntien osuus lääkärikäynneistä	+			---		---						
Päivystävä terveyskeskus (päivystyskäyntien osuus lääkärin luona käynneistä yli 1%)	+	-		--		--						

Vakioskaalatuottojen mallissa vain asukastiheydellä oli itsenäistä selitysvoimaa teknisen tehokkuuden vaihteluun. Vaikutus on kuitenkin ilmeisen epälineaarinen, sillä sekä asukastiheys jatkuvana että harvaan asutut kunnat erottavana dummy-muuttujana selittävät vaihtelua. Kuntayhtymät-dummy selitti myös teknisen tehokkuuden vaihtelua eli kuntayhtymillä oli tilastollisesti havaittavaa etua teknisessä tehokkuudessa. Kun tarkasteluun liitettiin tiedot panosten hinnoista ja etsittiin allokativista tehokkuutta (kustannusten minimointia) selittäviä muuttujia, selittävien muuttujien valikoima oli jo suurempi. Sosiaali- ja terveystoimen valtionosuudet korreloivat negatiivisesti kustannusten minimointiin kuten myös osa-aikaisten lääkärien osuus. Osa-aikaisen henkilökunnan osuus oli pääsääntöisesti merkittävä tekijä ja vaikutukseltaan poikkeuksetta negatiivinen. Laaja kouluterveydenhuollon käyttö näytti alentavan kustannuksia.

Eläkeläisten, vanhusten, lasten ja työkyvyttömiä väestöosuuksilla ei ollut itsenäistä vaikutusta terveyskeskusten tehokkuusvaihteluun. Myöskään veroäyriä lukumäärän vaikutuksella ei ollut tilastollista merkitsevyyttä. Tämä on kuitenkin osin harhaa, sillä veroäyriä lukumäärä oli hyvinkin merkittävä selittäjä, joskaan ei lineaarinen.

Liite 5. Tobit-mallien (taulukko 10) parametriestimaatit ja keskeiset testisuureet

Vuosi 1997				
Tekninen tehokkuus, CRS	Kerroin	Keski- virhe	z	P(Z> z)
Asukastiheys alle 3 henkilöä/km ²	0,034	0,035	0,960	0,336
Osa-aikaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa alle 3000 asukasta, muutoin nolla	-0,244	0,101	-2,410	0,017
Päivystävä terveyskeskus (päivystyskäyntien osuus yli 1% kaikista käynneistä)	-0,034	0,022	-1,550	0,123
Yksityiset hoitomenot/asukas	-0,122	0,035	-3,520	0,001
Veroäyrien lukumäärä/asukas	-0,312	0,226	-1,380	0,169
Veroäyrien neliö/asukas	0,221	0,090	2,470	0,015
Työkyvyttömiä osuus väestöstä	2,101	0,826	2,540	0,012
Vuosikate -96 / asukas	-0,033	0,020	-1,680	0,094
Kuntayhtymä	-0,039	0,020	-1,920	0,056
Vakio	0,208	0,165	1,260	0,208
LR testi $\chi^2(9) = 45,58$				

Vuosi 1998				
Tekninen tehokkuus, CRS	Kerroin	Keski- virhe	z	P(Z> z)
Asukastiheys alle 3 henkilöä/km ²	0,069	0,036	1,920	0,056
Osa-aikaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa alle 3000 asukasta, muutoin nolla	-0,177	0,106	-1,660	0,098
Päivystävä terveyskeskus (päivystyskäyntien osuus yli 1% kaikista käynneistä)	-0,044	0,023	-1,920	0,057
Yksityiset hoitomenot/asukas	-0,025	0,036	-0,700	0,484
Veroäyrien lukumäärä/asukas	-0,342	0,222	-1,540	0,125
Veroäyrien neliö/asukas	0,174	0,084	2,070	0,040
Työkyvyttömiä osuus väestöstä	0,760	0,869	0,870	0,383
Vuosikate -96 / asukas	-0,030	0,020	-1,480	0,140
Kuntayhtymä	-0,044	0,021	-2,100	0,037
Vakio	0,272	0,167	1,630	0,105
LR testi $\chi^2(9) = 28,32$				

Vuosi 1997				
Allokatiivinen tehokkuus, CRS	Kerroin	Keski- virhe	z	P(Z> z)
Osa-aikaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa alle 3000 asukasta, muutoin nolla	0,582	0,119	4,890	0,000
Ei-kokoajaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa yli 3000 asukasta, muutoin nolla	0,108	0,054	1,990	0,048
Erikoissairaanhoidon käyttökustannukset /asukas	0,080	0,009	8,890	0,000
Vakio	-			

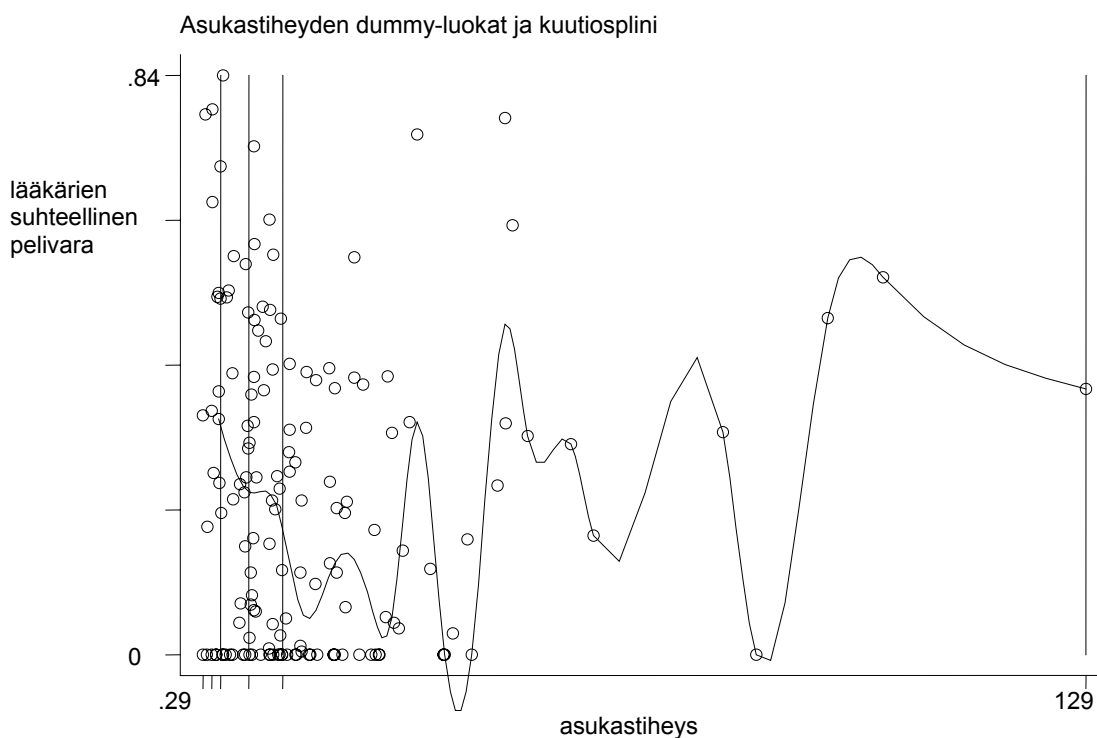
Vuosi 1997				
Allokatiivinen tehokkuus, CRS	Kerroin	Keski- virhe	z	P(Z> z)
Osa-aikaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa alle 3000 asukasta, muutoin nolla	0,373	0,088	4,240	0,000
Ei-kokoaikaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa yli 3000 asukasta, muutoin nolla	0,151	0,046	3,280	0,001
Erikoissairaanhoidon käyttökustannukset /asukas	0,069	0,009	7,770	0,000
Vakio	-			

Vuosi 1997				
Kustannus tehokkuus, CRS	Kerroin	Keski- virhe	z	P(Z> z)
Asukastiheys	0,010	0,004	2,590	0,011
Osa-aikaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa yli 3000 asukasta, muutoin nolla	0,055	0,080	0,690	0,490
Päivystävä terveyskeskus (päivystyskäyntien osuus yli 1% kaikista käynneistä)	-0,039	0,021	-1,840	0,067
Yksityiset hoitomenot /asukas	-0,078	0,031	-2,540	0,012
Sosiaali- ja terveystoimen valtionosuus/asukas	0,115	0,043	2,680	0,008
Vakio	0,155	0,065	2,400	0,018
LR testi $\chi^2(9) = 22,23$				

Vuosi 1998				
Kustannus tehokkuus, CRS	Kerroin	Keski- virhe	z	P(Z> z)
Asukastiheys	0,011	0,004	2,960	0,004
Osa-aikaisten lääkärien osuus lääkäripanoksesta, jos kunnassa yli 3000 asukasta, muutoin nolla	0,171	0,066	2,570	0,011
Päivystävä terveyskeskus (päivystyskäyntien osuus yli 1% kaikista käynneistä)	-0,057	0,021	-2,660	0,009
Yksityiset hoitomenot /asukas	-0,046	0,031	-1,480	0,142
Sosiaali- ja terveystoimen valtionosuus/asukas	0,097	0,040	2,440	0,016
Vakio	0,130	0,061	2,130	0,035
LR testi $\chi^2(9) = 25,82$				

Liite 6. Aukastiheyden dummy-muuttujat

Organisatorisen tehokkuuden pelivarayhtälöissä käytettiin dummy-muuttujaa kuvaamaan asukastiheyden vaikutusta. Aukastiheyden vaikutus on epälineaarinen: toisaalta hyvin harvaan asutuissa kunnissa ja toisaalta tiheästi asutuissa kunnissa asukastiheyden vaihtelu oli hyvin suurta. Luokitus päätettiin pitää samana kaikille yhtälöille, joten luokkarajat määrättiin muuttujan prosenttipisteiden perusteella. Kuvassa on piirretty lääkärien suhteelliset pelivarat kunnittain ensimmäiseltä 9:ltä desiililtä sekä kuutio spline 30:llä tasaisesti havaintovälille jaetulla solmupisteellä.



Alhaisin havaittu asukastiheys vuoden 1997 aineistossa oli noin 0.3 asukasta ja korkein 1419 asukasta per km². Dummy-luokkia jakavat havaintojen jakaumaa kuvaavat prosenttipisteet on merkitty kuvan pystyviivoilla. Ne rajaavat 10%-25%, 25%-50% ja 50%-90% alueet järjestetyistä havainnoista. Ainakin lääkärien osalta näissä prosenttipisteluoissa pelivarat näyttäisivät olevan pienempiä kuin ensimmäisellä desiilillä. Sama tulkinta pätee ylimpään desiiliin, mutta tätä ei ole voitu piirtää kuvaan ilman, että kuvan havainnollisuus säilyisi. Käytetty dummy saa arvon 1 desiilien 1 - 9 välillä sijaitseville kunnille.

Liite 7. Ympäristötekijöiden vaikutukset eri terveyskeskusten tehokkuuteen

Taulukon sarakkeella ”DEA” on tekninen tehokkuusluku, ”ME” johtamisen tehokkuusluku ja ”Δ” ympäristötekijöiden vaikutus tekniseen tehokkuuteen.

Terveyskeskus	DEA	ME	Δ	Terveyskeskus	DEA	ME	Δ
Rovaniemi	0,61	0,68	0,07	Kauhavan seudun tk ky	0,86	0,86	-0,01
Posio	0,64	0,70	0,06	Kiihtelys-Pyhäselän ky	0,86	0,85	-0,02
Tohmajärvi	0,66	0,67	0,01	Padasjoki	0,86	0,88	0,02
Kittilä	0,67	0,71	0,04	Vantaa	0,87	0,87	0,01
Puolanka	0,67	0,71	0,04	Vaasa	0,87	0,92	0,05
Kajaani	0,67	0,64	-0,03	Kirkkonummen ja Siuntion ktt:n ky	0,87	0,86	-0,01
Vaala	0,68	0,69	0,00	Ruokolahti	0,87	0,84	-0,03
Kauniainen	0,70	0,68	-0,02	Lapinlahti	0,87	0,88	0,01
Ii	0,72	0,73	0,01	Oriveden seudun ktt:n ky	0,87	0,90	0,03
Elimäki	0,72	0,69	-0,03	Kokemäki	0,87	0,86	-0,02
Kemi	0,73	0,77	0,04	Perhonjokilaakso th:n ky	0,87	0,92	0,05
Kangasniemi	0,75	0,75	0,00	Kiuruvesi	0,87	0,87	-0,01
Nastola	0,75	0,77	0,01	Pudasjärvi	0,88	0,93	0,05
Ikaalinen	0,76	0,76	0,01	Hämeenlinnan seudun ktt:n ky	0,88	0,91	0,02
Sonkajärvi	0,77	0,73	-0,04	Ranua	0,89	1,00	0,11
Evijärvi	0,77	0,76	-0,02	Heinävesi	0,89	0,88	-0,01
Rovaniemen mlk	0,78	0,82	0,04	Eura	0,89	0,88	-0,01
Ylitornio	0,78	0,85	0,07	Janakkala	0,89	0,94	0,05
Kärsämäki	0,78	0,83	0,05	Oulaisten seudun ktt:n ky	0,89	0,91	0,02
Sisä-Savon ktt:n ky	0,78	0,78	0,00	Virrat	0,89	0,88	-0,01
Parkano	0,79	0,79	0,00	Tornio	0,89	0,89	-0,01
Lappajärvi	0,80	0,82	0,03	Kauhajoki	0,89	0,92	0,03
Varkaus	0,80	0,83	0,03	Valkeakoski	0,89	0,89	-0,01
Ääneseudun th:n ky	0,81	0,84	0,03	Pello	0,90	0,92	0,02
Huittisten s. th:n ky	0,81	0,82	0,01	Pielaveden-Keiteleen ktt:n ky	0,90	0,90	0,00
Tervola	0,82	0,89	0,08	Vihti	0,90	0,88	-0,03
Tuupovaara	0,82	0,81	-0,01	Oravaisten, Vöyrin ja Maksa- maan tk ky	0,90	0,88	-0,03
Hanko	0,82	0,82	0,00	Salla	0,91	0,96	0,05
Sysmä	0,82	0,83	0,01	Maalahden ja Korsnäsin tk ky	0,91	0,91	0,00
Jyväskylä	0,83	0,83	0,00	Nivala	0,91	0,93	0,02
Hyrnsalmi	0,83	0,94	0,11	Mustasaari	0,91	0,93	0,02
Tiirismaan ktt:n ky	0,83	0,85	0,02	Toholampi	0,91	0,94	0,03
Toijala	0,83	0,89	0,05	Laukaa	0,92	0,91	0,00
Asikkala	0,83	0,84	0,01	Sipoo	0,92	0,87	-0,05
Eno	0,84	0,85	0,01	Lempäälä	0,92	0,88	-0,04
Simon- Kuivanie- men ktt:n ky	0,84	0,90	0,06	Leppävirta	0,92	0,90	-0,02
Espoo	0,84	0,89	0,05	Lieksa	0,92	0,92	0,00
Kuhmo	0,84	0,88	0,04	Pelkosenn.-Savuk. ktt:n ky	0,93	1,00	0,07
Reisjärvi	0,85	0,86	0,01	Riihimäen seudun tk ky	0,93	0,95	0,02
Haapavesi	0,85	0,84	-0,01	Ilomantsi	0,93	0,96	0,03
Kouvolan-Valkea- alan ktt:n ky	0,85	0,86	0,01	Etelä-Pirkanmaan th:n ky	0,93	0,95	0,01
Ylöjärvi	0,85	0,85	-0,01	Kannus	0,93	0,93	-0,01

Terveyskeskus	DEA	ME	Δ	Terveyskeskus	DEA	ME	Δ
Somero	0,94	0,95	0,01	Lahti	1,00	1,00	0,00
Närpiön tk ky	0,94	0,91	-0,03	Lapua	1,00	1,00	0,00
Loimaan seudun ktt:n ky	0,94	0,98	0,04	Liperi	1,00	1,00	0,00
Salon seudun ktt:n ky	0,94	0,93	-0,01	Luumäki	1,00	1,00	0,00
Pietarsaaren seudun ktt:n ky	0,95	0,91	-0,03	Mouhijärvi	1,00	1,00	0,00
Ähtärinjärven ktt:n ky	0,95	0,91	-0,04	Nilsjä	1,00	1,00	0,00
Iisalmen seudun ktt:n ky	0,95	0,96	0,01	Raisio	1,00	1,00	0,00
Ylihärmä	0,95	0,90	-0,05	Ruovesi	1,00	1,00	0,00
Kankaanpään ktt:n ky	0,97	0,94	-0,03	Sodankylä	1,00	1,00	0,00
Koillis-Savon ktt:n ky	0,97	0,94	-0,03	Taipalsaari	1,00	1,00	0,00
Alahärmä	0,97	0,93	-0,04	Utsjoki	1,00	1,00	0,00
Kotka	0,97	1,00	0,02	Uusikaarlepyy	1,00	1,00	0,00
Hartola	0,98	0,98	0,00	Varpaisjärvi	1,00	1,00	0,00
Kaarinan-Piikkiön tk ky	0,98	1,00	0,02	Vehmersalmi	1,00	1,00	0,00
Lammin-Tuuloksen ktt:n ky	0,98	1,00	0,02	Vimpeli	1,00	1,00	0,00
Saarijärven-Karstulan seudun th:n ky	0,98	0,99	0,01	Yli-Ii	1,00	1,00	0,00
Nurmeksien ja Valtimon th:n ky	0,98	0,95	-0,03	Harjavallan seudun th:n ky	1,00	1,00	0,00
Härkätien ky	0,98	0,94	-0,04	Joutsan seudun th:n ky	1,00	1,00	0,00
Mäntsälä	0,98	0,97	-0,01	Kangasalan seudun tk ky	1,00	1,00	0,00
Kokkolan seudun tk ky	0,99	0,98	-0,01	Keski-Karjalan ktt:n ky	1,00	1,00	0,00
Joensuu	0,99	1,00	0,01	Lounais-Hämeen ktt:n ky	1,00	1,00	0,00
Alavuden seudun th:n ky	0,99	0,95	-0,03	Mikkelin seudun th:n ky	1,00	1,00	0,00
Siilinj. ja Maaningan th:n ky	0,99	0,95	-0,04	Paimion - Sauvon kt ky	1,00	1,00	0,00
Tuusula	0,99	1,00	0,01	Palokan th:n ky	1,00	1,00	0,00
Alajärvi	0,99	0,99	0,01	Parikkalan ktt:n ky	1,00	1,00	0,00
Mäntyharjun ja Pertunmaan ttn ky	0,99	1,00	0,01	Pöytyän ktt:n ky	1,00	1,00	0,00
Luoteis-Satakunnan ktt:n ky	1,00	0,96	-0,03	Seinäjoen seudun ty	1,00	1,00	0,00
Hyvinkää	1,00	0,94	-0,06	Säkylän ja Köyliön ktt:n ky	1,00	1,00	0,00
Himanka	1,00	1,00	0,00	Juvan, Puumalan ja Sul-kavan tk ky	1,00	1,00	0,00
Hämeenkyrö	1,00	1,00	0,00	Kristiinanseudun ktt:n ky	1,00	1,00	0,00
Iitti	1,00	1,00	0,00	Kemiönsaaren tk ky	1,00	1,00	0,00
Ilmajoki	1,00	1,00	0,00	Kyrönmaan tk ky	1,00	1,00	0,00
Jalasjärvi	1,00	1,00	0,00	Ulvilan ktt:n ky	1,00	1,00	0,00
Joroinen	1,00	1,00	0,00	Siikalatvan ky	1,00	1,00	0,00
Joutseno	1,00	1,00	0,00	Raahen seudun th:n ky	1,00	1,00	0,00
Juuka	1,00	1,00	0,00	Sotkamo	1,00	1,00	0,00
Järvenpää	1,00	1,00	0,00	Outokumpu	1,00	1,00	0,00
Kalajoki	1,00	1,00	0,00	Kaakkois-Savon th:n ky	1,00	1,00	-0,01
Kempele	1,00	1,00	0,00	Pyhtää	1,00	0,99	-0,02
Kolari	1,00	1,00	0,00	Teuva	1,00	0,98	-0,02
Konnevesi	1,00	1,00	0,00	Perniön ja Särkisalön tk ky	1,00	0,98	-0,02
Kemijärvi	1,00	1,00	0,00				

Lähteet:

- Alho J. ja Rätty T. (2000): *Uncertain Efficiency of Production*, käsikirjoitus.
- Andersen P. ja Petersen N.C. (1993): A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), s. 1261-1264.
- Banker R.D., Charnes A. ja Cooper W.W. (1984): Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, s. 1078-1092.
- Caves D.W., Christensen L.R. ja Diewert W.E. (1982a): Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers. *Economic Journal*, Vol. 92, s. 73-86.
- Caves D.W., Christensen L.R. ja Diewert W.E. (1982b): The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity. *Econometrica*, Vol. 50, s. 1393 -1414.
- Charnes A., Cooper W.W. ja Rhodes E. (1978): Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research* 2, s. 429-444.
- Coelli T., Rao P.D.S. ja Battese G.E. (1999): *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Diewert W.E. ja Wales T.J. (1987): Flexible Functional Forms and Global Curvature Conditions. *Econometrica* Vol. 55(1).
- Fried H.O., Schmidt S.S. ja Yaisawarng S. (1999): Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency. *Journal of Productivity Analysis* 12(3), November.
- Fried H.O., Lovell C.A.K., Schmidt S.S. ja Yaisawarng S. (2002): Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis* 17(1/2), s. 157-174.
- Hetemäki L. (1996): *Essays on the Impact of Pollution Control on a Firm: A Distance Function Approach*. Doctoral Dissertation. Research Papers 609, Finnish Forest Research Institute.
- Järviö M-L., Luoma K., Suoniemi I. ja Hjerpe R. (1994): *Ekonometrinen analyysi terveystekniikan tehokkuuseroista*. VATT-keskustelualoitteita 78.
- Linna M, Häkkinen U. *Sairaaloiden tuottavuus 1991-1994*. Julkaisussa: Häkkinen, U, Asikainen, K, Linna, M (toim.) *Terveyspalvelujen tarve ja kustannukset alueittain sekä sairaaloiden tuottavuus 1990-luvulla*. STAKES-Aiheita 45.

- Luoma K. ja Järviö M-L. (1992): Health centre productivity in Finland. Productivity change from 1980 to 1990 and productivity differences in 1990. VATT-keskustelu-alotteita 42.
- Luoma K. ja Järviö M-L. (1994): Data envelopment analyysi terveyskeskusten tuotta-vuuseroista vuonna 1991. VATT-keskustelualoitteita 60.
- Luoma K. ja Järviö M-L. (2000): Productive changes in Finnish health centres in 1988-1995: A Malmquist index approach. VATT-keskustelualoitteita 218.
- Luoma K., Järviö M-L., Suoniemi I. ja Hjerppe R. (1996): Financial incentives and productive efficiency in Finnish health centres. *Health Economics* 5 (5): s. 435-445.
- Malmquist S. (1953): Index Numbers and Indifference Surfaces, *Trabajos de Estatica*, Vol. 4, s. 209-242.
- Moorsteen R. H. (1961): On Measuring Productive Potential and Relative Efficiency. *Quarterly Journal of Economics* Vol. 75, s. 451-467.
- Räty T. (1993): Morishima Elasticities and the Regularity of Factor Demands; Comparisons with Flexible Functional Forms. Joensuun yliopisto, Kansantaloustiede. Keskustelualoitteita N:o 25.
- Räty T. (1998): Efficient Facets, Influential Observations and Revisions of the Best Practice Boundary for DEA. Doctoral dissertation. Joensuun yliopiston yhteiskuntatieteellisiä julkaisuja N:o 31.
- Räty T. (2002): Efficient Facet Based Efficiency Index; A variable Returns to Scale Approach. *Journal of Productivity Analysis* 17(1-2), s. 65-82.
- Simar L. ja Wilson P.W. (2000): Statistical Inference in Nonparametric Frontier Models: The State of the Art. *Journal of Productivity Analysis* 13(1), s. 49-78.
- Tilastokeskus (1999): Julkisen toiminnan tuottavuustilastoinnin kehittämisprojektin loppuraportti. Helsinki.

VATT-TUTKIMUKSIA -SARJASSA ILMESTYNEITÄ

PUBLISHED VATT-RESEARCH REPORTS

61. Korkeamäki Ossi: Valtion palkat yleisiin työmarkkinoihin verrattuna: vuodet 1989 - 1997. Helsinki 2000.
62. Uusitalo Roope: Paikallinen sopiminen ja yritysten työvoiman kysyntä. Helsinki 2000.
63. Milne David – Niskanen Esko – Verhoef Erik: Operationalisation of Marginal Cost Pricing within Urban Transport. Helsinki 2000.
64. Vaittinen Risto: Eastern Enlargement of the European Union. Transition in applicant countries and evaluation of the economic prospects with a dynamic CGE-model. Helsinki 2000.
65. Häkkinen Iida: Muuttopäätös ja aluevalinta Suomen sisäisessä muuttooliikkeessä. Helsinki 2000.
66. Pyy-Martikainen Marjo: Työhön vai eläkkeelle? Ikääntyvien työttömien valinnat työmarkkinoilla. Helsinki 2000.
67. Kyllönen Lauri - Rätty Tarmo: Asuntojen hinta-laatusuhde Joensuussa, semiparametrinen estimointi. Helsinki 2000.
68. Kyyrä Tomi: Welfare Differentials and Inequality in the Finnish Labour Market Over the 1990s Recession. Helsinki 2000.
69. Perrels Adriaan: Selecting Instruments for a Greenhouse Gas Reduction Policy in Finland. Helsinki 2000.
70. Kröger Outi: Osakeyhtiöiden verotuksen investointikannustimet. Helsinki 2000.
71. Fridstrøm Lasse – Minken Harald – Moilanen Paavo – Shepherd Simon – Vold Arild: Economic and Equity Effects of Marginal Cost Pricing in Transport. Helsinki 2000.
72. Schade Jens – Schlag Bernhard: Acceptability of Urban Transport Pricing. Helsinki 2000.
73. Kemppi Heikki – Perrels Adriaan – Pohjola Johanna: Kasvihuonekaasupäästöjen alentamisen taloudelliset vaikutukset Suomessa. Vaiheen 1 Loppuraportti. Helsinki 2000.
74. Laine Veli – Uusitalo Roope: Kannustinloukku-uudistuksen vaikutukset työvoiman tarjontaan. Helsinki 2001.
75. Kemppi Heikki – Lehtilä Antti – Perrels Adriaan: Suomen kansallisen ilmasto-ohjelman taloudelliset vaikutukset. Vaiheen 2 loppuraportti. Helsinki 2001.
76. Milne David – Niskanen Esko – Verhoef Erik: Legal and Institutional Framework for Marginal Cost Pricing in Urban Transport in Europe. Helsinki 2001.
77. Ilmakunnas Seija – Romppanen Antti – Tuomala Juha: Työvoimapolitiittisten toimenpiteiden vaikuttavuudesta ja ennakoinnista. Helsinki 2001.

78. Milne David – Niskanen Esko – Verhoef Erik: Acceptability of Fiscal and Financial Measures and Organisational Requirements for Demand Management. Helsinki 2001. Tulossa.
79. Venetoklis Takis: Business Subsidies and Bureaucratic Behaviour. Helsinki 2001.
80. Riihelä Marja – Sullström Risto: Tuloerot ja eriarvoisuus suuralueilla pitkällä aikavälillä 1971-1998 ja erityisesti 1990-luvulla. Helsinki 2001.
81. Ruuskanen Petri: Sosiaalinen pääoma – käsitteet, suuntauokset ja mekanismit. Helsinki 2001.
82. Perrels Adriaan – Kemppi Heikki – Lehtilä Antti: Assessment of the Macro-economic Effects of Domestic Climate Policies for Finland. Helsinki 2001. Tulossa.
83. Venetoklis Takis: Business Subsidies and Bureaucratic Behaviour, A Revised Approach. Helsinki 2001.
84. Moisio Antti – Kangasharju Aki – Ahtonen Sanna-Mari: Menestyksen mitta? Vaihtoehtoisia mittareita aluetalouden kehitykselle. Helsinki 2001.
85. Tuomala Juha: Työvoimakoulutuksen vaikutus työttömien työllistymiseen. Helsinki 2002.
86. Ruotoistenmäki Riikka – Babygina Evgenia: The Actors and the Financial Affairs of the Northern Dimension. Helsinki 2002.
87. Kyyrä Tomi: Funktionaalinen tulonjako Suomessa. Helsinki 2002.