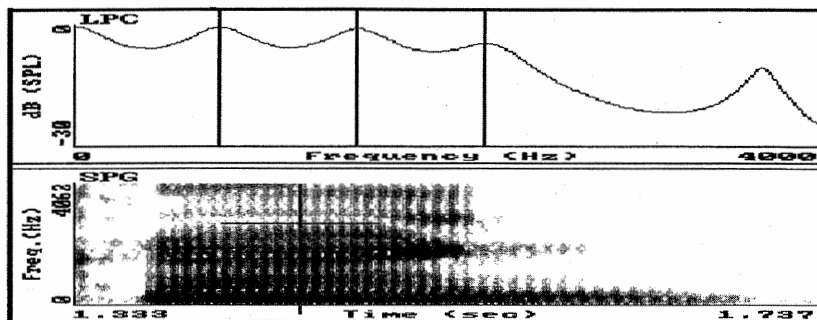


Tutkimus komisyryjänin ja suomen vokaalifoneemien rakenteesta

1. Johdanto

Fonetiikan tutkimusmenetelmiä ovat perinteisesti olleet akustinen analyysi ja havaintokokeet. Molemmat menetelmät ovat tarpeellisia tutkittaessa kielten akustista rakennetta. Ne kumpikin ovat kuitenkin yksin riittämättömiä. Akustisen analyysin ongelma on lähinnä siinä, että ei voida olla varmoja siitä, mitkä akustisen signaalin osat ovat merkitseviä signaalintunnistuksessa. Siksi 50-luvulta lähtien on käytetty tunnistuskokeita relevanttien akustisten vihjeiden selvittämisessä.

Vokaalien olennaisia akustisia vihjeitä ovat formantit (kuva 1). Ne ovat puhesignaalin spektrin peittokäyrän huippuja, jotka nimetään alhaalta lukien. Formantit määräytyvät suuontelon resonanssiominaisuuksista. Resonansseihin vaikuttavat ensisijassa ääntöväylän ominaisuudet, joita säädellään pääosin kielellä ja huulilla. Formanteilla on yhteys artikulatorisen fonetiikan perinteisiin käsitteisiin siten, että F1 vastaa kielen suppeus-väljyys ja F2 etisyys-takaisuus -ulottuvuutta (esim. Fant 1960). Vokaalien akustista rakennetta kuvataan tuottokartoin (esim. Rosner ja Pickering 1994). Tässä artikkelissa suppeus-väljyys ja etisyys-takaisuus tarkoittavat ensisijaisesti akustisia ominaisuuksia. Kolmanneksi alimman formantin (F3) vaikutus on ongelmallisempi. Sen merkitys vokaalin laatuun ei ole selvä. Kaikki oraaliset vokaalit ovat tunnistettavissa kahden alimman formantin perusteella. Toisaalta koeasetelmassa, jossa F3:a varioidaan, voidaan havaita eroja vokaalien nimeämisessä. F3:n käyttäminen vokaalien tunnistuksessa on muita formantteja enemmän yhteydessä kuulijan tottumuksiin. On esitetty, että F3 vaikuttaa vokaalin laatuun kategoriassaan mutta ei kategoriaan sinänsä (Carlson ym. 1970, 35). Rotasoituneissa eli r:n sävyisissä vokaaleissa F3:n muutos on olennaisempaa (esim. Rosner 1994, 173–174).



Kuva 1. Formanttien määrittäminen sanasta *kah*. Ylempänä spektri *a*-äänteestä. Formantit on merkitty pystyviivoiin. Alempana koko sanan spektrogrammi. Viiva osoittaa vokaalin mittaustaikaa.

Fennougristiikassa vokaalien kokeellinen foneettinen tutkimus on kohdistunut lähinnä suomeen (esim. Wiik 1965), viroon (esim. Wiik 1986) ja unkarin. Tunnistuskokeita on tehty muista kielistä vähän. Kaisa Häkkinen (1976a) teki kuuntelukokeen ersämordvan ja unkarin kielestä kummankin osalta yhdellä koehenkilöllä. Kalevi Wiik teki vuonna 1991 kuuntelukokeita udmurtin vokaaleista, mutta kokeiden tuloksia ei ole julkaistu. Komin osalta vokaalien akustisia ominaisuuksia ei ole tutkittu.

Esitän artikkelissani tulokset komilaisilla ja suomalaisilla suoritetuista kokeista, joiden tarkoituksena oli selvittää ja vertailla näiden kielten vokaaliston rakennetta (kokeista yksityiskohtaisemmin, ks. Savela 1999).

Komin ja suomen vokaalijärjestelmät ovat luonteeltaan hyvinkin erilaisia. Suomi on vokaalisointukieli, jonka vokaalisto jakautuu etisiin ja takaisiin vokaaleihin. Komin vokaalijärjestelmä on keskivokaalikeskeinen. Sen fonologiassa olennainen piirre ovat keskiset vokaalisarjat, jotka eroavat sekä etisestä että takaisesta vokaalisarjasta. Komin osalta keskivokaalien merkitystä lisää niiden asema kielen fonotaksissa (ks. Veenker 1982, 435–445). Komin keskivokaalit on yleensä kuvattu illabiaalisiksi. Komin ja suomen erojen voi olettaa näkyvän niin akustisessa analyysissä kuin kuuntelukokeissakin. Erittäin kiinnostavaa on havainnoida, miten toisesta kielestä kokonaan puuttuvat kategoriat hahmottuvat toisen kielen puhujille.

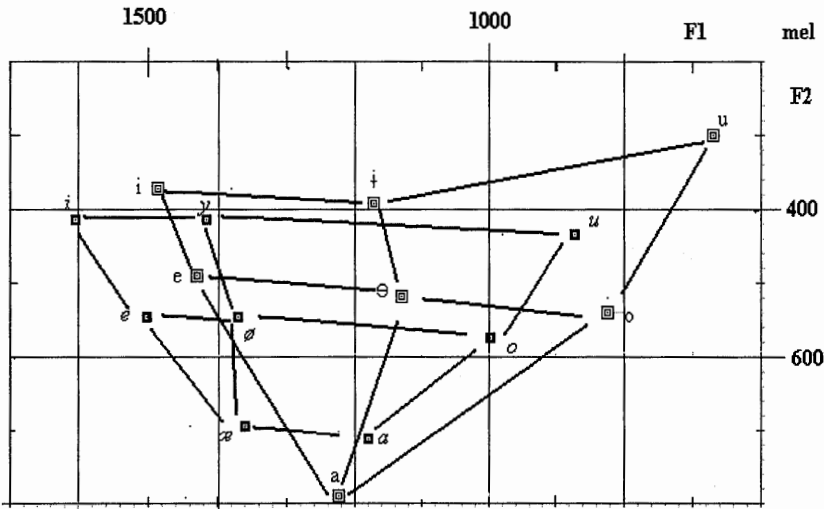
Seuraavassa on kuvattu molempien kielten vokaalifoneemistot IPA-tarkein.

Komisyrjäänin vokaalisto

i ð u
e ə o
 a

Suomen vokaalisto

i y u
e ø o
 æ a



Kuva 2. Suomen ja komin akustiset mittaukset. Kuvassa pienemmät neliöt esittävät suomen ja isommat komin vokaaleja.

2. Koe 1

Menetelmät

Kokeessa oli kaksi nelihenkiä koehenkilöryhmää, toinen komin- ja toinen suomenkielinen. Vertailun helpottamiseksi kaikki koehenkilöt olivat miehiä. Koehenkilöiden tehtävänä oli lausua joukko lauseita. Lauseissa vaihtui aina yksi sana siten, että sen vokaali edusti vuorotellen kutakin kielen vokaalifoneemia. Kukaan koehenkilö luki lauseet kymmenen kertaa. Lauseet nauhoitettiin digitaalياهوurilla (DAT scms ja Tascam DA-P1) ja analysoitiin puheanalyysilaitteella (CSL-model 4300B).

Tulokset

Kustakin äänitetystä lauseesta analysoitiin kaksi vokaalia, joista toinen lausepainollisessa ja toinen lausepainottomassa asemassa. Mittauskohta valittiin sanan keskeltä, koska siinä vokaalin ajatellaan edustuvan puhtaimmillaan. Jokaiselta koehenkilöltä mitattiin siis kukin vokaali 20 kertaa. Kuvassa 2 on esitetty kummankin koehenkilöryhmän vokaalien keskiarvosijainti vokaaliavaruuteen piirrettyssä diagrammissa, jossa F1 on y-akseli ja F2 on x-akseli. Mittayksikkönä on käytetty meliä, joka on äänen taajuuden tajunnallinen yk-

sikkö. Yksikkönä mel on valittu kuvaan siksi, että vokaalien erot ovat tällöin yhteismitallisia riippumatta formantin sijainnista taajuusasteikolla.

Mittaustulokset vastaavat komin vokaalien artikulatorista kuvausta. Ku-
vasta havaitaan seuraavanlaisia tendenssejä:

Suomen vokaalit ovat suppeammalla alalla kuin komin vokaalit. Tämä voi johtua monestakin tekijästä. Yhtäältä erot voivat olla seurausta suomalaisten nopeammasta puhunnoksesta, toisaalta kysytyjen sanojen konsonanttien vai-
kutuksesta. Syy vokaaliston etisyyden eroon saattaa johtua pelkästään koehenkilöiden valinnasta.

Komin laveat etuvokaalit (/e/, /i/) ovat suomen laveita etuvokaaleja takai-
sempia. Ne ovat F2:n osalta jopa lähellä suomen pyöreitä etuvokaaleja (/y/, /ø/). Selityksenä takaisuudelle on mahdollisesti se, että niiden ei tarvitse olla suomen laveiden etuvokaalien tapaan etisiä, koska komin keskivokaalit ovat takaisempia kuin suomen pyöreät etuvokaalit.

Komin keskivokaalit (/ɨ/, /ɘ/) sijoittuvat vokaaliryhmänä taaemmaksi kuin suomen pyöreät etuvokaalit (/y/, /ø/). Ne sijaitsevat selvästi suomen vokaali-
luokkien välissä, eivätkä näin ollen ole akustisesti lähellä mitään suomen vo-
kaaliluokkaa, mikä on sinänsä kiinnostava havainto.

Komin takavokaalit (/o/, /u/) ovat suomen takavokaaleja (/a/, /o/, /u/) ta-
kaisempia. Tämän selitys liittyy edellä kuvattuun keskivokaalien asemaan. Takavokaalien tulee erottua komissa selvemmin muista vokaaliluokista.

Suppeus–väljyys -ulottuvuudeltaan komin ja suomen vokaalit eroavat toi-
sistaan siinä mielessä, että suomen vokaalisto on symmetrisempi. Komin sup-
peat ja väliset vokaalit ovat suomen vastaavia vokaaleja suppeampia ja väljä
vokaali (/a/) väljempi. Väljän vokaalin väljyys voi johtua sen keskisyydestä. Vokaali on mahdollista lausua väljempänä, kun se on keskinen.

Henkilökohtainen variaatio koetuloksissa on suuri. Yleensä voidaan tode-
ta, että kunkin koehenkilön vokaaliavaruus eroaa toisesta usein etisyyden-
takaisuuden tai käytetyn vokaaliavaruuden tilan suhteen. Koehenkilöiden vo-
kaalit ovat siis vaihtelevissa määrin sentraalistuneita. On kuitenkin kiinnosta-
va havainto, että katsottaessa koehenkilöiden kunkin vokaalin keskiarvoista sijaintia vokaaliavaruudessa havaitaan, että ne eivät juurikaan leikkaa vokaa-
leittain toistensa alueelle. Katsottaessa yksittäisiä äännöksiä tilanne on toki toinen.

Verrattaessa kokeen tuloksia aikaisempiin suomen formanttien mittauk-
siin (esim. Wiik 1965) havaitaan, että varsinkin väliset ja väljät vokaalit ovat tuloksissani keskimäärin suppeampia. Toisaalta osalla Wiikin koehenkilöistä vokaalien formantit ovat lähellä omia tuloksiani.

Yleisesti sanoen voidaan todeta ensimmäisen kokeen osoittaneen, että ko-
min ja suomen vokaalien vertailussa ei ole kyse kahden samanlaisen, vain hieman poikkeavan (vrt. suomi ja unkari) vokaalijärjestelmän vertailusta. Kiel-
ten sukulaisuus ei ainakaan vokaalijärjestelmässä ole nähtävissä.

3. Koe 2

Menetelmät

Kokeessa oli 30 komilaista ja 10 suomalaista koehenkilöä. Koehenkilöt olivat korkeakoulun perus- ja jatko-opiskelijoita. Komilaiset koehenkilöt olivat keskimäärin nuorempia.

Koetta varten syntetisoitiin OVE IIIb-puhesyntetisaattorilla kaksi 627:n ärsykkeen sarjaa, jotka kattoivat koko vokaaliavaruuden (ks. kuva 3a). Ärsykkeiden F1 oli 250–790 Hz ja ärsykkeiden väli 30 Hz. F2 oli 800–2400 Hz ja ärsykkeiden väli 50 Hz. Koesarjoissa oli erilaiset F3:n arvot: 2800 Hz ja 3200 Hz. Ärsykkeet esitettiin satunnaistetussa järjestyksessä. Ärsykkeiden välillä oli lyhyt tauko ja joka kymmenennen ärsykkeen jälkeen pitkä tauko.

Koehenkilöiden tehtävänä oli nimetä kaikki ärsykkeet jonkin kategorian edustajiksi. Kategorisointi on luonteeltaan hyvin karkeaa, sillä ihminen kykenee tarvittaessa tarkempankin vokaalien arviointiin. Lisäksi kuuntelijoiden tuli määrittellä, oliko ärsyke vokaalikategoriansa hyvä edustaja, mikä edellytti siis tarkempaa vokaalien arviointia. Ennen kokeita valittiin kutakin vokaalifoneemia edustamaan sopiva grafeemi. Jotta vokaalien kategorisaatio olisi pysynyt halutun kielen mukaisena, ohjeet annettiin koehenkilön äidinkielellä.

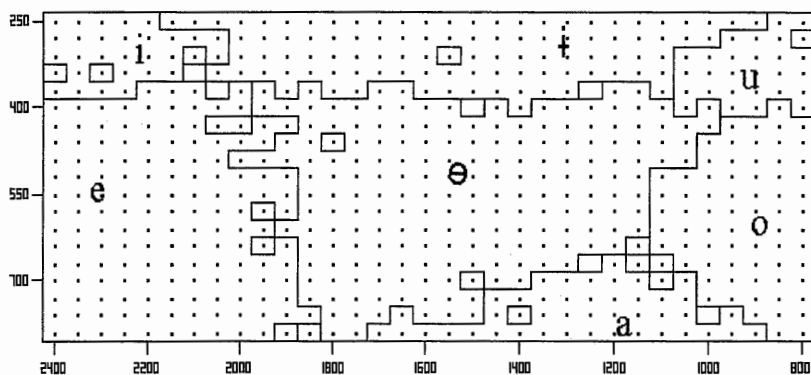
Tulokset

Vokaalien kategorisointikokeessa on tärkeää selvittää tutkittavien foneemikategorioiden rajat ja rakenne. Koska foneemien rajat riippuvat paljon kustakin koehenkilöstä, ei vokaalien foneemirajojen määrittäminen suurelta koehenkilöjoukolta sinänsä kerro mitään absoluuttista kielen vokaalien rajoista. Toisaalta se on kuitenkin erinomainen keino tutkia kielten välisiä vokaalilistojen eroja. Vokaalien rajat on esitetty kuvissa (kuva 3a komi, kuva 3b suomi).

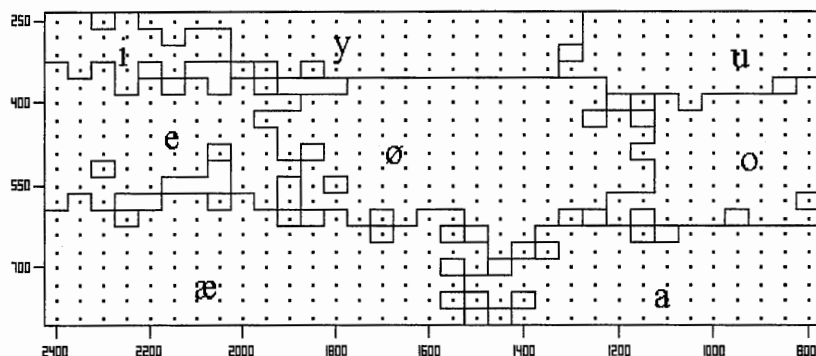
Yksi ilmeisimmistä eroista vokaalirajoissa on siinä, että suomalaisilla koehenkilöillä etuvokaalien alue jakaantuu kolmeen ja komeilla vastaavasti kahteen vokaalikategoriaan. Tästä seuraa, että komissa suomen /æ/-foneemin alue kelpaa /e/-foneemiksi, kunhan F2 on riittävän korkea. Komin lienee siis vaikeaa tunnistaa suomen väljää etuvokaalia.

Takavokaalien osalta ero ei ole yhtä selvä. Komin /a/:n alue on suomen vastaavaa foneemia etisempi ja väljempi. Tämä oli havaittavissa jo akustisessa analyysissäkin. Toisaalta rajojen muoto poikkeaa suomalaisesta siinä, että foneemien /a/ ja /o/ raja on komissa vino ja suomessa suora suhteessa x- ja y-akseleihin.

Kuvasta on havaittavissa, kuinka laaja-alainen komin välinen keskivokaali on. Sen alueeseen kuuluu kokonaan suomen /ø/-foneemi; toisaalta sen alueeseen kuuluu ärsykeitä myös suomalaisten väljien vokaalien alueelta. Sen alue



Kuva 3a. Komin vokaalirajat. Pisteettömillä alueilla millään vokaalilla ei ole enemmistöä vastauksista.



Kuva 3b. Suomen vokaalirajat. Pisteettömillä alueilla millään vokaalilla ei ole enemmistöä vastauksista.

sijoittuu väljissä vokaaleissa /a/:n ja /e/:n väliin. Lisäksi se on suomen /ø/-foneemia takaisempi.

Tutkimuksessa kiinnostava jatkumo on suppeiden vokaalien sarja. Etisen suppean vokaalin alue on sijoittunut melko lailla samalla tavalla molemmissa kielissä. Selvemmin poikkeavatkin muut foneemit. Komin /ɨ/ sijoittuu suomessa sekä /y/:n että /u/:n alueelle. Alueeltaan se onkin ikään kuin yhdistelmä /y/-foneemista ja suomenruotsin /ʉ/-foneemista (vrt. Määttä 1983). Suomen /u/ on alueeltaan komin /u/:ta etisempi. Taulukossa 1 on esitetty kielten vokaalien vastaavuudet.

Pelkästään foneemien rajoja tarkasteleva lähestymistapa on ongelmallinen selvitettyessä niitä kuuntelukokein. Tämän vuoksi kokeeseeni sisältyi myös karkea arvio vokaalin prototyypisyydestä. Prototyypillä tarkoitetaan sel-

Taulukko 1.

komien foneemi	suomen foneemi	suomen foneemi	komien foneemi
a	æ, a	a	a, o, ə
o	æ, u, o, a	æ	e, ə, a
ə	ø, e, o, a	o	ə, o, a, u
e	æ, ø, e, i	ø	ə, i, e
u	u, o	e	u, i, ə
i	ø, u, y, i	u	i, ə, I
i	e, y, i	y	i, e, i
		i	i, e, i

laista vokaalia, joka edustaa vokaalia parhaiten ja johon muut saman kategorian vokaalit vertautuvat. Arvio saatiin kysymällä ärsykkeen hyvyttä eli sitä, kuinka hyvänä vokaalia pidetään. On tärkeää huomata, että vokaalin prototyypisyys ei ole sama asia kuin sen erottuvuus muista kategorioista. Aaltosen ym. (1997) mukaan osa heidän koehenkilöistään piti kategorian huippuna vokaaliärsykeitä, jotka olivat lähellä vokaalin kategorian rajaa.

Oletuksena hyvyttä kysyttäessä oli, että tällaisen kysymyksen avulla olisi mahdollista tutkia vokaalikategorian keskeisiä alueita. Kuvassa 4 on esitetty hyvien vokaalien esiintymisalueet.

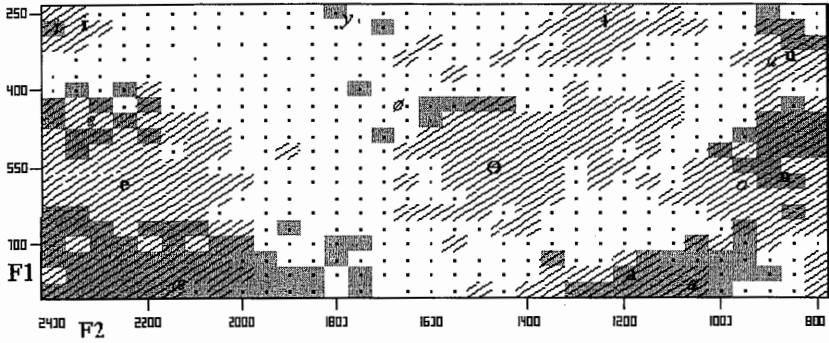
Suomalaisten vokaalien alueet ovat varsinkin suppeiden vokaalien osalta pienemmät kuin komilaisten vokaalien. Tämä johtunee koehenkilömääristäkin. Toisaalta on myös mahdollista, että komin vokaalien hyvä alue on todella laajempi kuin suomalaisilla koehenkilöillä. Syy voi olla myös siinä, että F3 on kokeessa suomen pyöreiden keskivokaalien osalta epädullinen.

Havaitaan, että tarkasteltaessa vokaalien prototyypisiä alueita niistä hahmottuva kuva alkaa muistuttaa enemmän määrin akustisen analyysin tuottamaa kuvaa. Komin keskivokaalit ovat suomen suppeita etuvokaaleja takaisempia, vaikka pelkkiä rajoja tarkasteltaessa niiden alueet olivat yhteneväisemmät.

Laveiden etuvokaalien ja takavokaalien alueet lähinnä tarkentuvat, mutta niiden asemat ovat kuitenkin samantyyppiset kuin pelkkiä rajoja tarkasteltaessa.

Ainoastaan /u/-foneemien alue on kuvassa 3 erilainen. Suomen /u/-foneemi tuntuu jakaantuneen siten, että sen ydinalue vastaa paljolti komin vastaavaa vokaalia. Tällaisessa tapauksessa vokaalin molemmat formantit ovat alhaalla. Toisaalta suomalaisilla on tämän /u/-foneemin kentässä huonon /u/:n alue, jonka he kuulevat erilaisena, mutta katsovat kuuluvan /u/:n allofoniksi. Tämä vokaali vastaa suomenruotsin suppeaa pyöreää keskivokaalia, josta ainakin koulutetut suomalaiset ovat tietoisia.

Verrattaessa kokeeni tuloksia aikaisempiin tutkimuksiin havaitaan, että ne ovat hyvin samansuuntaisia. Häkkisen (1976b) analyysiin verrattuna omien



Kuva 4. Komin ja suomen vokaalien hyvät alueet. Raidoitettu alue esittää niitä ärsykeitä, joiden osalta yli puolet komeista on pitänyt ärsykettä hyvänä kategoriansa edustajana. Tummennettu alue on vastaava alue suomalaisilla koehenkilöillä.

tulosteni mukainen /e/ on laajempi ja /u/ etisempi. Erot voivat johtua koehenkilömääristä. Aaltosen ym. tuloksiin verrattuna kuva on pitkälti samanlainen.

4. Lopuksi

Edellä kuvattu tutkimussarja on mielestäni osoittanut erot komin ja suomen foneemiston rakenteessa. Oletukset kielten erilaisuudesta todentuivat kokeessa.

Tutkimus jättää kuitenkin joukon avoimia kysymyksiä. Tärkein niistä on henkilöittäinen variaatio. Tällä tarkoitan kysymystä, millä tavoin eri koehenkilöt tekevät kategorisointiratkaisujaan. Kategorisointiratkaisuihin vaikuttaa esim. puhujan oma kielellinen kokemus (Repp ym. 1987). Toisaalta ratkaisuihin vaikuttaa strategia. Koehenkilö voi pyrkiä erottamaan vokaaleita toisistaan vain sillä perusteella, että vokaali eroaa ainakin kaikista muista vokaaleista. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään myös kategorian sisäistä hyvyttä, joka myös vaihtelee huomattavasti eri ihmisillä (ks. Aaltonen ym. 1997).

Edellä mainituista ongelmista johtuen on fonetiikassa ja puheentutkimuksessa alettu nyttemmin pyrkiä esitietoisten aivomekanismien kartoittamiseen. Tässä on onnistuttu ensi sijassa MMN-aivovastemenetelmin. Kyseisessä metodissa mitataan aivojen muistijälkien (esim. foneemien) erojen vaikutusta aivovasteeseen. Tämä ns. suoraan seurantaan perustuva menetelmä on osoittautunut käyttökelpoiseksi metodiksi puheen havaitsemisen mekanismien analysoinnissa. Kyseisten metodien käyttäminen foneettisessa tutkimuksessa edellyttää kuitenkin edelleen nimeämiskokeita.

Kokeiden tulokset antavat viitteitä siitä, että suomen ja komin vokaalifoneemien rakenne ei poikkea pelkästään siinä, että kielissä sama jatkumo kate-

gorisoitaisiin eri tavalla. On ounasteltavissa, että kielet käyttävät myös signaalin akustiikkaa eri tavalla vokaalien nimeämisessä. Tähän viittaa erityisesti suppeiden vokaalien alueen epämääräisyys kuuntelukokeissa.

LÄHTEET

- AALTONEN, OLLI – SUONPÄÄ, JOUKO 1983: Computerized two-dimensional model for Finnish vowel identifications. *Audiology* 22.
- AALTONEN, OLLI – EEROLA, OSMO – HELLSTRÖM, ÅKE – UUSIPAikka, ESA – LANG, HEIKKI 1997: Perceptual magnet effect in the light of behavioral and psychophysical data. *Journal of the Acoustical Society of America* 191 (2).
- CARLSON, ROLF – GRANSTRÖM, BJÖRN – FANT, GUNNAR 1970: *Some studies concerning perception of isolated vowels*. Speech Transmission Laboratory, Quaterly progress and status raport 1/1970. Stockholm.
- FANT, GUNNAR 1960: *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton.
- HÄKKINEN, KAISA 1976a: *Erzämordvan vokaalifoneemien rajojen määrittäminen synteettisen testimateriaalin avulla sekä kontrastiivinen tutkimus erzän, suomen ja unkarin vokaalifoneemien rajoista*. Fonetiiikan laudaturtyö (painamaton). Turun yliopisto.
- 1976b: Vokaalisynteesiin perustuva tutkimus suomen ja unkarin vokaalifoneemien rajoista. *Sananjalka* 18.
- MÄÄTTÄ, TAISTO 1983: *Hur finskspråkiga upfattar svenskan vokaler – en studie i kontrastiv fonetik med naturligt och syntetiskt tal*. Acta Universitatis Umenensis. Universitetet i Umeå.
- REPP, BRUNO H. – LIBERMAN, ALVIN 1987: *Phonetic category boundaries are flexible*. S. HARNAD: *Categorical perception – the groundwork of cognition*. Cambridge University Press.
- ROSNER, B. S. – PICKERING, J. B. 1994: *Vowel perception an production*. Oxford University Press.
- SAVELA, JANNE 1999: *Komin ja suomen vokaalit. Kontrastiivinen tutkimus*. Fonetiiikan pro gradu -tutkielma (painamaton). Turun yliopisto, suomalaisen ja yleisen kielitieteen laitos.
- WIik, KALEVI 1965: *Finnish and English vowels*. Turun yliopiston julkaisuja. Sarja B. Osa 94.
- 1986: *Viron ö*. Turun yliopiston suomalaisen ja yleisen kielitieteen laitoksen julkaisuja 30.

JANNE SAVELA: *A contrastive study on Komi and Finnish vowels*

The vowel systems of two Finno-Ugric languages were studied by two methods: acoustic analysis and categorisation tests.

The first test analysed the formant structure of the acoustic signal. Native speakers were asked to say ten times a list of short sentences containing an example of each of the vowel phonemes in the language studied. The data was then analysed by spectrograms.

The Komi and Finnish vowel systems differ greatly. The Komi vowel diagram covered a larger area than the Finnish one, and the Komi vowels proved to be further back than the Finnish. The close and mid Komi vowels were closer and the open vowels more open than the Finnish. The Finnish illabial front vowels were more front and the back vowels more back than the respective vowels in Komi. The biggest difference was in the position of the Komi central vowels and the Finnish labial front vowels. The F2 of the Komi mid vowels is 1200–1400 Hz and that of the Finnish labial front vowels 1700–1900 Hz.

In the second test 30 native speakers were asked to categorise the stimuli they heard. These stimuli covered a wide vowel spectrum (F1 250–800, F2 800–2400). The speakers were then asked to categorise the stimuli as vowels in their native language. They were also asked to decide whether the stimulus was good or not.

Many of the differences observed in the first test were confirmed by the second. The limit of the Komi vowels was more non-linear than that of the Finnish ones. The Komi mid vowels covered a large area of the vowel spectrum. Their perceptual centres were in an area that contained no perceptual centre of any Finnish vowel. The Komi seemed to categorise the Finnish /æ/ as /e/.

The traditional views of the Komi and Finnish vowel systems were mostly confirmed by these tests, but further tests are needed to examine the closed vowels in particular.