



**TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA**

**Sähkötekniikka**

**Terveystekniikka**

**INSINÖÖRITYÖ**

**INDUKTIOSILMUKKA KUULOLAITTEEN KÄYTTÄJÄN APUVÄLINEENÄ**

**Työn tekijä: Jussi Virtanen**  
**Työn valvoja: leht. Pertti Tarkka**  
**Työn ohjaaja: suunn. Jukka Rasa**

**Työ hyväksytty: \_\_. \_\_. 2006**

**Pertti Tarkka**  
**lehtori**

## ALKULAUSE

Tämä insinööri työ käsittelee induktiosilmukoita kuulolaitteen käyttäjän apuvälineenä. Työ tehtiin osana Kuulonhuoltoliitto ry:n Esteetön kuuntelu -projektia.

Kiitän Kuulonhuoltoliitto ry:n talousjoht. Pekka Ala-Jaakkolaa ja Urho Siirala -rahastoa työlleni myönnetystä apurahasta.

Kiitän myös seuraavia henkilöitä, joilta olen saanut apua työni eri vaiheissa:

tekn. isänn. Martti Löppönen (Helsingin seurakuntayhtymä),

suunn. Jukka Rasa (Kuulonhuoltoliitto ry),

leht. Pertti Tarkka (Helsingin ammattikorkeakoulu Stadia),

projektinjoht. Pirjo Tujula (Helsinki kaikille -projekti)

sekä

Pekka Hiippala (Finnfonic Oy),

Pekka Huhtinen (Oticon Oy),

Ulf Itäinen (KL Support Oy),

Ralf Linqvist (Danalink Oy),

Esa Mattila (Kuomed Oy),

Hannu Mattila (Studiotec Oy),

Marko Parviainen (Kuuloinva Oy),

Hannu Pietikäinen (Kuulopiiri Ky) ja

Kari Silvasti (Kuuloinva Oy).

Jussi Virtanen



## TEKNIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

### INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ

<b>Tekijä:</b> Jussi Virtanen	
<b>Työn nimi:</b> Induktiosilmukka kuulolaitteen käyttäjän apuvälineenä	
<b>Päivämäärä:</b> 18.4.2006	<b>Sivumäärä:</b> 48
<b>Koulutusohjelma:</b> Sähkötekniikka	<b>Suuntautumisvaihtoehto:</b> Terveystieteiden tekniikka
<b>Työn valvoja:</b> leht. Pertti Tarkka, Helsingin ammattikorkeakoulu	
<b>Työn ohjaaja:</b> suunn. Jukka Rasa, Kuulonhuoltoliitto ry	
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Kuulonhuoltoliitto ry:n Esteetön kuuntelu -projektille. Työ käsittelee kuulolaitteen käyttäjän apuvälineenä käytettäviä induktiosilmukkajärjestelmiä. Induktiivisen äänensiirtojärjestelmän avulla huonokuuloisen saa kuunteluympäristöstään paremman signaali-kohinasuhteen ilman tilan kaikua ja taustahälyä. Tämä helpottaa kuuntelua esimerkiksi puhetilaisuuksissa.</p> <p>Työn tarkoituksena oli päivittää aiempia tutkimuksia kokoamalla uusin tietous induktiosilmukkoiden tekniikasta. Kirjallisuustutkimuksen lisäksi kartoitettiin nykyinen silmukkavahvistinkanta haastatteleamalla maahantuojia ja jälleenmyyjiä. Silmukkavahvistimien hintakartoituksen tarkoituksena oli rakentaa perusteet sopivan tehosen ja hintaisen vahvistimen hankintaa varten suunniteltaessa induktiivisella äänensiirtojärjestelmällä varustettavia tiloja.</p> <p>Työ tarkastelee induktiivisen äänensiirtojärjestelmän ensisijaisen kohderyhmän, kuulokojeita käyttävien huonokuuloisten keskeisiä tarpeita ja heidän käyttämäänsä apuvälinetekniikkaa. Työ käy läpi audiotekniikan perusteita, sähkömagneettisen induktioilmiön, induktiivisen äänensiirtojärjestelmän rakenteen, sen ylikuulumisongelmat ja häiriötekijät sekä IEC:n 60118-4 edition 2.0 standardin CDV-luonnoksen mukaiset periaatteelliset asennus- ja mittausohjeet. IEC:n tuleva standardi tekee työstä ajankohtaisen.</p> <p>Työn tuloksena saatua tietoa voidaan käyttää Kuulonhuoltoliitto ry:n opas- ja tiedotusmateriaalin uudistamisessa, pohjana hyvän kuunteluympäristön malliratkaisujen ja esteettömyyskriteerien soveltamisessa. Työstä on hyötyä erityisesti Kuulonhuoltoliitto ry:n vapaaehtoisikartoittajille kuten myös kenelle tahansa aiheesta syvemmin kiinnostuneelle.</p>	
<b>Avainsanat:</b> induktiosilmukka, kuulokoje, kuulovamma, vastaanotinkela	



**HELSINKI POLYTECHNIC/TECHNOLOGY**

**ABSTRACT**

<b>Name:</b> Jussi Virtanen	
<b>Title:</b> Induction Loop as Assistive Device for Hearing Aid User	
<b>Date:</b> April 18, 2006	<b>Number of Pages:</b> 48
<b>Department:</b> Electrical Engineering	<b>Study Programme:</b> Healthcare Engineering
<b>Instructor:</b> Pertti Tarkka, Lecturer, Helsinki Polytechnic	
<b>Supervisor:</b> Jukka Rasa, Designer, Kuulonhuoltoliitto ry	
<p>This graduate study was conducted for Esteetön kuuntelu project (Esku) of the Finnish Federation of the Hard of Hearing (FFHOH). This study investigates induction loop systems as applied assistive devices for hearing aid users. With the help of an inductive audio transmission system, the hearing-impaired receives an improved signal/noise ratio of his/her hearing environment without room's reverberation and background noise. This facilitates hearing at an event involving discussion, for example.</p> <p>The objective was to update previous studies by collecting the newest information about induction loop technology. Besides the literary study, present stock of induction loop amplifier models was surveyed by interviewing importers and retailers. The purpose of the price survey was to serve as a guide for finding an amplifier, which would be efficient enough and in a suitable price range when planning to install an inductive audio transmission system.</p> <p>This study examines the needs of the main user group consisting of hearing-impaired hearing aid users and their applied assistive technology. The study comprises the basics of audio technology, electromagnetic induction phenomenon, structure of inductive audio transmission system, the problem of magnetic signal spill and contributing factors to noise. Also, basic installation and measurement instructions are reviewed according to the IEC 60118-4 edition 2.0 standard CDV draft. This is a highly topical study with respect to the IEC's coming standard.</p> <p>The results of this study may be used to update guide and publicity material as a basis in applying the sample solutions and accessibility criteria for creating a good hearing environment. This study should be especially useful for voluntary surveyors of the FFHOH as well as anyone interested in the subject.</p>	
<b>Key Words:</b> hearing aid, hearing impairment, induction loop, tele-coil	

# SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

LYHENTEET JA KÄSITTEET

1 JOHDANTO .....	1
2 ESTEETÖN KUUNTELU — VOIKO KUUNTELEMISEEN KOMPASTUA? .....	1
3 HYVÄN KUUNTELUYMPÄRISTÖN OMINAISUUKSIA .....	3
3.1 Ääni ja kuulo .....	3
3.1.1 Äänenpainetaso .....	4
3.1.2 Taajuusjakauma ja -painotus .....	5
3.1.3 Äänen vaikutusaika ja vaimenemismekanismit .....	5
3.1.4 Kuuloaisti ja kuuloalue .....	7
3.1.5 Äänentasomittari .....	8
3.2 Kuuntelun esteitä .....	9
3.2.1 Normaalikuuloisen kuuntelun esteitä .....	9
3.2.2 Huonokuuloisen kuuntelun esteitä .....	10
3.3 Toimintaesteiset huomioivat säännökset ja suositukset .....	12
3.3.1 Lainsäädännön määräykset .....	12
3.3.2 Standardointityö .....	13
3.4 Arkkitehtuurin vaikutus kuunteluolosuhteisiin .....	14
3.4.1 Äänenvaimennus .....	16
3.4.2 Ääneneristys .....	17
3.4.3 Valaistuksen merkitys kuuntelulle .....	17
3.4.4 Sähköakustiset äänentoistojärjestelmät .....	18
4 KUUNTELUN TEKNISET APUVÄLINERATKAISUT .....	19
4.1 Kuulokojeet .....	19
4.2 Kommunikaattorit .....	22
4.3 Äänensiirtojärjestelmät .....	23
4.4 Palvelusilmukka .....	25
4.5 Yhteenveto .....	26

5	INDUKTIIVISEN ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMÄN RAKENNE .....	27
5.1	Fysiikan perusteita .....	27
5.1.1	Sähkömagneettinen induktio.....	27
5.1.2	Kela .....	28
5.1.3	Sähkömagneettisen induktion sovelluksia.....	28
5.2	Induktiosilmukka kuuntelun apuvälineenä.....	29
5.3	Induktiosilmukkavahvistimien valmistajat ja maahantuojat.....	33
5.4	Super Loop System -induktiosilmukkajärjestelmä.....	33
6	OHJEITA INDUKTIOSILMUKAN ASENTAMISEEN .....	34
6.1	Asentajayritykset .....	34
6.2	Induktiosilmukan asennuksen suunnittelu.....	34
6.3	Ylikuulumisongelmat ja muut häiriötekijät .....	40
6.4	Induktiosilmukan koestaminen.....	41
7	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
	YHTEENVETO .....	45
	LÄHTEET .....	46
LIITE	Maahantuojien vahvistinkanta ja hinnat	

## LYHENTEET JA KÄSITTEET

Adaptiivisuus	kuulokojeen ohjelmavalintojen kyky sopeutua useaan eri kuuntelutilanteen vaatimuksiin
Hiljainen tieto	henkilökohtaista, vaikeasti jaettavaa tietoa; sidottu kiinteästi ihmisten toimintaan ja rutiineihin
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> ; kansainvälinen standardoimisesta vastaava järjestö
Induktio	in ducere (lat.); viedä johonkin
Induktiivinen äänensiirtojärjestelmä	äänentoistojärjestelmä, jossa äänitaajuinen signaali siirretään induktiivisesti sähkömagneettista induktiota hyödyntäen
RMS	<i>Root Mean Square</i> ; tehollisarvo
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i> ; äänen erottuvuutta kuvaava signaali-kohinasuhde
SLS	<i>Super Loop System</i> ; Bo Edin Ab:n kehittämä induktiosilmukkajärjestelmä, joka minimoi ylikuumumisen
Sähkömagneettinen induktio	fysiikan ilmiö; jännite indusoituu johtimeen, joka sijaitsee muuttuvassa magneettikentässä

## 1 JOHDANTO

Tässä insinööriyössä käsitellään induktiosilmukoita, joita käytetään kuulolaitteen käyttäjien apuvälineinä. Työn toimeksiantajana on Kuulonhuoltoliitto ry. Työ toteutetaan osana Esteetön kuunteluympäristö -projektia (Esku). Työn tarkoituksena on koota uusinta teknistä tietoa Kuulonhuoltoliitto ry:n opas- ja tiedotusmateriaalin uudistamista varten sekä selvittää erilaisten malliratkaisujen ja esteettömyyskriteerien soveltamisen periaatteita hyvän kuunteluympäristön suunnittelua varten.

Työ on ensisijaisesti kirjallisuustutkimus, jossa kootaan hajanaista ja hiljaista tietoa induktiosilmukoiden historiasta, tekniikasta, vahvistinkannasta, asennusten periaatteellisista ohjeista ja häiriöistä mahdollisimman kattavasti. Induktiosilmukoihin liittyvää tietoa on aika päivittää, koska aiemmat tutkimukset ovat niin vanhoja, ja laitteisto on jo tekniikaltaan muuttunut. Lisäksi tarkoituksena on kartoittaa myös vahvistimien hinta- ja tehotietoja. Toimeksiannon mukaisesti tässä työssä on keskeistä nykyisiä silmukkavahvistinmalleja koskevien tietojen kartoitus. Kartoituksen tarkoitus on auttaa valitsemaan teholtaan ja hinnaltaan sopiva silmukkavahvistin tilan induktiivista äänensiirtojärjestelmää varten. Työstä on hyötyä myös Kuulonhuoltoliitto ry:n vapaaehtoisille kuunteluympäristön kartoittajille, jotka haluavat perehtyä syvemmin apuvälinetekniikkaan ja tarvitsevat aiheesta ajantasaista tietoa.

## 2 ESTEETÖN KUUNTELU — VOIKO KUUNTELEMISEEN KOMPASTUA?

Esku-projekti aloitti vuoden 2003 alussa. Projektin yhteiskunnallisena tavoitteena on ikääntyneen huonokuuloisen itsenäinen toiminta kuuntelua edellyttävissä tilanteissa. Päämääränä on luoda malliratkaisuja sekä esteettömyyskriteerit hyvälle kuunteluympäristölle. Esku-projekti tuottaa opas- ja tiedotusaineistoa hyvästä kuunteluympäristöstä. [1, s. 4.]

Yksi työn keskeisiä lähteitä on Etelä-Pohjanmaan Kuulonhuoltoyhdistys ry:n loppuraportti *Kuuntelemiseenkin voi kompastua - kuunteluolosuhteiden kartoitus ja kehittäminen Etelä-Pohjanmaalla* vuodelta 2001. Liikuntaesteiset



ovat tehneet valistustyötä, jonka tuloksena heidän tarpeitaan on otettu huomioon yhteiskuntasuunnittelussa ja rakentamisessa. Huonokuuloisten tarpeita ei ole huomioitu yhteiskunnallisessa ajattelussa tasavertaisesti. Huonokuuloisenkin kompastuu, jos hän ei kuule viestiä tai toimintaohjeita. Etelä-Pohjanmaan Kuulonhuoltoyhdistys ry:n kuunteluolosuhteiden kartoituksen loppuraportin nimi on tahallisesti provokatorinen — Kuuntelemiseenkin voi kompastua.

Huonokuuloisella on tarve osallistua ympäröivään yhteiskuntaan. Onnistunut yhteys takaa hänelle lainmukaisen elinympäristön. Ongelmana ovat julkiset tilat, joissa kuuntelu on hankalaa tai mahdotonta. Vaikka huonokuuloisuus ei näy päältä, sen vaikutus on hyvin voimakas. Julkisissa tiloissa kuuntelukyvyyttömyyden seurauksena on usein eristäytyminen, syrjäytyminen ja passiivitus. Kyse on suuresta yhteiskunnallisesta ongelmasta, sillä huonokuuloisuus koskee 10 - 14 % väestöstä. Vammaispoliittisen ongelman lisäksi se on vanhuspoliittinen ongelma, sillä huonokuuloisuus on prosentuaalisesti yleisempi ikääntyneellä väestöllä.

Huonokuuloisuuden yksilöllinen ratkaisu on kuulokoje, kommunikaattorit ja kodin piiriin asennettavat laitteet. Yksilöllisetkään ratkaisut eivät toteudu kuuloaltaan heikentyneen kohdalla nopeasti, eikä pelkällä kuulolaitteella selviä huonoissa kuunteluolosuhteissa.

Yleensä ongelma on ratkaistu julkisissa tiloissa induktiosilmukkajärjestelmillä, joiden laatu on parantunut oleellisesti viimeisten vuosien aikana. Valitettavasti käytännössä induktiosilmukat ovat olleet toimimattomia vian tai käyttötaidottomuuden takia, ja huonokuuloinen on jäänyt ilman apuvälinettä.

Kuulonhuoltopiireissä ja yhdistyksissä on koottu kuuntelun apuvälinetietoutta. Lähinnä on selvitetty induktiosilmukoiden olemassaolo ja toimivuus. Ongelmaksi on osoittautunut rakennusten henkilökunnan tietämättömyys laitteistojen toiminnasta ja käytöstä. Asennetun induktiosilmukan olemassaolosta ei aina tiedetä, eikä kukaan osaa kytkeä laitteistoa päälle. Huonokuuloiset on huomioitu parhaiten seurakuntien tiloissa. Induktiosilmukkajärjestelmiä on asennettu seurakuntatiloihin eniten, ja niiden olemassaolosta tiedetään.

Kuulonhuoltoliitolla on iso vastuu tilojen omistajille, ylläpitäjille ja suunnittelijoille suunnatusta koulutuksesta ja tiedotuksesta. Mietittäväksi jää, miten teknisiä järjestelmiä esitellään käyttäjille. Vähäisestäkään tarjonnasta ei ole apua, jos käyttäjät eivät kykene sitä hyödyntämään. Vain teknisistä mahdollisuuksista tietoiset käyttäjät pystyvät vaatimaan palvelua. Vasta kysyntä luo tarpeen lisätä teknisiä apuneuvoja. [2, s. 1 - 2, 36, 45, 47.]

### 3 HYVÄN KUUNTELUYMPÄRISTÖN OMINAISUUKSIA

#### 3.1 Ääni ja kuulo

Ääni on kiinteässä aineessa, nesteessä tai kaasussa etenevää mekaanista, pitkittäistä aaltoliikettä. Äänilähteenä toimii kaikki kimmoisassa väliaineessa värähtelevä materiaali, kuten soittimen kieli. Tyhjiössä aalto ei voi edetä.

Kaiutinkalvon värähdellessä sen viereiset kaasumolekyylit vuorotellen lähestyvät ja etääntyvät toisistaan. Tiivistymien kohonnut paine ja harvenemien laskenut paine leviävät kaiuttimesta pitkittäisinä ääniaaltoina joka suuntaan. Ihmisen korvassa aalto aiheuttaa kuuloaistimuksen *taajuuden* ollessa 20 Hz - 20 kHz.

Sinimuotoisella äänivärähtelyllä on vain yksi *taajuus* ja *amplitudi* eli voimakkuus. Ääni sisältää yleensä perusääneksen ja sen yliaäneksiä, jotka yhdessä muodostavat soinnin. Äänilähde antaa harvoin pelkän puhtaan siniääneksen.

Äänen ominaisuuksien kuvaamiseen tarvitaan seuraavat suureet:

1. *äänenpainetaso*; kuvaa äänen voimakkuutta
2. *taajuus*; aistitaan äänen sävelkorkeutena
3. *vaikutusaika*; äänenpainetaso vaihtelee vaikuttaen kokonaisäänienergiaan. [3, s. 111; 4, s. 161, 163; 5, s. 150 - 151.]

### 3.1.1 Äänenpainetaso

Äänen aiheuttamaa painevaihtelua nimitetään äänenpaineeksi eli äänenvoimakkuudeksi. Äänenpaine on pieni verrattuna ilmanpaineeseen. Äänenpainetta mitataan ihmisen epälineaariseen kuulolle sopivalla logaritmisella asteikolla, jonka yksikkö on desibeli (dB). Asteikko on määritelty niin, että 0 dB:n äänenpaine vastaa heikointa erotettavaa ääntä, inhimillistä kuulokynnystä. Äänenpaineen kaksinkertaistuminen vastaa 6 dB:n lisäystä. Äänitasomittarilla mitataan äänenpainetasoa. Äänenpainetaso vaikuttaa äänen aistimukseen, haittojen ja häiritsevyyden suuruuteen. [3, s. 111.]

Äänen intensiteetti  $I$  ilmoittaa aallon äänitehon  $P$  etenemissuuntaa vastaan kohtisuoran pinnan  $A$  yksikköä kohti kaavassa 1:

$$I = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Korvan aistima intensiteettialue on laaja ja herkkydeltään logaritminen, joten intensiteettitaso  $L_I$  määritellään kaavalla 2:

$$L_I = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (2)$$

jossa  $I_0$  = vertailuintensiteetti  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>.

Intensiteetti on verrannollinen äänenpaineen neliöön  $p^2$ , joten intensiteettitaso voidaan lausua äänenpaineen avulla kaavassa 3:

$$L_I = L_p = 20 \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \quad (3)$$

jossa  $p$  on äänenpaineen tehollisarvo ja  $p_0$  on vertailuintensiteettiä vastaava äänenpaineen tehollisarvo 20 µPa. Tällöin äänitasolle käytetään nimitystä äänenpainetaso.

Korvan aistima intensiteettialue 1 000 Hz:n taajuudella on noin  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup> kuulokynnyksestä 1 W/m<sup>2</sup> kipurajaan, mikä vastaa äänenpainetasoina aluetta 0 dB - 120 dB. [5, s. 151.]

### 3.1.2 Taajuusjakauma ja -painotus

Ääniaistimukseen vaikuttaa äänenpainetason lisäksi äänen taajuusjakauma eli -spektri. Normaalikuuloisen ihmisen kuuloalue käsittää taajuusalueen 20 Hz - 20 kHz.

Äänen taajuusjakauma selvitetään mittaamalla äänenpainetasoa taajuuskaistoittain. Jakaumasta riippuen puhutaan ääneksestä, kapeakaistaisesta äänestä tai laajakaistaisesta äänestä.

Kuuloherkkyys ei ole vakio koko kuuloalueella. Kuulokynnys kohoaa korkeammilla ja matalammilla taajuuksilla. Äänitasomittarilla pyritään jäljittelemään ihmisen korvan herkkyyttä käyttämällä taajuuspainotuksia. A-painotus painottaa ääntä kuten ihmisen korva hiljaisilla äänenvoimakkuuksilla. Ympäristömeluun liittyvät suositukset annetaan A-painotettuina äänenpainetasoina. Joissain mittauksissa halutaan mittaustulokset painottamattomina. [5, s. 151 - 153.]

### 3.1.3 Äänen vaikutusaika ja vaimenemismekanismit

Ympäristön äänenpainetasot voivat vaihdella ajan kuluessa. Mittauksissa selvitetään hetkellisiä arvoja esimerkiksi huipputason löytämiseksi voimakkaasti vaihtelevassa melussa tai halutaan pitkän jakson keskimääräinen taso esimerkiksi mitattaessa ympäristömelua.

Tämä on toteutettu eri pituisilla standardisoiduilla tarkastelujaksoilla, aikavakioilla. Mittari näyttää äänenpainetason tehollisarvon (RMS-arvon) valitun aikavakion pituiselta ajalta. Tehollisarvo antaa sen keskimääräisen äänenpainetason, joka tuottaa saman energian kuin mitattu ääni aikavakionpituisena aikana. Näin ollen mitattu arvo on verrannollinen äänienergiaan. Aikavakioista yleisin on Fast (F, 125 ms), jota käytetään esimerkiksi tieliikenne-

ja teollisuusmelun mittauksissa. Lyhyellä aikavakiolla mittari seuraa äänenvaihteluita nopeammin. Muita ovat Slow (S, 1 000 ms) ja Impulse (I, 35 ms). Impulse-aikavakiota käytetään mm. ampumaratamelun mittauksessa sekä melun impulssimaisuuden toteamisessa. [5, s. 153.]

Äänimittauksissa tarkastellaan yleensä äänen kulkeutumista äänilähteestä ympäristöön. Tarkoituksena on tutkia äänen vaimentumista ympäristössä, tai ellei tämä ole riittävää, pyrkiä vaimentamaan sitä teknisin ratkaisuin. Äänen kulkeutumisessa äänilähteestä ympäristöön on kysymys äänitehon leviämisestä. Ääni vaimenee matkalla äänilähteestä korvaamme tai mittariin.

Tähän on seuraavia syitä:

- Ääniaaltojen leviämismuunnoksella tarkoitetaan äänenpainetasoa pienentämistä etäisyyden kasvaessa äänitehon levitessä ympäristössä laajemmalle pinta-alalle.
- Ääniaaltojen kohdatessa väliaineen rajapintoja syntyy heijastuneita ja taittuneita aaltoja, jolloin osa tulevasta äänitehosta taittuu uuteen väliaineeseen osan heijastuessa takaisin.
- Väliaineessa edetessä ääniaaltojen energiaa absorboituu väliaineeseen erilaisissa kitkanluonteisissa ilmiöissä ja muuttuu lämmöksi.
- Vaimennettuja resonaattorirakenteita voidaan myös rakentaa ja ne vaimentavat ääntä tehokkaasti resonanssitaajuuden lähitaajuuksilla.

Vaimennuksen kannalta haitallisia ilmiöitä saattavat olla rakenteiden resonanssit, esimerkiksi seisovat aallot, tai äänen aaltoluonteeseen liittyvät diffraktio- eli taipumisilmiöt. [5, s. 154.]

### 3.1.4 Kuuloaisti ja kuuloalue

Kuulo on puheen kehityksen perusta. Kuulo on ollut ihmisen sosiaalisen ja kulttuurisen kehityksen kannalta tärkein aisti. Kuulolla on keskeinen asema ihmisten välisessä päivittäisessä kanssakäymisessä. Kuulon menettäminen aiheuttaa voimakkaamman eristäytyneisyyden tunteen kuin esimerkiksi näön menetys.

Korvan havaintokyky on yksilöllinen ja riippuu sekä taajuudesta että amplitudista [4, s. 161]. Kuulonmittauksessa eli audiometriassa mitataan korvan herkkyyttä eri äänentaajuuksille. Heikoin koehenkilön kuulema ääni on asinomaisten taajuuden kuulokynnys. Audiogrammi eli kuulokäyrä kuvaa kuulokynnystä äänen taajuuden funktiona. Ihminen kuulee parhaiten taajuusalueella 1 000 - 4 000 Hz. Tällä alueella normaali kuulokynnys on 0 dB. Tavallisessa keskustelussa suurin osa äänistä sijoittuu alueelle 200 - 5 000 Hz. Alle 20 Hz taajuisia ääniä kutsutaan infraääniksi ja yli 20 kHz taajuisia ääniä ultraääniksi. Kuultava taajuusalue alkaa hitaasti kaventua 20 vuoden iästä alkaen, ja kuulo heikkenee ensin suuremmilla taajuusalueilla. Yleensä 60-vuotias ei enää kuule ääniä, joiden taajuus on yli 10 kHz. [3, s. 111 - 112.]

Kuulo on herkkä aisti, joka reagoi heikkoihinkin ympäristön ääniin. Luonnossa ei esiinny yleensä ihmisen aiheuttamia kovia ääniä, eikä korva ole kehittynyt kestäväksi niille. Vahingolliset äänet eivät anna varoitusmerkkejä, elleivät ylitä noin 130 dB:n kipurajaa. Kipurajan ylittävät äänet vahingoittavat aistinsoluja heti, mutta heikommatkin äänet voivat pitkään jatkuessaan aiheuttaa pysyviä kuulovaurioita.

Esimerkiksi noin 90 dB:n liikennemelutaso on vahingollinen. Teollisuustyössä tämä melutaso voi ylittyä huomattavasti, ja diskoissa äänenvoimakkuus voi nousta jopa 120 dB:iin. Jos tällaisissa olosuhteissa työskentelee päivittäin, pysyvät meluvammat voi estää vain käyttämällä kuulosuojaimia. [3, s. 116.]

*Työturvallisuuslaki (738/2002, 39 §)* sisältää säännökset työntekijöiden altistumisesta fyysikaalisille tekijöille kuten melulle. Työntekijän altistuminen melulle on rajoitettava niin vähäiseksi, ettei siitä aiheudu haittaa tai vaaraa työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle. [6.]

*Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta (85/2006)* säättää päivittäisen melualtistumisen raja-arvoksi 87 dB. Päivittäisellä melualtistuksella tarkoitetaan A-painotettua melutasoa, jolle altistutaan kahdeksan tunnin nimellisen työpäivän aikana. [7.]

### 3.1.5 Äänentasonmittari

Eri äänitasomittareissa on toteutettu eri tavoin. Ääni muutetaan sähköiseksi signaaliksi mikrofoniin. Yleisimmin käytetään laajan taajuuskaistan omaavia kondensaattorimikrofoneja. Mikrofonin matala jännite vahvistetaan esivahvistimella ja käsitellään tämän jälkeen tarpeiden mukaisesti ennen äänenpainetaso näyttöä tai tulostusta. Useimmin tarvittavia toimintoja ovat mm. näyttöalueen ja aikavakion valinta, taajuuspainotuksen valinta ja taajuuskaistan valinta. [5, s. 154 - 155.]

Luotettavien tulosten saamiseksi äänitasomittarin kalibrointi on syytä tarkistaa säännöllisesti, tärkeissä mittauksissa ennen mittauksia ja niiden jälkeen. Yksipistekalibrointi voidaan tehdä kalibrointiäänilähteellä, joka asetettuna huolellisesti ja tärinättömästi mikrofoniin sovittimellaan antaa tunnetun kalibrointisignaalin. Näyttö voidaan tämän jälkeen asettaa oikeaksi tai käyttää näin havaittua oikaisua tuloksien korjaamiseen. Mikäli ääntä nauhoitetaan mittarin mikrofonin kautta, kalibrointisignaalin syötöllä nauhalle voidaan varmistaa oikean äänitason saavuttaminen myös toistossa.

Uusimmissa mittareissa on valittavissa useita suureita ja taajuuspektri reaaliaikaisena näyttöön keräyksen ajaksi ja mittaustuloksia voidaan tallentaa mittarin muistiin myöhemmää tarkastelua varten. Tulokset voidaan analysoida joko mittarissa olevalla tietokoneella tai syöttämällä tulokset tietokoneelle erilliseen analyysiohjelmaan laajempaa käsittelyä varten. [5, s. 154 - 155.]

## 3.2 Kuuntelun esteitä

Kuulovammaiset voidaan jaotella: huonokuuloisiin, kuuroutuneisiin, kuuroihin, kuurosokeisiin ja kuulomonivammaisiin.

Kuuroutunut henkilö on menettänyt kuulonsa puheen oppimisen jälkeen ja kommunikoi puhutulla kielellä tukimenetelmien kuten kirjoitetun tekstin tai viitotun puheen avulla. Vaikka kuuroutunut ei kuule enää selvästi pelkän kuulokojeen avulla, hän saattaa tavoittaa puhetta vielä induktiosilmukan kautta jonkin muun tukimenetelmän kuten huulilталuvun kanssa. Kuuroutuneen kannalta tärkeitä seikkoja ympäristössä ovat selkeät visuaaliset informaatiojärjestelmät, valaistus ja esteettömät näköyhteydet seurata huulilталukua ja viittomia.

Syntymästään saakka kuuron ihmisen ensimmäinen kieli on viittomakieli ja identiteetti yleensä vahva. Kuurot pitävät itseään kielivähemmistönä, jolla on oikeus kommunikoida viittomakielellä. Joillakin kuuroilla on jonkin verran kuuloa jäljellä. Kuurouden rajana pidetään 85 - 90 dB(A).

Huonokuuloiset ovat kuulovammaisten suurin ryhmä. Heidän kuulovamman asteen, tarpeiden, ongelmien ja apuvälineiden vaihtelevat suuresti. Suurin osa huonokuuloisista on ikääntyneitä henkilöitä, jotka ovat menettäneet kuulokykynsä vanhenemisen myötä, osa tiedostamatta normaalikuulon heikkenemistä kuulovamman puolelle. Työ keskittyy lähinnä huono- ja normaalikuuloisten kuunteluolosuhteisiin. [2, s. 3, 5 - 6.]

### 3.2.1 Normaalikuuloisen kuuntelun esteitä

Normaalikuuloisen kuunteluongelmat ovat samankaltaiset kuin huonokuuloisilla tarpeeksi meluisassa tilassa. Kukaan ei kuule erittäin kaikuisassa tilassa toistettua puhetta. Joskus induktiosilmukalla kuunteleva huonokuuloinen voi kuulla normaalikuuloista paremmin, koska häly ja kaiku on eliminoitu hänen kuuntelustansa pois. Hyvä esimerkki on kirkko, jonka kaiku syö sanoman.



Normaalikuuloisella saattaa olla korvaongelmia kuten lasikorva. Herkkäkorvainen kokee tietyt äänet kipuna, vaikka hänen kuulokäyränsä olisi täysin normaali, ja kipua tuottavia ääniä on paljon kaikuisassa ja meluisassa tilassa.

Melun kuuloa vahingoittavaan vaikutukseen on kiinnitetty työelämässä huomiota pitkään. Myös melustressi aiheuttaa kuulemisen ja kuuntelemisen ongelmia, vaikka ei ylitettäisikään laissa määriteltyä rajaa. Kuunteleminen vaatii keskittymistä. Mitä ongelmallisempaa äänen kuuluminen on, sitä vaikeampaa on keskittyä kuuntelemiseen. Pitkään melutilassa oleskelevat voivat kokea melustressin oireita: päänsärkyä, väsymyksen tunnetta, tasapaino-ongelmia ja hartiaseudun lihasten kipeytymistä. Hyvät kuunteluolosuhteet helpottavat kuuntelemista ja auttavat jaksamaan työpaikoilla paremmin. [2, s. 6 - 7.]

### *3.2.2 Huonokuuloisen kuuntelun esteitä*

Korvan aistinsolujen vauriot ovat vakavampia huonokuuloisuuden syitä. Kuulohermovauriot ovat harvinaisia ja usein kasvaimesta johtuvia. Aistinsolujen vajaatoiminnasta johtuva kuulon heikkeneminen on yleistä. Aiheuttajana on usein meluvamma. Vamma voi olla lievä tai keskivaikea. Lievästi huonokuuloista voidaan sopivilla apuvälineillä auttaa jopa normaalikuuloisen veroiseksi. Huonokuuloinen henkilö kuulee puhetta ja pystyy kommunikoimaan kuulokojeen avulla käyttämällä tukena huulitalukua. [3, s. 116.]

Normaalikuuloinen vaatii ymmärtääkseen yleensä 6 dB:n signaali-kohinasuhteen, mikä edustaa aika äänestä taustamelua, kuten kaikua, ilmanvaihtoa tai ihmisryhmää. Kun ihminen menettää noin 80 % kuulostaan, hän yleensä tarvitsee 15 - 20 dB:n signaali-kohinasuhteen. Tätä voi olla hankala tavoittaa, ellei haluttua signaalia oteta suoraan alkuperäisestä äänilähteestä, ja hyödynnetä induktiosilmukajärjestelmää, jonka avulla välteään kaiut ja muut tilan ylimääräiset äänet. [8, linkki [Why use an induction loop?](#)]

Normaalikuuloisuuden rajana pidetään 10 - 20 dB (A). Puhekuulon kynnyksen laskiessa 30 dB:iin (A), puhutaan sosiaalisen kuulemisen rajasta. Jo tällöin henkilöillä on vaikeuksia seurata keskustelua ja osallistua siihen. Kuulovammainen kuulee ja ymmärtää puheen noin metrin etäisyydeltä, kun kuulotaso on 60 - 65 dB (A).

Monet tilanteet ovat huonokuuloiselle ongelmallisia. Ongelmia esiintyy mitä syvempi kuulonalenema on.

Vaikeuksia tuottavat

- keskustelutilanteet, joissa puhujia on kolme tai enemmän
- puheen ja muiden tarpeellisten äänien erottuminen melussa tai kaikkuvassa ympäristössä
- äänen suunnan tavoittaminen
- hälyttimen, puhelimen, ovikellon tai muun laitteen korkeat äänitaajuudet
- puheen erottaminen ympäristön hälyäänistä kuulokojeen vahvistaessa kaikki äänet
- huulilentaluku tai viittomien seuraaminen riittämättömässä tai häikäisevässä valaistuksessa
- yksinomaan kuuloon perustuvan tiedotuksen (radio, kuulutukset) ymmärtäminen.

Puheenerottamiskyky on merkittävä. Kuulon taajuudet eivät heikenny tasavertaisesti, vaan eri kuulovammatyypeissä häviävät eri äänteet. Tunnettu esimerkki on kesäisen heinäsiirran sivityksen katoaminen. Toisenlaisessa kuulovammassa häviävät matalat taajuudet. Tämän takia äänenkorottamisella ei ole merkitystä huonokuuloiselle puhuttaessa, koska ääniteiden erottaminen käy vaikeaksi kaiun takia. Erilaisia apuvälineitä myönnettäessä kuulokäyrän syvyys ei ole niin merkittävä kuin puheenerottamiskynnyksen. Lievälläkin kuulonalenemalla voi olla merkittävän huono puheenerottamiskynnyksen, eli ääni kuullaan saamatta selvää.

Nuorelle kuulonalenema on merkittävä, koska jo lievä tai keskivaikea kuulonalenema tuottaa ongelmia sosiaalisessa elämässä ja oppimisessa. Huonokuuloisella oppilaalla on enemmän identiteetti-ongelmia kuin kuurolla nuorella.

rella. Nuorten huonokuuloisuuden yhteyksiä oppimisvaikeuksiin on tutkittu vähän. Lievästi tai keskivaikeasti kuulovammaisen nuoren ongelmia on huomioitu käytännön kouluelämässä ja oppimisessa vähän.

Huonokuuloisille ovat tärkeitä tilan akustiikka, valaistusolosuhteet, oikeat tilaratkaisut sekä näkö ja tuntohavaintoon perustuva informaatiojärjestelmä (valo, ääriä). Huonokuuloisia auttavat tilan kaiuttomuus, hyvät äänentoistojärjestelmät ja hyvä valaistus, jolloin puhujan huulio näkyy selvästi. Kuulokojeen käyttäjät hyötyvät äänensiirto- ja induktiosilmukkajärjestelmästä. Kuulokojeen käyttäjät eivät kykene tasavertaiseen kuulemiseen tilassa, jossa on monia eri äänilähteitä: muita puhujia, ilmanvaihtolaitteiden tai AV-välineiden tuuletusmelua ja kaikua. Induktiosilmukka voi välittää äänen ilman hälyongelmia suoraan kuulokojeeseen. [2, s. 3, 5 - 6.]

### 3.3 Toimintaesteiset huomioivat säännökset ja suositukset

#### 3.3.1 Lainsäädännön määräykset

*Suomen perustuslain (11.6.1999/731, 6 §) mukaan:*

:

Ihmiset ovat yhdenvertaisia lain edessä. Ketään ei saa ilman hyväksyttävää perustetta asettaa eri asemaan sukupuolen, iän, alkuperän, kielen, uskonnon, vakaumuksen, mielipiteen, terveydentilan, vammaisuuden tai muun henkilöön liittyvän syyn perusteella. [9.]

Jo vuonna 1994 *rakennusasetuksen (RakA/1994)* säännökset ovat huonokuuloisen kannalta tärkeitä. Vuonna 1997 tuli voimaan uusittu *Suomen rakentamismääräyskokoelma*, jonka osan F1 (kohdan 3.3.1) mukaan:

Katsomoiden, auditorioiden, juhla-, kokous- ja ravintolasalien, ope-  
tussalien ja -luokkien ja vastaavien kokoontumistilojen on sovelluttava  
myös liikkumis- ja toimimisesteisten käyttöön. Näihin tiloihin asenne-  
tussa äänentoistojärjestelmässä tulee olla myös tele/induktiosilmukka  
tai muu äänensiirtojärjestelmä. [10, s. 10.]

Määräys koskee paitsi julkisyhteisöjen hallinto- ja palvelurakennuksia, myös sellaisia liike- ja palvelutiloja, joihin tasa-arvon näkökulmasta kaikilla on oltava mahdollisuus päästä. Julkiseksi tilaksi on käsitettävä kaikki tilat, joihin kuka tahansa voi vapaasti mennä asiakkaana tai tilan käyttäjänä. Julkisia ti-

loja ovat kuntien ja seurakuntien tilojen lisäksi liike- ja palvelutilat. Vaikka rakentamismääräykset koskevat lähinnä uudisrakentamista, voidaan niitä soveltaa myös saneerauskohteissa. Tilojen kuunteluolosuhteiden toimivuus on arvokasta tietoa tilan omistajalle.

Vuoden 2000 alussa tuli voimaan uusi *maankäyttö- ja rakennuslaki*, joka edellyttää, että rakennusten on sovelluttava myös toimintaesteisten käyttöön (117 §, 3. mom.):

Rakennuksen tulee olla tarkoitustaan vastaava, korjattavissa, huollettavissa ja muunnettavissa sekä, sen mukaan kuin rakennuksen käyttö edellyttää, soveltua myös sellaisten henkilöiden käyttöön, joiden kyky liikkua tai toimia on rajoittunut. [11.]

Kaikkien eri ihmisryhmien huomioonottaminen rakennetussa ympäristössä ei ole ylimääräistä hyväntahtoisuutta, vaan tasa-arvon näkökulmasta kaikille kuuluva oikeus ja velvollisuus. Jokainen kansalainen on oikeutettu esteettömään kuunteluun, mutta esteettömän kuuntelun toteuttamisesta olisi huolehdittava erityisesti huonokuuloisen kohdalla. [2, s. 2 - 3; 12, s. 3.]

### 3.3.2 Standardointityö

Kansainvälistä standardointityötä on harjoitettu yli 100 vuotta. Standardoinnin kohteena ovat olleet lähes kaikki teollisuuden tuotteet. Vanhimmat puhelin- ja lennätinliikennettä käsittelevät standardit ovat 1800-luvun loppupuolelta. Sähkötekniikan alueella kansainvälinen standardointityö aloitettiin vuonna 1906, jolloin perustettiin organisaatio nimeltä International Electrotechnical Commission eli IEC.

Suurin osa tietoliikennelaitteista on rakennettu joko yhteisesti hyväksytyjen normien mukaan tai ne mukautuvat ohjelmistojen avulla maakohtaisiin muutoksiin. Tietoliikennetekniikka ei voi levitä ilman kansainvälisiä suosituksia. Suositusten vaihtoehtona olisi joukko kahdenkeskisiä sopimuksia siitä, miten asioita tulisi toteuttaa osapuolten välisessä tietoliikenteessä.

Ylikansallisten järjestöjen kehittämät suositukset syntyvät siten, että ensin pyritään yhteisymmärrykseen suosituksen sisällöstä ja laajuudesta. Sen jälkeen suositukset hyväksytään äänestämällä, jossa jokaisella maalla on tietty

määrä ääniä. Suomen Standardisoimisliitto toimittaa maksua vastaan muiden standardointijärjestöjen suosituksia. [13, s. 4 - 6.]

Induktiosilmukoita käytetään ympäri maailmaa, ja niiden vaatimukseksi on asetettu kansainvälinen standardi, mikä kehitettiin IEC:n tuella. Standardin kansainvälinen numero on IEC 60118-4, Euroopassa EN 60118-4. Standardi määrittelee magneettikentän vahvuuden, taajuusvasteen ja näiden vaatimusten mittausmenetelmät. Standardista on tulossa uusi versio, joka ei ole vielä valmistunut, ja tarkentaa teknisiä ehtoja ja suosittaa sopivia testisignaaleja mittauksia varten. [14, 15.] Tällä hetkellä se kulkee tunnuksella prEN 60118-4 ja on yhtäpitävä standardin IEC 60618-4 edition 2 kanssa, joka myös on vielä projektivaiheessa. Projektin tunnus on IEC 29/569/CDV. [16.]

IEC 60118-4 edition 2.0 Committee Draft for Vote (CDV) -luonnos on ostettavissa pdf-tiedostona Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallisen standardisoimisjärjestö Seskon myynnistä ja saatavilla Seskon kirjastosta [17]. IEC 60118-4 edition 2.0 CDV-luonnoksen mukaan keskeneräisyydestä johtuen luonnosta ei suositella käytettäväksi lähdemateriaalina [18, s. 1], mutta olen käyttänyt sitä työssä uutisarvon ja merkittävyyden vuoksi sekä kuvaamaan alan kehitystyötä.

### 3.4 Arkkitehtuurin vaikutus kuunteluolosuhteisiin

Arkkitehtuuri on suurelta osin näköaistiin perustuvaa taidetta. Arkkitehtuuriajattelun lähtökohtana on ollut rakennuksessa tapahtuvat toiminnot. Rakennuksen ollessa suunnitteluvaiheessa on helppo arvioida miltä rakennus tulee näyttämään. Arkkitehtuurisuunnittelussa on kuitenkin syytä omaksua hyvän ulkoasun lisäksi myös pyrkimys hyvään äänimaailmaan.

Tilojen akustiset ominaisuudet ovat tärkeitä käytön, viihtyvyyden ja työturvallisuuden kannalta. Rakenteiden ääneneristävyyys, ympäristömelun taso ja tilojen käyttötarkoitukseen sopiva akustiikka ovat merkittäviä ominaisuuksia. Ääniominaisuuksien selvittäminen mittauksin on usein tarpeen suunniteltaessa rakennuksia, korjaustoimenpiteitä tai valvottaessa asetettujen vaatimusten täyttymistä. [5, s. 150.]

On ajateltava myös rakennuksen sisäistä äänimaailmaa. Taitava arkkitehti huomioi suunnitellessaan hyvät kuunteluolosuhteet jo ensimmäisissä luonnoksissa. Hahmoteltaessa eri toimintojen sijaintia on mahdollista sijoitella tilat siten, ettei eri tiloihin sijoitettavat induktiosilmukajärjestelmät häiritse toisiaan, tai että rauhallista äänimaailmaa vaativat tilat sijoitetaan riittävän etäälle melulähteistä. Pintamateriaaleiksi valitaan ääntä vaimentavia materiaaleja alusta alkaen.

Yleensä ihmisen vanhentuessa aistitkin rappeutuvat. Sitä tärkeämpi on ympäristön äänimaailma, mitä heikommaksi kuulokyky laskee. Kaikuisuus tai häly haittaavat kommunikointia. Tällaisia ongelmia esiintyy etenkin vanhus-ten asuin- ja palvelutaloissa.

Tiloja vaimentavan verhoilun ja muiden akustisten tekijöiden huomioimisen lisäksi tilojen ääniolosuhteita voidaan parantaa niiden keskinäisellä sijoittelulla. Pyrkimys tilasarjoihin johtaa usein siihen, että aulatilat, ruokailutilat ja oleskelutilat tehdään avoyhteyteen toistensa kanssa. Näin häiriöäännet kulkeutuvat tilasta toiseen. Palvelutalojen, joiden asiakkaina on runsaasti huonokuuloisia, TV-huoneita ja seurustelutiloja ei kannata sijoittaa aulojen, kahvioiden tai muiden vilkkaasti liikennöityjen ja meluisien tilojen lähelle, koska äänten kulkeutumista rauhallisempiin tiloihin on vaikea täysin estää. Tiloja voidaan rajata toisistaan esimerkiksi äänenkulkua rajoittavien lasiseinien avulla näköyhteyden silti säilyessä.

Yksi keino huonokuuloisten huomioimiseksi on selvittää jo alkuvaiheessa kuuntelun apuvälineiden tarve kunkin tilan ja toiminnan yhteydessä. Tiloja, joihin tarvitaan kiinteä induktiojärjestelmä ei voi mielivaltaisesti sijoittaa vierekkäin tai päällekkäisiin kerroksiin, vaan niiden välille tarvitaan riittävästi etäisyyttä estämään ylikuulumista. Varhaisessa vaiheessa on myös otettava selvää teknisten järjestelmien tarvitsemista tiloista rakenteissa ja suunniteltava kokonaisuus siten, että tarpeelliset silmukka- ja muut johdot saadaan asennettua oikeisiin paikkoihin.

Tilojen taustamelu on jälkikaiun kanssa puheen kuulemisen suurimpia häiriötekijöitä. Tavanomaisen puheen taso on noin 50 - 60 dB (A). Häiriömelun taso saa olla enintään 35 - 45 dB (A), jotta puheen erottuminen ei vaikeudu. Häiriömelun tason ylittäessä noin 40 dB (A) puhuja korottaa ääntään.

Samaan aikaan tilassa kuuluva jälkikaiunta tekee taustamelusta entistä pahemman häiriön. Huonokuuloiselle hankalia paikkoja ja samalla akustisesti ongelmallisia tai unohdettuja ovat erityisesti aulat, terminaalit, kahviot, käytävät, harrastustilat ja koulut.

Tilojen akustiikalla on ensisijainen merkitys puheen kuulumiselle ja tuottamiselle. Useimpien tilojen akustisia ominaisuuksia voidaan arvioida sillä perusteella, miten ne täyttävät puheviestinnän akustiikalle asettamat vaatimukset. Huonokuuloisten kannalta tilojen akustiikassa on tärkeää vähentää tilojen kaikuvuutta lyhyillä jälkikaiunta-ajoilla, pitää häiriömelutaso pienenä ja lisätä puheen erottamista helpottavia hyötyheijastuksia.

Remontoidessa on hyvä mahdollisuus parantaa myös tilojen akustisia ominaisuuksia. Hyvän akustiikan rakentaminen uudisrakentamisen yhteydessä ei välttämättä aiheuta suuria lisäkustannuksia. Sopivalla materiaalivalinnalla voidaan vaikuttaa ratkaisevasti tilan akustiikkaan. Akustiikkalevyjä asennettaessa voidaan taustatyöt tehdä edullisemmin. Valmiiseen tilaan jälkepäin tehtävät korjaustyöt aiheuttavat aina lisäkustannuksia. Vaikeidenkin tilojen kuuluvuusongelmia voidaan auttaa nykyaikaisella äänentoistotekniikalla tyydyttävästi kaikuisuudesta huolimatta. Huomioitavaa on, ettei hyväkään äänentoistojärjestelmä korvaa äänentoistojärjestelmän rinnalle asennettavaa induktiosilmukkaa (tai muuta äänensiirtojärjestelmää). [2, s. 8 - 10, 37, 52 - 53; 19.]

### *3.4.1 Äänenvaimennus*

Tärkein keino vähentää tilan kaikuisuutta ja häiriömelun tasoa on huolehtia riittävästä äänenvaimennuksesta. Äänenvaimennus vähentää tilan omien äänten kuulumista tilan sisällä.

Äänenvaimennusominaisuuksiin vaikuttavat tilan koko ja sen osien keskinäiset suhteet, materiaalipinnat ja niiden rakenteelliset kiinnitysratkaisut sekä vaimennusmateriaalin sijoituspaikat tilassa.

Yleisin ongelma rakennusprojekteissa on vaimennusverhouksien jättäminen pois. Akustiikaltaan vaativien tilojen kuten koulujen ja vanhusten palveluta-

lojen kohdalla ei kannatta miettiä, laitetaanko akustista vaimennusverhousta vai ei. Materiaalit voidaan suoraan valita akustisten ominaisuuksiensa perusteella. [2, s. 9.]

### 3.4.2 Ääneneristys

Ääneneristyksen tehtävä on estää kaikkea ulkopuolista häiriöääntä kulkeutumasta tilaan. Huonokuuloiselle tilojen hyvä äänieristys on tärkeää paitsi viihtyvyyden myös hyvien kuunteluolosuhteiden kannalta. Kaikki tilaan tuleva ylimääräinen ääni vaikeuttaa kuulemista ja voimistuu kuulokojeessa.

Vanhusten palvelutalojen asunnoissa huoneistojen välinen äänieristys on erityisen tärkeää, koska huonokuuloiset vanhukset pitävät usein radion tai television ääntä tavallista kovemmalla. Myös opetustilojen ääneneristys on syytä tarkistaa.

Tilan ääneneristävyyteen vaikuttavat muun muassa ympäröivien rakenteiden ääneneristyskyky, tiiviys sekä putkistojen, kanavien, läpivientien ja liitoskoh- tien ääneneristysratkaisut.

Ääneneristyksen kohdalla rakennuksissa ei yleensä esiinny niin paljon puutteita ja ongelmakohtia kuin äänenvaimennuksen tai meluntorjunnan kohdalla. Pahimmat puutteet ääneneristyksessä ovat tavallisesti rakennusai- kana syntyneet raot, halkeamat tai sivutiesiirtymä kun esimerkiksi rakenteen katkaisu on unohdettu. Toisaalta lämpö-, vesi-, ilmanvaihto-, sähkölaitteiden ja -järjestelmien (LVIS) kohdalla esiintyy virheitä, jotka huonontavat tilojen ääneneristystä. [2, s. 9.]

### 3.4.3 Valaistuksen merkitys kuuntelulle

Monet huonokuuloiset kokoavat tiedon yhdistämällä kuulemansa, huulilta lukemansa sekä viitotun puheen merkit. Huuliluraluku ja viittomien seuraaminen vaatii melko voimakkaan valaistuksen, jonka lisäämiseen pitäisi aina tarvittaessa olla mahdollisuus. Tämä on tärkeää etenkin hämärissä ravintolatiloi- ssa, joiden yleisvalo ei riitä viittomien seuraamiseen tai huuliluralukuun.



Huulilतालukua ja viittomien seuraamista haittaavat myös vastavalo ja häikäisy. Esimerkiksi vastaanottotiloissa tai muissa asiakaspalvelutilanteissa onkin tärkeää, että lääkäri tai muu henkilökunnan edustaja ei istu suoraan ikkunan edessä puhuessaan asiakkaalle. Huulilतालuku on mahdotonta, jos valo tulee suoraan puhujan selän takaa.

Valaistus pitäisi suunnitella huolellisesti myös kaikissa erityistilanteissa, kuten teatteriesityksien ja kokouksien yhteydessä. Huonokuuloisille tarkoitettujen tulkkausjärjestelyjen kohdalla valaistuksen riittävyys ja sopivuus tarkistetaan aina erikseen. [2, s. 10.]

#### *3.4.4 Sähköakustiset äänentoistojärjestelmät*

Akustinen ääni siirtyy kuulijalle ilman välityksellä. Silloin kuulemiseen vaikuttavat tilan akustiset ominaisuudet ja tilassa tapahtuva toiminta. Henkilö kuulee kaiut, hälyn, melun, kolahdukset ja muut äänet siinä, missä puheäänienkin. Akustisesti huonossa tilassa kuuleminen vaikeutuu, ja varsinkin huonokuuloisen on vaikea saada puheesta selvää.

Jos akustinen ääni ei riitä tilassa, on sinne syytä asentaa äänentoistojärjestelmä. Joissakin tapauksissa hyvälaatuinen äänentoistojärjestelmä voi palvella myös huonokuuloisia oikein käytettynä, kun tilassa ei ole taustamelua tai kaikuisuutta. Äänentoistojärjestelmä ei poista induktiosilmukkajärjestelmän tarvetta vaan voi jopa heikentää huonokuuloisen kuunteluolosuhteita huonossa akustisessa tilassa tai pelkkää äänenvoimakkuutta nostamalla. Äänentoistojärjestelmän asennuksen yhteydessä samalla asennetaan myös äänensiirtojärjestelmä huonokuuloisia varten. Näin kustannukset jäävät erillisiä asennuksia pienemmäksi. [19.]

Ongelmallisempia osia ovat kaiuttimet ja niiden kytkeytyminen ympäröivään akustiikkaan. Sähköakustisista komponenteista vain laadukkaat mikrofonit täyttävät sellaisenaan korkeatkin vaatimukset. [2, s. 10.]

Koska mikään induktiosilmukka ei toimi, ellei puhuja puhu mikrofoniin riittäväällä selkeydellä [12, s. 9], kannattaa muistella seuraavia neuvoja.

Mikrofonin vieminen etäämmälle tuo mukaan tilan kaikua. Etäisyyttä voi käyttää äänen korostamiseen. Puhu yhdeltä sivulta suoraan mikrofonin ylitse. Tämä takaa tasapainoisen, luonnollisen äänen. Lisäksi et peitä huuliota. Suoraan mikrofoniin puhumalla mikrofoni toistaa vain turhia hengitysääniä ja korostaa s-äänteitä.

Ääni alkaa kiertää, eli tuottaa epämieluisaa vinkumista, kun mikrofoni nap-paa osan vahvistetusta äänestä ja syöttää tätä takaisin vahvistimelle. Tämän estämiseksi mikrofoni tunnistaa ääniä herkimmin suoraan edestä kuin sivusta tai takaa. Älä suuntaa mikrofontia koskaan kaiuttimia kohden. Myös tilan akustiikka voi aikaansaada kiertoa. Tällöin riittää, että liikkuu hieman, mikä riittää kierron katoamiseen. [20, s. 17 - 19.]

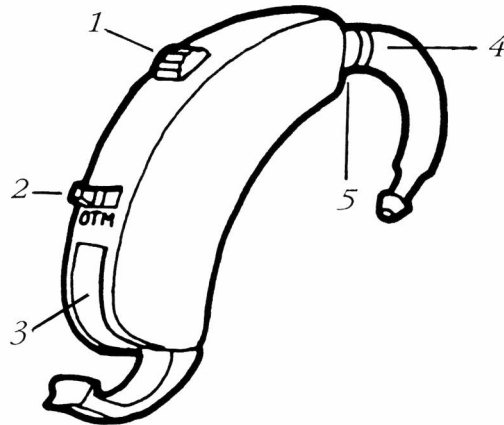
Huonokuuloisen kannalta ovat äänentoistojärjestelmän laadun lisäksi tärkeitä käyttäjien opastus ja selkeät esillä olevat ohjeet. Äänentoistojärjestelmien yleisin ongelma on se, että ne jätetään käyttämättä selkeiden ohjeiden puuttuessa. [2, s. 10.]

## **4 KUUNTELUN TEKNISET APUVÄLINERATKAISUT**

### **4.1 Kuulokojeet**

Kuulokoje on apuvälineistä tärkein ja yleisin. Kuulokojeella tarkoitetaan huonokuuloisen avuksi rakennettua, mukana pidettävää vahvistinlaitetta, joka käsittää mikrofonin, vahvistimen säätiminen, virtalähteen ja kuulokkeen. Rakenteen ja kantotavan mukaan kuulokojeet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: taskukojeet, korvantauskojeet kuten kuvassa 4 sekä yksilölliset korvakäytäväkojeet. Tasku- ja silmälasikojeita on saatavana myös luujohtokuulokkeella varustettuna. [2, s. 7.]

Kuulovamma, mahdolliset muut vammat ja sairaudet, käyttäjän ikä ja käsien motoriikka sekä kojeen käyttöolosuhteet määräävät, minkä tyyppistä kuulokojetta suositellaan käytettäväksi.



**Kuva 1.** Korvantauskoje: 1. äänen vahvistuksen säädin, 2. virtakytkin/toimintavalitsin, 3. paristokotelo, 4. koukku ja 5. mikrofoniauukko [21, s. 3]

Useimpien korvantauskojeiden virtakytkimessä ovat asennot O, T ja M. Joissakin kojeissa on lisäksi MT-asento:

- |           |                                                                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O-asento  | Koje suljetaan asettamalla O-asentoon, kun se poistetaan korvasta, näin säästetään paristoja ja estetään kojeen vinkuminen. |
| M-asento  | Tavanomainen käyttöasento; kojeen mikrofoni vastaanottaa ympäristöstä tulevia ääniä, jotka vahvistin vahvistaa.             |
| T-asento  | Vastaanotinkela-asento, jonka avulla saadaan induktiivinen kuuntelumahdollisuus.                                            |
| MT-asento | Asennon avulla voi kuunnella samanaikaisesti mikrofonilla ja puhelinkelalla. [21, s. 3 - 4.]                                |

Alkuun kojeen käyttö voi tuntua hankalalta, koska M-asennossa kuunneltaessa myös hälyäänet voimistuvat. Kuulokojetta tottuu vähitellen käyttämään päivittäisellä harjoittelulla. T-asennossa ei ympäristön häly häiritse. Induktiosilmukoita on esimerkiksi teattereissa, kirkoissa ja kokoustiloissa. MT-asento on hyödyllinen esimerkiksi jos kotona on televisiota varten induktiosilmukka. Television kuuntelun ohella voi vastaanottaa muitakin ääniä kuten perheenjäsenten puheen tai ovikellon soimisen.

Kuulokojeiden markkinoinnissa käytetään usein vaikeaselkoisia termejä ja samantyyppisistä toiminnoista käytetään eri nimityksiä. Hienot markkinointi-strategiat ja kirjava terminologia ovat omiaan antamaa kojeen käyttäjille katteettomiakin odotuksia. Tekniikan saavutukset ovat käytännössä rajalliset, ja jokainen kuulokojeen käyttäjä yksilönä kokee apuneuvosta saamansa hyödyn eri tavalla. Myös käyttäjien vaatimukset ovat kasvaneet eli pyritään saavuttamaan tavoite, jossa kuulokoje ei rajoittaisi toimintaa työelämässä eikä estäisi monipuolisia vapaa-ajan harrastuksia.

Kuulokojeen käyttäjän kannalta merkittävin seikka on kyky ymmärtää puhetta hälyssä, joskin uuden tekniikan myötä on korostunut myös kuulokojeen käyttömukavuus hiljaisessa kuunteluympäristössä. Normaaliolosuhteissa kuulokojeiden käyttömukavuuteen ja kuulonparantamiskykyyn ollaan suhteellisen tyytyväisiä, mutta tyytymättömyys lisääntyy mitä meluisammassa käyttöympäristössä kojetta käytetään.

Kuulokojeissa käytetään monenlaisia tekniikoita. Erilaiset melu- ja hälyleikkurit, monimikrofonitekniikka, digitaalitekniikka sekä kuulokojeen soveltuvuutta akustiseen olosuhteeseen parantava adaptiivisuus ovat tuoneet parannusta meluisassa ympäristössä tapahtuvaan kuunteluun. Tämä on lisännyt kuuloalan ammattilaisten edellytyksiä palvella asiakkaitaan heidän ongelmissaan. Lähtökohtana on kuitenkin aina kuulovammaisen jäljellä oleva kuulo. Tärkeätä on kuulovajeen ymmärtäminen ja suhteuttaminen realistiseen näkemykseen siitä, mitä kyseisellä kuulolla voi parhaimmillakin apuvälineillä kuulla. Tämänhetkisen tietämyksen ja tutkimuksen mukaan paras lopputulos meluisissa olosuhteissa tapahtuvaan kuunteluun saavutetaan kuulokojeella, jossa monimikrofonitekniikka on yhdistettynä digitaaliseen signaalinkäsittelyyn.

Suunta- tai monimikrofonitekniikalla saavutettu hyöty kuunneltaessa melussa saattaa aiheuttaa ongelmia esimerkiksi musiikin kuuntelemisessa, koska matalien taajuuksien vahvistus heikkenee. Samoin sivulta tulevien äänien vaimeneminen aiheuttaa ongelmia liikenteessä tai vaikkapa hälytysäänien paikallistamisessa. Monimikrofonitekniikka on myös tuuliherkempää. Saavuttaakseen optimaaliset kuunteluolosuhteet sekä melussa, että hiljaisuudessa on huonokuuloisen opittava hallitsemaan kojeensa tekniikka, jolla siirrytään kuunteluolosuhteesta toiseen tai kojeessa tulee olla monimutkainen

ohjelma-automatiikka. Etenkin vanhuksilla on vaikea hahmottaa eri ohjelma-vaihtoehtoja kojeen kytkimillä tai kaukosäätimellä halliten.

Kuulokojeen käyttömukavuus meluympäristössä paranee huomattavasti, mikäli on mahdollisuus käyttää audioliitäntää, joko suoraan äänilähteestä tai erillisen vastaanottimen välityksellä. Edellisestä esimerkkinä mainittakoon kielistudio tai tulkkaujärjestelmät. Häiriöttömän kuuntelun mahdollistaa myös induktiivinen kuuntelujärjestelmä joko kiinteästi asennettuna tilaan, jossa kuunnellaan tai vaihtoehtoisesti mukana kannettavilla induktiosilmukalla toteutettuna.

Kahdenkeskiseen kommunikointiin (luennot, opetustilanteet) pienoissilmukka tai audioliitäntään kytketty vastaanotin on hyvä apu häiriöttömään kuunteluun. Ääni tulee kuulokojeeseen joko radiotaajuudella tai infrapunälähtetimen ja vastaanottimen välityksellä. [2, s. 7 - 8.]

Lieviissä kuulovioissa paras ratkaisu ei välttämättä olekaan kuulokoje, vaan jokin muu apuväline [21, s. 3].

## 4.2 Kommunikaattorit

Kommunikaattoreita on useampaa mallia ja toiminnaltaan yksinkertaisia tai säädöiltään monipuolisempia kuulokojeen kaltaisia laitteita. Suurin osa kommunikaattoreista on varustettu vain mikrofoniilla (suunta- tai pallokuvio-mikrofoni) mutta induktio- tai infrapunavastaanottimella (Transett Favorit, Dicton) varustettuja mallejakin löytyy. Kommunikaattorin vastaanottimeen on liitettävissä sanko-, nappi-, tai stetoskooppi-kuuloke. Kommunikaattorit ovat yleensä tarkoitettu henkilöille, jotka eivät käytä kuulokojetta. Kuulokojeen käyttäjät hyötyvät kommunikaattoreista, kun kuulokkeiden tilalle liitetään kaulasilmukka, jota voi kuunnella kuulokojeen T-asennolla. [19.]

Monipuolisuutensa ja muuntelumahdollisuutensa ansiosta kommunikaattori on vartenotettava vaihtoehto kuulokojeelle vanhuksilla, jotka eivät liiku kodin ulkopuolella tai joiden käsien motoriikka ei salli pienen kuulokojeen

käyttöä. Kommunikaattori palvelee myös niitä, joiden kuulo on alentunut, mutta eivät jostain syystä voi tai halua käyttää kuulokojetta.

Julkisissa tiloissa erilaiset kommunikaattorit palvelevat niin kuulokojeen käyttäjiä kuin kuulon alenemisesta kärsiviäkin kunhan laitteet huolletaan ja pidetään esillä. Julkisten tilojen kommunikaattoreiden hygieniasta tulee huolehtia vaihtamalla ja desinfioimalla stetoskooppimallisten kommunikaattoreiden tulpat sekä sankamallisten kuulokkeiden kuulokekapseleiden superlon-pehmusteet tulee puhdistaa ja desinfoida tai uusia tarvittaessa käytön jälkeen.

Kommunikaattoreihin voidaan lukea myös asiakaspalvelupisteiden tiskille tarkoitettut palvelusilmukat. Silmukan toiminta-alue on rajoitettu tiskin läheisyyteen intimiteettisuojaan säilymiseksi ja silmukkaan on saatavissa myös kuuloke huonokuuloisille, joilla ei ole kuulokojetta tai niille joiden kojeessa ei ole induktiokelaa.

Palvelusilmukoiden tyyppisiä kommunikaattoreita ovat myös induktiivisesti toimivat kokoussilmukat ja ryhmäkuuntelulaitteet infrapuna- tai radiotaajuustekniikalla toteutettuna. Yhdellä tai useammalla mikrofonilla taltioitu ääni siirretään edellä mainituilla vaihtoehtoisilla tavoilla joko kuulokojeeseen, kuulokkeisiin tai äänentoistojärjestelmään. [2, s. 8.]

### 4.3 Äänensirtojärjestelmät

Äänensirtojärjestelmissä haluttu äänisignaali siirtyy tilassa jonkin muun kuin ilman välityksellä suoraan henkilön vastaanottimeen, jolloin akustiset häiriöäänet eivät siirry signaalin mukana. Yleensä ääni siirretään sähkömagneettisesti (induktiojärjestelmät), infrapunavalon (Infra Red -järjestelmät) tai radioaaltojen (Frequency Modulation eli radiotaajuusjärjestelmät) avulla.

Huonokuuloisille välitettävän äänen siirtämiseen käytetään yleensä induktiivista äänensirtojärjestelmää. Induktiosilmukoita on ollut käytössä 1950-luvulta asti [22]. Induktiivisessa äänensirtojärjestelmässä lähetetty äänisignaali indusoituu vastaanottimessa. Kuulokojeessa pitää olla induktiiviseen

kuunteluun tarkoitettu vastaanotinkela kytkettynä tele- eli T-asentoon. Kuulokojeen puhekela on tällöin käytössä ja kuulokojeen sisäinen mikrofoni kytkettynä pois päältä. Kuulokojeen käyttäjällä voi olla induktioperiaatteella kuunneltava kaulasilmukka, joka on kytkettävissä matkapuhelimeen.

Kuulokojetta käyttämätön voi kuunnella induktiosilmukan välityksellä kuulokeilla varustetulla, tilapäiseen käyttöön suunnitellulla, induktiovastaanottimella. Induktiosilmukalla varustettuihin tiloihin kannattaa hankkia muutama tällainen laite, joita voi tarvittaessa lainata. Myös huolto- ja vahtimestarikunta voi todeta silmukan toimivuuden kyseisen laitteen avulla.

Induktiosilmukkaa käytettäessä on huomioitava, että kaikki puheenvuorot on puhuttava mikrofoniin, koska vain sitä kautta induktiosilmukka saa tarvitsemansa puheen äänisignaalin. Ratkaisuna voi esimerkiksi käyttää kahta langatonta mikrofonia, jotka eivät rajoita liikkumista. Mikrofonia on helppo kierrättää yleisön joukossa esitettäessä kysymyksiä. Museoesittelyissä käytetään esimerkiksi langattomia Conversor-mikrofoneja, joihin puhuttu signaali lähetetään radiotaajuisesti kuulolaitteen käyttäjän kaulasilmukkaan. Conversorit ovat käteviä esimerkiksi ulkoillessa. [12, s. 3 - 4; 23.]

Induktiojärjestelmän etuna IR- ja FM-järjestelmiin verrattuna on se, että lähes kaikki henkilökohtaiset kuulolaitteet on varustettu induktiivisen kuuntelun mahdollisuudella. Näin ei ole tarvetta investoida signaalin vastaanottolaitteisiin jokaista huonokuuloista varten. Induktiosilmukan käyttäjä vain valitsee kuulokojeestaan T- tai MT-asennon.

Induktiojärjestelmä kannattaa yhdistää tilan äänentoistojärjestelmään. Erilaiset laitteet kuten TV, radio, puhelin ja ovikello voidaan kytkeä kuulumaan induktiivisesti. Induktiojärjestelmä sopii hyvin monenkokoisiin tiloihin ja erilaisiin tilanteisiin. Usein silmukkatyyppi saa nimensä sen käyttötarkoituksen tai sijoituspaikan mukaan.

Järjestelmän sovellutuksia ovat asiakaspalvelutilanteen avuksi tarkoitettu palvelusilmukka, esimerkiksi televisioon yhdistettävät tyynysilmukat, kokouskäyttöön sopivat kannettavat silmukajärjestelmät ja suuriin tiloihin asennettavat kiinteät induktiojärjestelmät. Palvelusilmukasta, kokoussilmukasta tai

tuolisilmukasta puhuttaessa kyse on saman induktiojärjestelmän soveltamisesta erilaisiin käyttötilanteisiin.

Infrapunavaloon perustuvien järjestelmien etuna on se, että äänisignaali ei karkaa tilan ulkopuolelle, infrapunavalon ei etene seinien läpi. Ääni siirtyy puhujalta huonetilassa olevien infrapunasäteilyä lähettävien laitteiden kautta kuuntelijalla olevaan vastaanottimeen. Haittana induktiosilmukkajärjestelmään verrattuna on vastaanottimien tarve. IR-järjestelmä edellyttää myös suoraa yhteyttä lähettimen ja vastaanottimen välillä.

Radioaaltojärjestelmässä lähetin ja vastaanotin voivat sijaita jopa eri huoneissa. Liitettäessä vastaanottimeen kuulokkeet, voivat myös kuulokojetta käyttämättömät hyötyä IR- ja FM-järjestelmistä.

Kuulovamman laadusta riippuen voi olla, että pelkkä induktiosilmukka tai vastaava järjestelmä ei riitä vaan tarvitaan muita apuvälineitä. Näiden apuvälineiden tarve on yksilökohtainen ja ne kuuluvat yksilökohtaisen kuntoutuksen piiriin. [2, s. 10, 12; 12, s. 5 - 6.]

#### **4.4 Palvelusilmukka**

Palvelusilmukka on pienikokoinen induktiojärjestelmä, joka sopii erityisesti palvelupisteisiin. Palvelusilmukan avulla huonokuuloinen kuulee virkailijan puheen kuulokkeiden tai kuulokojeensa kautta induktiivisesti niin, että taustäänet eivät voimistu tai häiritse. Palvelusilmukan voi periaatteessa asentaa tai kiinnittää paikoilleen ilman ammattiapua. Palvelupisteen ympäristön tekniset laitteet ja rakenteet saattavat kuitenkin aiheuttaa häiriöitä silmukan toiminnassa. On suosittavaa, että asennuksen tekee induktiojärjestelmistä perillä oleva henkilö, joka tarkistaa, että silmukan kuuluvuus on hyvä ja säädöt kohdallaan. [2, s. 11 - 12.]



#### 4.5 Yhteenveto

Sellainen huonokuuloinen henkilö, jolla ei ole omaa kuulokojetta, voi käyttää erillistä kuuntelukojetta (aikaisemmin kuuntelusauvaa). Omien kuulokojeden yleistyttyä on kuuntelusauvojen merkitys vähentynyt siten, että niitä ei ole ollut saatavilla lähes 10 vuoteen. Nykyisin käytetään tällaisina laitteina erillisiä kuulokkeilla varustettuja induktiosilmukan kuunteluun tarkoitettuja vastaanottimia. Näitä vastaanottimia voi käyttää myös normaalikuuloinen henkilö puheen selkeään kuuntelemiseen. [12, s. 6.]

Kuulokojeden kehitystyö jatkuu yhä parempien hälykommunikoinnin ominaisuuksien saavuttamiseksi, mutta adaptiivisten kuuntelutilojen hallinnan tekniikassa tulee tapahtumaan paljon kehitystä. Huonokuuloisen kommunikointia helpottavat muistikirjamikrojen ja matkapuhelimien sulautuminen kannettavaksi tietokeskukseksi, koska kuva ja teksti ovat olennainen osa viestintää.

Nykyinen hankala ja määrättyihin matkapuhelinmalleihin sopiva silmukka saanee kehittyneemmän audioliitäntään kytkettävän yhteyskaapelin puhelimen ja kuulokojeen välille. Suomi yhtenä maailman johtavana matkapuhelinmaana ei ole johtava kuulokojemaa, joten kuulokojeen ja matkaviestinnän yhteensopivuus tulee hieman viiveellä.

Puheentunnistuslaitteiden ja -ohjelmien kehittyessä helpottuu kommunikointi niin puhelimesta kuin meluolosuhteissakin. Palvelutiskeillä puhe muunnetaan reaaliajassa tekstiksi yhtä helposti kuin nykyisin käännöstekstit ovat elokuvissa. Kuvapuhelimien yleistyminen helpottaa äidinkielenään viittomakielisten asemaa, koska hitaasta kirjoittamisesta voidaan siirtyä viittomaan. [2, s. 52.]

## 5 INDUKTIIVISEN ÄÄNENSIIRTOJÄRJESTELMÄN RAKENNE

### 5.1 Fysiikan perusteita

#### 5.1.1 Sähkömagneettinen induktio

*Sähkömagneettinen induktio* on fysiikan ilmiö, jonka englantilainen Michael Faraday ja amerikkalainen Joseph Henry esittelivät vuonna 1831. Faradayn ja Henryn kokeissa ilmeni, että magneettikentän ajallinen muuttuminen tai magneettikenttään nähden liikkuva johdinsilmukka aiheuttaa suljetulle piirille varauksia liikuttavan sähkökentän. Tätä kutsutaan *induktiovirraksi*, joka aiheuttaa *indusoituneen lähdejännitteen*.

Faradayn induktiolain mukaan induktiojännitteen suuruus on verrannollinen sekä käämin kierrosmäärään  $N$  että riippuvan silmukan läpi kulkevan *magneettivuon muutosnopeudesta*  $d\Phi/dt$  kaavan 4 mukaan:

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt}. \quad (4)$$

missä

$E$  on sähkömotorinen voima (smv) volteissa

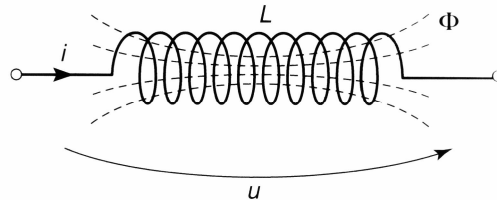
$N$  kierrosten lukumäärä

$d\Phi$  on magneettivuo webereina

Induktiovirran suunta on Lenzin lain mukaan sellainen, että virran synnyttämä magneettikenttä pyrkii estämään magneettivuon  $\Phi$  muuttumista. [4, s. 82; 5, s. 110.]

### 5.1.2 Kela

Kela on sähkötekniinen komponentti, jonka toiminta perustuu käämin *itseisinduktioilmiöön*. Tarkastellaan kuvan 2 mukaista tilannetta.



**Kuva 2.** Muuttuvan magneettikentän indusoima jännite [24, s. 112]

Sinimuotoisesti vaihteleva jännite aiheuttaa käämiin sinimuotoisesti vaihtelevan virran, joka synnyttää ympärilleen sinimuotoisesti vaihtelevan magneettikentän. Tämä aiheuttaa käämin sisälle sinimuotoisesti vaihtelevan magneettivuon, joka kehittää käämiin sinimuotoisesti vaihtelevan sähkömotorisen voiman (smv).

Käämiin syntyy sähkömotorinen voima aina vuon pyrkiessä muuttumaan. Sähkömotorinen voima pyrkii aina estämään vuon muuttumista esimerkiksi käämiin kytkettyä jännitettä muutettaessa. Ilmiöstä käytetään nimitystä itseisinduktio. Tällöin indusoitua sähkömotorinen voima on virran ja induktanssin  $L$  avulla ilmoitettuna kaavassa 5:

$$e = -L \frac{di}{dt} \quad (5)$$

Miinusmerkki lauseen edessä tarkoittaa, että jännitteen  $e$  aiheuttama virta pyrkii vastustamaan magneettivuon muutosta. [24, s. 112.]

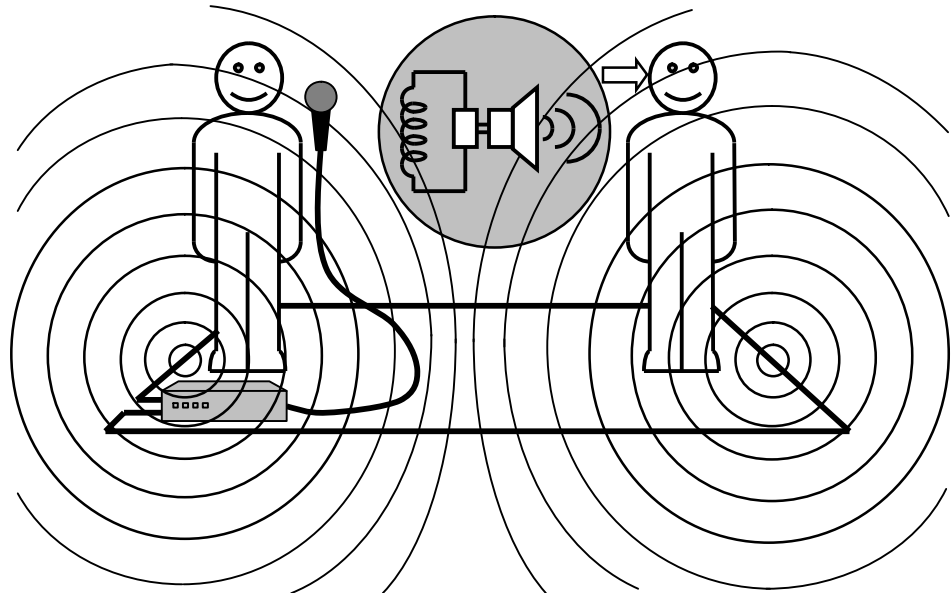
### 5.1.3 Sähkömagneettisen induktion sovelluksia

Sähkömagneettisella induktiolla on lukuisia sovelluksia. Suuri osa sähköenergiasta tuotetaan induktioilmiöön perustuvilla generaattoreilla. Myös muuntajat perustuvat induktioilmiöön sekä metallinilmäimet, joissa jokin

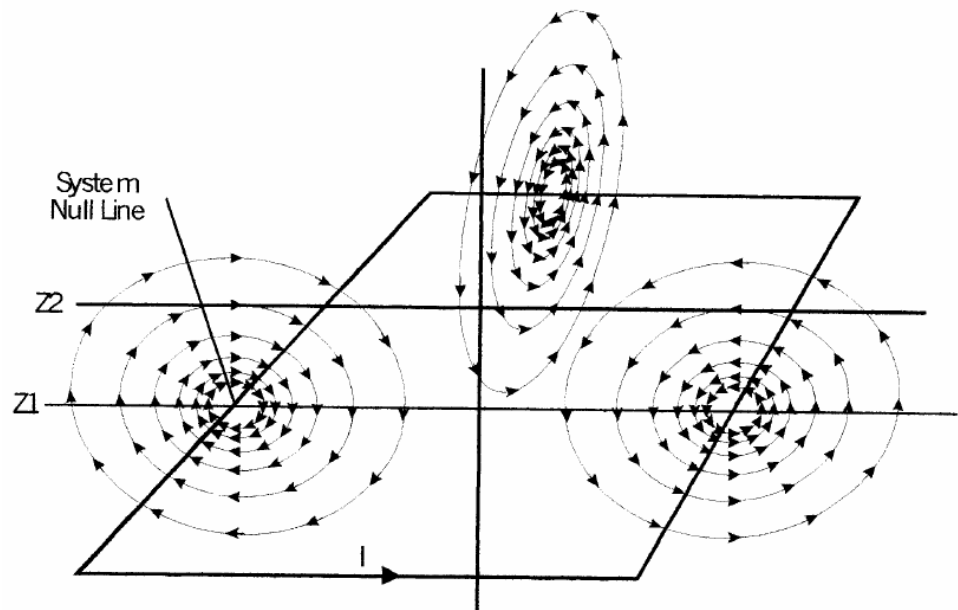
muu suure muutetaan induktion avulla sähköiseksi signaaliksi. Muita sovelluksia ovat induktioliesitasot ja levysoittimien ja äänirasiat. Liikennevaloissa induktiosilmukka tunnistaa magneettikenttäänsä ilmestyneen metallin induktanssin muutoksena. [4, s. 88; 5, s. 110.]

## 5.2 Induktiosilmukka kuuntelun apuvälineenä

Induktiosilmukka on halutun kuuntelutilan ympärille kierrettävä sähköjohdin, johon mikrofonin tai muun äänilähteen äänisignaali johdetaan vahvistettuna induktiovahvistimen kautta. Silmukkajohdossa kulkevan äänitaajuisen sähkövirran voimakkuuden vaihtelut saavat aikaan ympärilleen äänitaajuisen, äänisignaalin mukaan värähtelevän sähkömagneettisen kentän. Kenttä indusoi kuulokojeen vastaanottokelaan jännitteen, joka vahvistuu kuulokojeessa ja muuttuu kuultavaksi ääneksi. Kuva 3 esittää järjestelmän toimintaperiaatetta, jonka magneettikentän vektorit näkyvät tarkemmin kuvassa 4 [2, s. 10; 12, s. 3 - 4.]



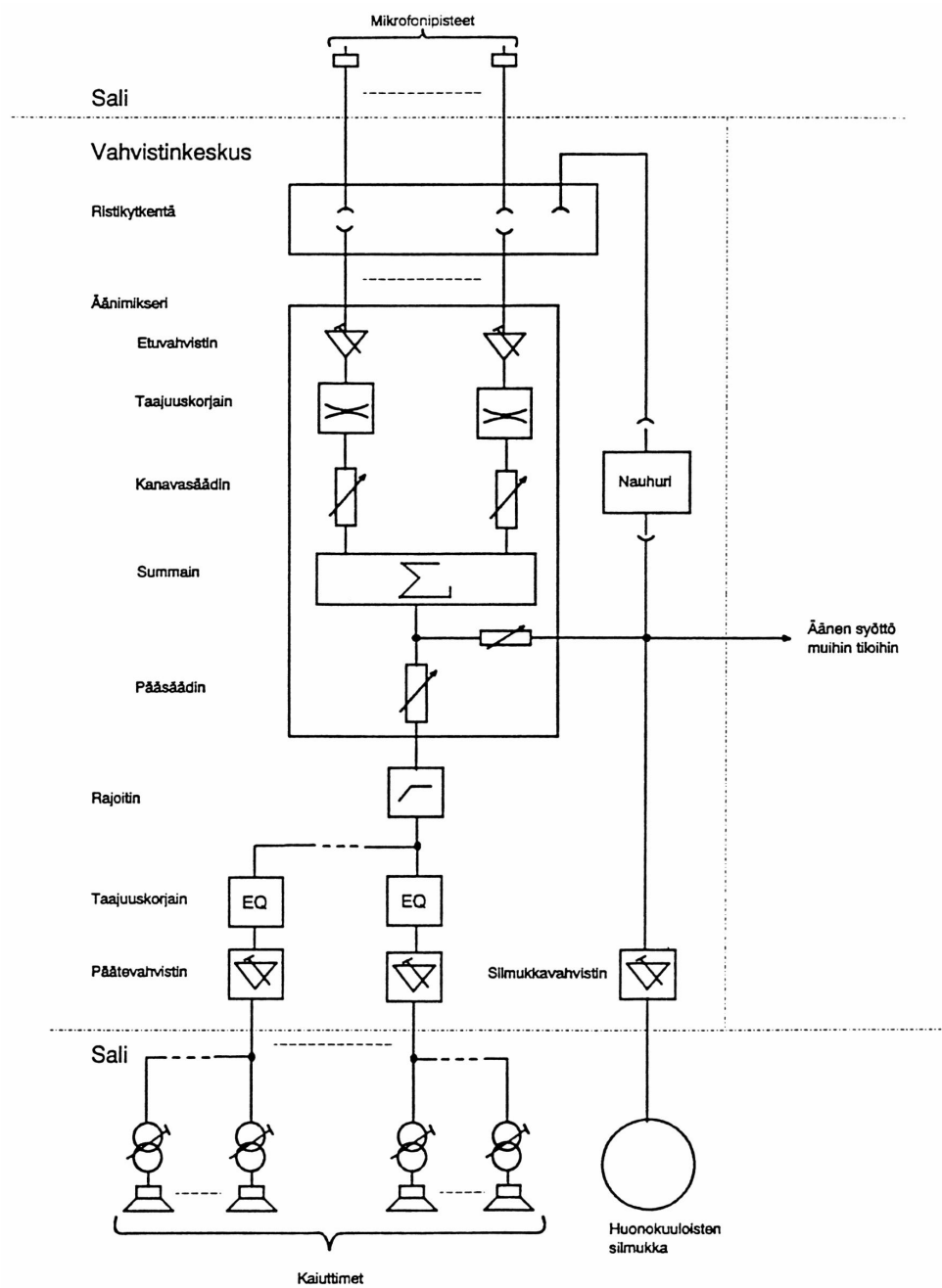
**Kuva 3.** Induktiivisen äänensiirtojärjestelmän toimintaperiaate (lähde: 25 mukailen, s. 20)



**Kuva 4.** Induktiosilmukan magneettikentän vektorien etenemissuunta [18, s. 24]

Silmukkajärjestelmässä ei ole akustista takaisinkytkentää eikä kierron vaaraa, kuten kaiuttimia käytettäessä. Vahvistusta voi huolettomammin lisätä. Huonokuuloinen saa mikrofonin sieppaaman signaalin suoraan sähköisesti välitettynä kuulokojeeseen. Tulosta voi heikentää huono mikrofonitekniikka, kuten liian pitkät mikrofonietäisyydet tai turhien mikrofonien päälle kytkentä, kuten kaiuttimiakin käytettäessä.

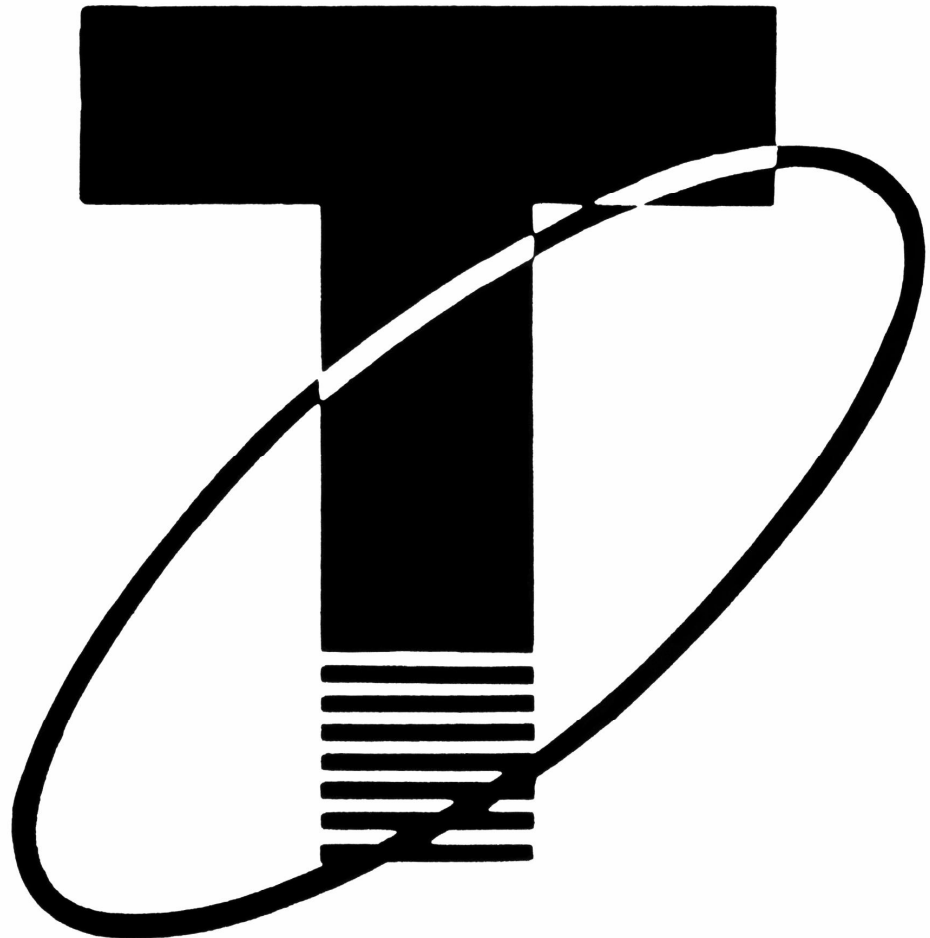
Kotiloissa voidaan silmukkaan kytkeä paitsi mikrofoni, myös radio- ja TV-vastaanotin sekä ovikellon ja puhelimen hälytysäänet. Kirkkosalissa saa silmukkajärjestelmä äänisignaalin salin äänenvahvistuslaitteistosta kuten kuvassa 5; mieluiten sellaisesta ulostulosta, johon kaiutinjärjestelmän voimakkuuden säätö ei vaikuta. Joissakin tapauksissa saattaisi olla suotavaa, että silmukkajärjestelmään voitaisiin liittää myös suoraan salimikrofoneja. Hyvin pienissä saleissa, kuten esimerkiksi seurakuntasaleissa, joissa ei tarvita äänenvahvistusta normaalikuuloisille, on kuitenkin tarvetta huonokuuloisten silmukkajärjestelmälle. Tämä käsittää tällöin yhden tai pari mikrofonia, silmukkavahvistimen ja silmukan. [12, s. 6.]



**Kuva 5.** Lohkokaavio kirkkosalin äänijärjestelmästä [12, s. 10; 26, s. 20]

Käytännöllinen ratkaisu seurakunnan pieniin tiloihin on kannettava silmukka-  
vahvistin, joka tarvittaessa kytketään asianomaisen huoneen silmukkaan.  
Jollei huoneessa ole kiinteätä silmukkaa, sinne asennetaan esimerkiksi  
teippaamalla lattiaan tilapäinen silmukka. Kirkkoherranvirastojen ja vastaa-  
vien tilojen palvelutiskien yhteyteen on suositeltavaa hankkia pieni silmuk-  
kajärjestelmä.

Silmukkajärjestelmällä varustetut tilat merkitään T-merkillä (kuva 6), järjestelmästä vastaavan henkilökunnan yhteystiedoilla sekä siitä, millä alueella kirkkosalissa järjestelmä toimii parhaiten. [12, s. 7.]



**TÄNNE ON ASENETTU  
KUUNTELUVAHVISTIN**  
Pidä kuulokojeesi T- tai MT-asennossa

**Kuva 6.** Induktiosilmukasta ilmoittava T-opastetarra

### 5.3 Induktiosilmukkavahvistimien valmistajat ja maahantuojat

Silmukkavahvistimia valmistavat Ampetronic Ltd, BoEdin Ab, Hearing Products International Ltd ja LIC Audio Ab. Danalink Oy tuo maahan BoEdin Ab:n vahvistimia ja Studiotec Oy Ampetronic Ltd:n vahvistimia. Oy Oticon Ab on perustettu alun perin Oy Audium Ab:n nimellä ja tuo maahan LIC Audio Ab:n vahvistimia.

Tarkemmin silmukkavahvistinmallien valmistajat ja maahantuojat ilmenevät hintataulukosta liitteestä 1. Silmukkavahvistinmallien hintoja ja tehoja koskevat tiedot koottiin puhelinhaastatteluilla syys- ja lokakuussa 2005 sekä helmikuussa 2006. Hintataulukon tarkoituksena avustaa valitsemaan sopivan tehoisen silmukkavahvistimen, joka tulee valita lähinnä kuuntelualueen pinta-alan perusteella. Yleensä induktiovahvistimen mallin tunnusnumero vastaa sille sopivaa pinta-alaa neliömetreissä, mutta tiedot on syytä tarkistaa esimerkiksi valmistajien kotisivuilta. [12, s. 8.]

### 5.4 Super Loop System -induktiosilmukkajärjestelmä

Magneettikentän ylikuulumisen voi osittain ratkaista BoEdin Ab:n kehittämällä, edistyneemmällä, Super Loop System -tekniikalla (SLS). SLS-tekniikallakaan ei voida täysin poistaa ylikuulumisongelmaa, vaan ylikuulumisen aiheuttamia ongelmia minimoidaan rajaamalla kenttä vain yhteen tilaan. Ylikuulumisen on niin pientä, että tiloja voidaan rakentaa vierekkäin ja päällekkäin. Rakentamisessa on kuitenkin huomioitava, että kolmea tilaa ei voi olla päällekkäin, vaan kahden päällekkäisen tilan jälkeen on jätettävä yksi kerros väliin. SLS hyödyntää kahta päällekkäistä induktiosilmukkaa, mutta kyseistä tekniikkaa ei ole soveliasta tutkia laajemmin tässä työssä. [19.]



## 6 OHJEITA INDUKTIOSILMUKAN ASENTAMISEEN

### 6.1 Asentajaryitykset

Isommat yritykset kuten Danalink Oy hoitavat isompia induktiosilmukkajärjestelmien asennuksia. Pienemmät yritykset kuten Kuuloinva Oy keskittyvät lähinnä paikallisiin kotiasennuksiin sekä vuokraavat apuvälinekalustoa. [23]

### 6.2 Induktiosilmukan asennuksen suunnittelu

Induktiosilmukan asennuksen suunnittelua, ylikuulumisongelmia ja häiriöitä (kappaleen 6.3) sekä mittauksia (kappaleen 6.4) koskevia ohjeita on koottu lähinnä Helsingin seurakuntayhtymän teknisen isännöitsijän Martti Löppösen luentomonisteesta *Induktiosilmukka* vuodelta 2005 ja IEC:n 60118-4 edition 2.0 CDV-luonnoksesta.

Suunnitteluvaiheessa on tarpeen tutkia ehdotettua sijaintia huomioiden seuraavat ehdot:

- Asennettujen sähkölaitteiden kuten lämmitysjärjestelmien tai valaisimien aiheuttamat magneettiset häiriöt
- Tilan rakenteiden magneettisesti ja sähköisesti johtavien materiaalien vaikutus induktiosilmukkaan
- Suunnitellun silmukkajärjestelmän kanssa päällekkäisten induktiivisten äänensirtojärjestelmien olemassaolo naapurustossa.

[18, s. 8.]

Silmukkavahvistimen koko tulee valita lähinnä kuuntelualueen pinta-alan perusteella. Silmukkavahvistimessa tulisi olla rajoitin tai kompressori signaalin voimakkuuden vaihteluiden minimoimiseksi. [12, s. 8.]

Silmukkajärjestelmän hankalin osa on itse Induktiosilmukka. Varsinkin suurissa saleissa syyt huonoon kuuluvuuteen johtuvat usein induktiosilmukasta. Kirjallisuudessa on esitetty silmukoiden suunnitteluun liittyviä laskentakavoja. Betoniraudoituksen ja muiden rakenteiden vaikutuksesta niiden luotet-

tavuus on kuitenkin käytännön olosuhteissa kyseenalaista. Valmiin rakennuksen tapauksessa onnistuminen on syytä varmistaa suunnitellun silmukan paikalle teipattavalla koesilmukalla. Äänensiirtojärjestelmä suunnitellaan siten, että kaikki äänentoistoon liittyvät laitteet saadaan päälle yhdestä kytkimestä [2, s. 36; 27].

Silmukkajohtimena käytetään muovieristeistä parijohtoa, koska se on mahdollista kytkeä joko yksikierröksiseksi tai kaksikierröksiseksi silmukaksi. Poikkipinnan tulee mieluummin olla turhan suuri kuin liian pieni. Sopiva poikkipinta suurehkoon saliin on  $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$ . Pieneen huoneeseen riittää ohuempi johdin. Silmukkaa ei saa vetää betoniraudoituksen alle vaan pintarakenteisiin.

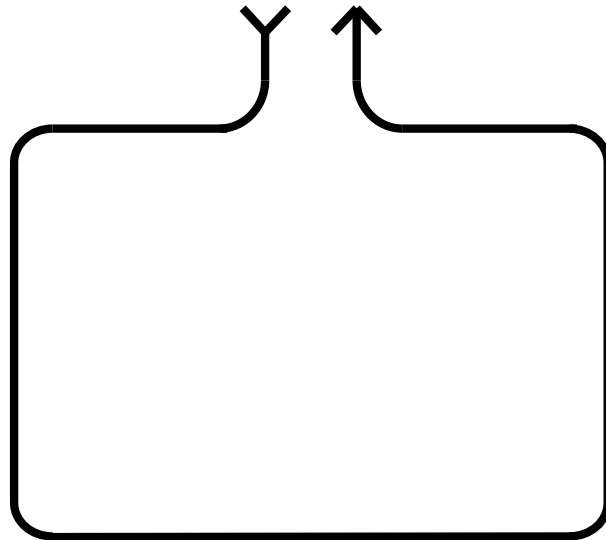
Aivan silmukkajohtimen ylä- tai alapuolella on magneettikenttä vaakasuorassa eikä kuulokoje kykene sieppaamaan sitä kunnolla, koska vastaanotinkela on pystyasennossa. Ratkaisuksi silmukkajohto vedetään kuuntelualueen ulkopuolelle vähintään yksi metri. [12, s. 7 - 8; 28.]

Käytännössä pienten tilojen silmukkajohdin asennetaan

- lattiaan lähelle seinää
- lattian ja seinän yhtymäkohtaan jalkalistan alle
- seinään hieman ovien yläpuolelle
- putkeen hieman lattiapinnan alapuolelle. [12, s. 7.]

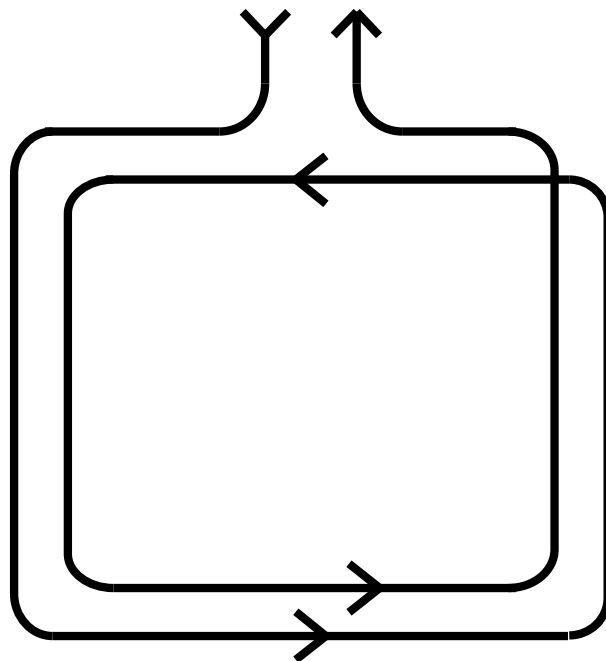
Käytännössä tasaisen kentän saaminen suureen tilaan vaatii induktiosilmukan vetämistä 4 - 6 metrin korkeuteen, sillä induktiosilmukan korkeus ja induktiosilmukkakentän muoto vaihtelevat tilakohtaisesti. Induktiosilmukkakentän muotoa voi muuttaa virran muutoksella (osuu standardialueelle) ja silmukan korkeudella (alueen muoto oikea, tasainen keskeltä). [19.]

Pienissä saleissa riittää yksinkertainen, seinän reunustaa seuraava yksikiertoksinen silmukka kuten kuvassa 7. Silmukajohtimen päät yhdistetään silmukavahvistimen ulostuloon.



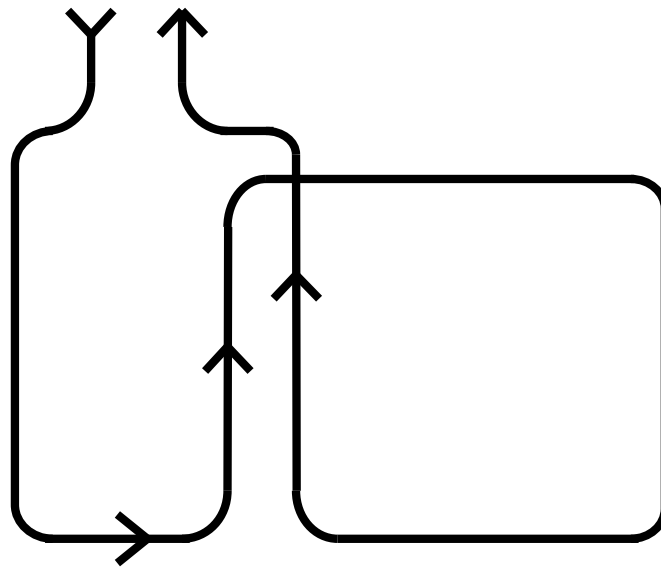
**Kuva 7.** Silmukan muoto (lähde 6 mukailen, s. 12)

Useammat kierrokset eivät yleensä ole tarpeen kuten kuvassa 8, mutta tilasta riippuen näin voidaan vaikuttaa magneettikentän ominaisuuksiin.



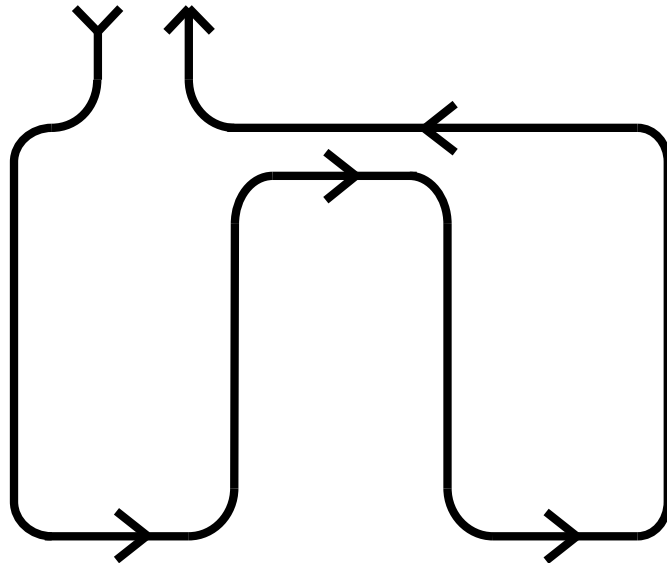
**Kuva 8.** Silmukan muoto (lähde 6 mukailen, s. 12)

Silmukan leveys saisi olla korkeintaan 10 metriä riittävän tasaisen magneetikentän aikaansaamiseksi. Tästä takia suurissa saleissa on syytä käyttää kuva 9 esittämää kahdeksikkosilmukkaa. Kahdeksikon keskipienan samansuuntaiset johdot sijoitetaan esimerkiksi salin keskikäytävälle niin, ettei se tule kuuntelualueelle. Monimutkaisempiin silmukkakuvioidiin on harvoin tarvetta, koska liian leveän silmukan haittavaikutukset voidaan ainakin osittain kompensoida tehokkaammalla silmukavahvistimella.



**Kuva 9.** Silmukan muoto (lähde 6 mukailen, s. 12)

Kuvan 10 e-silmukointi pujottelee esimerkiksi kirkon penkkien väleissä, mutta yleensä malli ei ole suositeltava [12, s.7; 19; 27, linkki Loop Types?].



**Kuva 10.** Silmukan muoto (lähdettä 6 mukailen, s. 12)

Yksi vaihtoehto on asentaa tilaan kiinteä silmukkajohto ja tuoda tarvittaessa kannettava induktiovahvistin liitettäväksi johtoon. Väliaikaisessa järjestelmässä silmukkajohto kulkee kuuntelualueen ympäri näkyvässä, mutta kuuluvuuteen ja äänenlaatuun vaikuttavat samat seikat kuin kiinteässä järjestelmässä. [2, s. 10.]

Salit, joissa on olemassa äänentoistolaitteisto, on helppo varustaa induktiosilmukalla. Silmukkavahvistimen tarvitsema audiosignaali saadaan jo olemassa olevasta vahvistinlaitteistosta. [12, s. 4.]

Etenkin uudisrakentamisessa tai korjaustöiden yhteydessä tulisi induktiosilmukka tai vähintään silmukan vaatima putkitus aina asentaa. Rakennustöiden yhteydessä voidaan silmukkajohto tai -putkitus helposti sijoittaa rakenteiden sisään, eikä se näin häiritse pintarakenteita. Silmukan johto voidaan tällöin myös sijoittaa optimaaliselle korkeudelle. Jälkeenpäin asennettaessa joudutaan aina joko purkamaan valmiita rakenteita tai sijoittamaan johto näkyville.

Vaikka silmukan vaatimia vahvistimia ei hankittaisikaan heti, on silmukkajohdon asentaminen valmiiksi rakennustöiden yhteydessä järkevää. Johdon asennuskustannukset muiden asennus- ja rakennustöiden yhteydessä ovat vain murto-osa valmiiseen saliin tehtävien asennusten hinnasta.

Silmukkajohdon päättäminen sopivin liittimin varustettuun seinärasiaan mahdollistaa myös kannettavien silmukkavahvistimien joustavan käytön. Siirrettävä silmukkavahvistin ja tarvittavat mikrofonit tuodaan tarvittaessa kyseiseen tilaan ja vahvistin kytketään tilaan kiinteästi asennettuun silmukkaan. [12, s. 5.]

Aina silmukkajärjestelmän asennuksen jälkeen huolehditaan, että silmukka toimii moitteettomasti tilan ja kaikkien sen laitteiden ollessa käytössä, kuuluvuus on hyvä ja lopulliset säädöt on suoritettu. Yleensäkin järjestelmän toimivuus on testattava käyttöönottovaiheessa, mutta sen jälkeen myös sopivin väliajoin, sillä esimerkiksi ukkonen rikkoo silmukkavahvistimen hyvin herkästi. Testaukseen on syytä pyytää kuulolaitteen käyttäjää mukaan, sillä normaalikuuloinen ei voi havaita toimintahäiriötä.

Tilaan sijoitetaan selkeä T-opaste (kuva 6) ilmoittamaan induktiosilmukasta. T-opasteen tulee olla riittävän suuri, helposti luettavissa ja kestävä. Induktiojärjestelmän asennuksen yhteydessä on tärkeää huolehtia, että induktiojärjestelmän käyttöohjeet ja tiedot määritellystä magneettikentästä tulisi liittää T-opasteen viereen sekä induktiojärjestelmästä vastaavan henkilön nimi ja kuinka hänet tavoittaa. Samalla varmistetaan, että ainakin joku tilan käyttäjäkunnasta tietää järjestelmän toimintaperiaatteen, osaa testata kuuluvuutta ja opastaa muitakin silmukan käytössä. Jos kuuluvuus vaihtelee tilan eri osissa, kuuntelun kannalta mainitaan erikseen hyvät paikat. Tiskeille tulisi T-opaste sijoittaa paikkaan, missä kuulokojeen käyttäjän odotetaan sijaitsevan. Induktiosilmukkajärjestelmän selkeät käyttöohjeet pitäisi olla saatavilla kuulokojeen käyttäjille tarvittaessa. [2, s. 11; 14, s. 20.]

### 6.3 Ylikuulumisongelmat ja muut häiriötekijät

Induktiosilmukkajärjestelmiä suunniteltaessa on otettava huomioon, että magneettikenttä leviää myös tilan ulkopuolelle. Induktiivinen ääni kuuluu yli viereisiin tiloihin, sillä induktiosilmukan sähkömagneettinen kenttä leviää esteettä ei-magneettisen aineen läpi ympäristöönsä. Silmukoita ei tavallisesti voi asentaa rakennuksen vierekkäisiin tai päällekkäisissä kerroksissa oleviin tiloihin, jos ylikuulumisesta aiheutuvat häiriöt halutaan estää. Nyrkkisäännön mukaan on jätettävä silmukan leveyden verran väliä ennen toiseen tilaan tulevan silmukan asentamista.

Ympäröivien tilojen ja induktiosilmukalla varustetun tilan käyttötarkoitus ratkaisee kuinka tärkeää on estää silmukan ylikuuluminen. Tilaisuudessa on syytä välttää induktiosilmukan käyttöä, mikäli käsiteltävät asiat ovat arkaluontoisia, eikä niiden haluta leviävän muuhun tietoisuuteen missään olosuhteissa. Ylikuuluminen on estettävä oikeussaleissa, lääkärin vastaanotolla ja muissa tilanteissa. Tämä ei saa haitata naapuritilojen käyttäjiä. Induktiosilmukan sijasta käytetään esimerkiksi infrapunajärjestelmää, jonka kohdalla ylikuulumisvaaraa ei ole. [12, s. 5.]

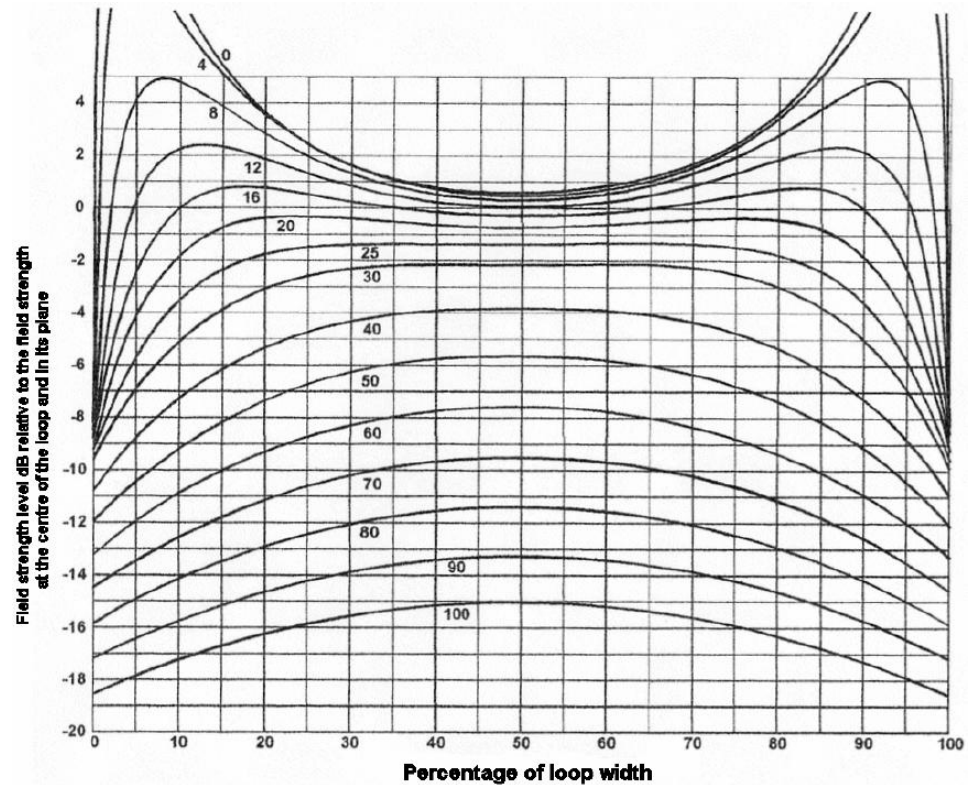
Arkkitehti voi ratkaista ylikuulumishäiriöt tilasuunnittelulla. Yhden metrin suojaväli auttaa jonkin verran, varsinkin isossa tilassa, mutta periaatteessa häiriöalue ylittää silmukka-alueen silmukan leveyden verran. [19.]

Monet tekniset laitteet ja sähköjärjestelmät aiheuttavat häiriöitä silmukan magneettikenttään. Tällaisia häiriölähteitä ovat valaisimien kuristimet ja niiden himmennintekniikka, hissit, tietokoneet, muuntajat ja betoniraudoitus. Induktiosilmukalla kuunneltaessa on syytä sulkea gsm-puhelimet. [2, s. 11; 15.]

Betoni vaimentaa silmukan toimintaa. Häiriöitä silmukan ja vahvistimen välissä voidaan poistaa parikierteellä ja alumiiniputkella. [22.]

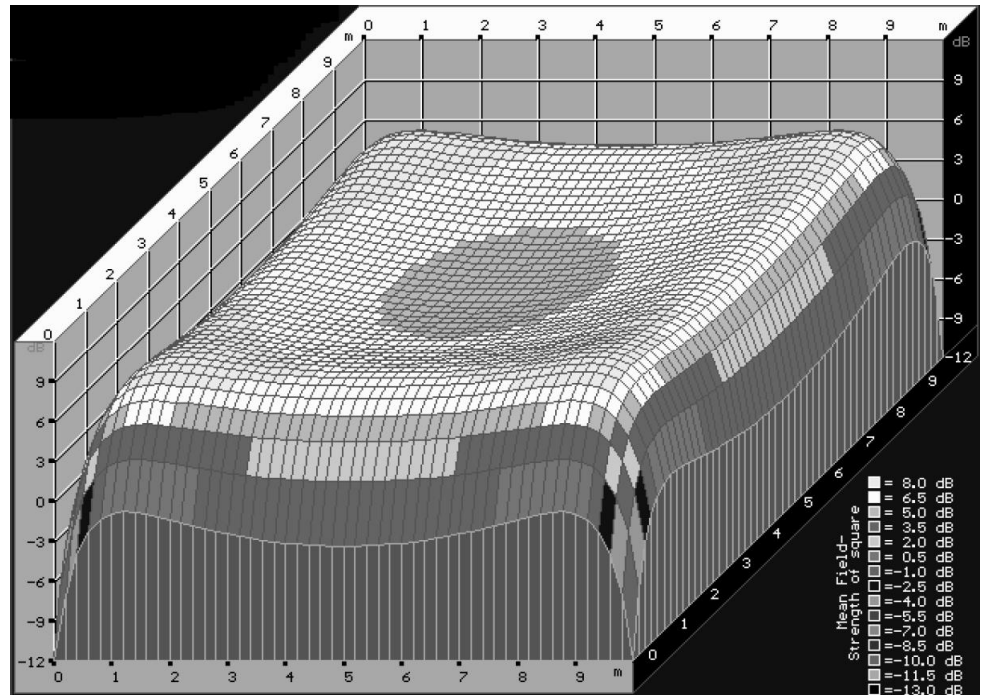
## 6.4 Induktiosilmukan koestaminen

Induktiosilmukkajärjestelmän toiminta tarkistetaan mittaamalla silmukan synnyttämän magneettikentän voimakkuus. Järjestelmää voi kuunnella kuulokojeen T-asennolla sitä paremmin, mitä voimakkaampi magneettikenttä on. Kuvat 11 ja 12 esittävät induktiosilmukan vaihtelevaa kenttävoimakkuutta.



**Kuva 11.** Malli suorakulmion muotoisen induktiosilmukan vaihtelevasta kenttävoimakkuudesta [18, s. 25]





**Kuva 12.** Malli induktiosilmukkakentästä [18, s. 29]

IEC:n standardi 60118-4 antaa suositukset magneettikentän voimakkuudesta. Mittausmenetelmästä on kerrottu myös jo vanhassa ruotsalaisen Nordtestin julkaisussa Hearing aid - induction loop systems: Measurement of the magnetic field characteristic. [29.]

Keskitaajuuskaistan ja magneettikentän tehon asettamiseksi ja mittaamiseksi on mahdollista käyttää useampaa eri testisignaalia. Jotkin signaalit eivät ole sopia kaikkiin tarkoituksiin ja sopivuus riippuu järjestelmän vahvistimen amplitudin ominaisuuksista. Vahvistimen valmistajan suosittelemaa testisignaalia käytetään ellei muun signaalin käyttö ole perusteltavissa. [18, s. 9.]

Koestukseen tarvitaan nauhuri tai äänigeneraattori, mielellään jalustassa oleva kaiutin, desibelimittari ja magneettikenttävoimakkuuden mittari. Ääni-järjestelmän mikrofoniiin (kirkossa esimerkiksi saarnatuolin mikrofoniiin) syötetään kaiuttimella puhdasta 1 000 Hz (tai 500 Hz) siniääntä. Kaiuttimen on syytä olla melko lähellä mikrofontia. Mikrofontiin osuvan äänen painetaso mitataan mikrofontin läheltä äänentasomittarilla.

Magneetikentän arvot mitataan salin yleisöalueelta. Muutamissa salin pisteissä on mittaus syytä tehdä myös taajuuksilla 100 Hz ja 5 000 Hz, jotka edustavat silmukkakanavan ylä- ja alarajataajuuksia.

Järjestelmää testataan puhumalla mikrofoniin tai syöttämällä järjestelmään nauhoitettua ääniohjelmia. Huonokuuloinen testaaja kuuntelee tulosta kuulokojeellaan (T-asennossa) ja normaalikuuloinen kuuntelulaitteella.

Yleisesti paras mittari silmukan toimivuuden testauksessa on kuulolaitetta käyttävä henkilö. Silmukka toimii tarkoituksenmukaisesti, kun koehenkilö kokee kuulevansa riittävän ymmärrettävästi ilman häiriöitä. [12, s. 8 - 9.]

## 7 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Alunperin työ suunniteltiin toteutettavaksi ainoastaan kirjallisuuskatsauksena. Tietoja jouduttiin kuitenkin hankkimaan ja kokoamaan haastatteluin muun lähdemateriaalin puuttuessa, mikä oli työn tuloksellisuuden kannalta toimiva ratkaisu. Näin löytyi esimerkiksi IEC standardin 60118-4 edition 2.0 CDV-luonnos.

Induktiosilmukoita käytetään ympäri maailmaa, ja niiden vaatimukseksi on asetettu IEC:n tuella kehitetty kansainvälinen standardi 60118-4 (Euroopassa EN 60118-4). Standardi määrittelee magneetikentän vahvuuden, taajuusvasteen ja näiden vaatimusten mittausmenetelmät. Standardista on tulossa uusi versio, joka tarkentaa teknisiä ehtoja ja suosittaa sopivia testisignaaleja mittauksia varten. Ennen tietoliikennelaitteiden tai ohjelmistojen valmistamista kaupalliseen käyttöön on syytä perehtyä Suomen Standardisoimisliiton toimittamiin suosituksiin. Joidenkin laitteiden kohdalla vaaditaan, että ne täyttävät nämä suositukset ennen julkisiin puhelin- ja tietoverkkoihin liittämistä. [13, s. 4 - 6.]

Vuonna 1992 Risto Laakkonen teki Kuulonhuoltoliitolle valtakunnallisen julkisten tilojen apuvälinekartoituksen liittyen insinööriyöhönsä. Valitettavasti työtä ei ollut saatavilla vertailtavaksi. Vuonna 1993 Reijo Kuusinen teki kyselytutkimuksen *Miten kuulovammainen selviytyy meluisassa ympäristössä*

yhteistyössä ympäristöministeriön kanssa. Tutkimukset osoittivat puutteita julkisten tilojen kuunteluoloissa. Apuvälineitä oli riittämättömästi tai ne eivät toimineet. Tilojen akustiset heikkoudet ja taustamelu vaikeuttivat erityisesti asiakaspalvelua. Vuonna 1994 Hannu Havas ja Marja Nissinen tekivät selvityksen *Kuinka kuulovammaiset otetaan huomioon julkisessa rakentamisessa*. Se osoitti, että rakentamisessa ja suunnittelussa ei oteta kuulovammaisten tarpeita johdonmukaisesti huomioon. Tämän todettiin johtuvan enemmän rakennuttajien ja suunnittelijoiden tiedon puutteesta kuin kielteisestä asenteesta. [2, s. 2.]

Yksinään toimiva induktiosilmukkakaan ei kaikissa tapauksissa auta. Helsinki kaikille -projektinjohtaja Pirjo Tujula kirjoittaa sähköpostiviestissään:

Induktiosilmukka ei yksin riitä esim. itse kuulen paremmin ns. 1-asennolla kuin induktiosilmukan käytön mahdollistavalla MT-asennolla. [30.]

Huonokuuloisen kannalta äänentoistojärjestelmän laadun lisäksi ovat tärkeitä käyttäjien opastus ja selkeät esillä olevat ohjeet. Äänentoistojärjestelmien yleisin ongelma on, että ne jätetään käyttämättä selkeiden ohjeiden puuttuessa. [2, s. 10.]

## YHTEENVETO

Työ käsitteli kuulolaitteen käyttäjien apuvälineenä käytettävien induktiosilmukoiden tekniikkaa. Työn tavoitteena oli päivittää aiempien tutkimuksien antamaa tietoa kokoamalla uutta tietoa induktiosilmukoiden tekniikasta. Kirjallisuustutkimuksen lisäksi kartoitettiin nykyinen silmukkavahvistinkanta haastatteleamalla maahantuojia ja jälleenmyyjiä. Silmukkavahvistinmallien hinta- ja tehokartoituksen tarkoituksena oli rakentaa perusteet sopivan tehoksen ja hintaisen vahvistimen hankinnalle suunniteltaessa induktiivisella äänensiirtojärjestelmällä varustettavia tiloja. Nyt vahvistimen soveltuvuuden asennettavan tilan alaan voi varmistaa vahvistimen mallista, jossa on kuvattu silmukkavahvistimen kattamia pinta-aloja. Aihetta olisi voinut käsitellä paljon perusteellisemmin.

Työ esitteli induktiivisen äänensiirtojärjestelmän ensisijaisen kohderyhmän, henkilökohtaisia kuulokojeita käyttävien huonokuuloisten keskeisiä tarpeita ja heidän käyttämäänsä apuvälinetekniikkaa. Työ selvitti audiotekniikan perusteita, sähkömagneettisen induktioilmiön, induktiivisen äänensiirtojärjestelmän rakenteen, sen ylikuulumisongelmat ja häiriötekijät sekä IEC:n 60118-4 edition 2.0 standardin CDV-luonnoksen mukaiset periaatteelliset asennus- ja mittausohjeet. IEC:n uudet standardit osoittavat osaltaan kuuntelu ympäristön parantamiseen kohdentuvan kehittämistyön ajankohtaiset haasteet.

Työn tuloksena saatua tietoa voidaan käyttää Kuulonhuoltoliitto ry:n opas- ja tiedotusmateriaalin uudistamisessa, tietopohjana hyvän kuuntelu ympäristön malliratkaisujen ja esteettömyyskriteerien soveltamisessa. Työstä on hyötyä varsinkin Kuulonhuoltoliitto ry:n vapaaehtoisille kuuntelu ympäristön kartoittajille, kuten myös kenelle tahansa aiheesta syvemmin kiinnostuneelle.

Aiheen laajuudesta ja standardoimistoiminnan nykyisestä vaiheesta johtuen aivan kaikkea kartoitettua aineistoa ei ole voitu laajemmin käsitellä vielä tässä yhteydessä. Esimerkiksi Super Loop System -järjestelmän hyötyjä ja tarkempia asennus- ja koestusohjeita olisi syytä tutkia jatkossa yksityiskohtaisesti. Työn esittelemiä aihealueita käsitellään tarkemmin kirjoissa *Audiokirja* [31], *Korvat ja kuuleminen* [32] ja *Kuulo ja viestintä* [33].

## LÄHTEET

- [1] Esteetön kuuntelu. *Kuulonhuoltoliiton Esku-projekti*. Esite. Kuulonhuoltoliitto ry. 2004.
- [2] Hiippala, Heikki - Härkänen, Eeva - Rasa, Jukka - Turunen, Maire, *Kuuntelemiseenkin voi kompastua. Kuunteluolosuhteiden kartoitus ja kehittäminen Etelä-Pohjanmaalla. Loppuraportti*. Etelä-Pohjanmaan Kuulonhuoltoyhdistys ry. 8.5.2001.
- [3] Bjålie, Jan G. - Haug, Egil - Sand, Olav - Sjaastad, Øystein, V. - Toverud, Kari, C. *Ihminen - Fysiologia ja anatomia*. WSOY. 1999.
- [4] Mäkelä, Mikko - Mäkelä, Riitta - Siltanen, Olavi, *Insinöörikoulutuksen fysiikka 2. Tammertekniikka*. Gummerus Kirjapaino Oy. 2000.
- [5] Arminen, Erkki - Mäkelä, Riitta - Mäkinen, Erkki - Puhakka, Pertti - Vierinen, Kari, *Fysiikan laboratoriotyöt*. Tammertekniikka. Gummerus Kirjapaino Oy. 1999.
- [6] *Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738*. Työsuojelupiirit [viitattu 17.4.2006]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/s20020738/636#20020738>
- [7] *Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroilta 26.1.2006/85*. Työsuojelupiirit [viitattu 17.4.2006]. Saatavissa: <http://www.tyosuojelu.fi/fi/s20060085/1080>
- [8] *Introduction to Induction Loops - What are they? Basic Information*. Ampetronic Ltd [viitattu 17.4.2006]. 2002 - 2006. Saatavissa: <http://www.ampetronic.com/info/introduction.php>
- [9] *Suomen perustuslaki 11.6.1999/731*. Oikeusministeriö. Finlex - Valtion säädöstietopankki [viitattu 17.4.2006]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990731>

- [10] *Suomen rakentamismääräyskokoelma F1. Esteetön rakennus. Määräykset ja ohjeet 2005.* Ympäristöministeriö. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu [viitattu 17.4.2006]. Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=24296&lan=fi>
- [11] *Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.* Ympäristöministeriö. Finlex - Valtion säädöstietopankki [viitattu 17.4.2006]. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- [12] Löppönen, Martti, *Induktiosilmukka.* Luentomoniste. Helsingin seurakuntayhtymä. 19.4.2005.
- [13] Granlund, Kari, *Tietoliikenne.* Teknolit Oy. Gummerus Kirjapaino Oy. 2000.
- [14] Mattila, Hannu, sähköpostiviesti 9.2.2006. Studiotec Oy.
- [15] *Induction Loop International Standards.* Ampetronic Ltd [viitattu 17.4.2006]. 2002 - 2006. Saatavissa:  
<http://www.ampetronic.com/standards/standards.php>
- [16] Kunnala, Eha, sähköpostiviesti 9.2.2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- [17] Saarela, Sanna, sähköpostiviesti 10.2.2006. SESKO Myynti.
- [18] *IEC 60118-4 edition 2.0 CDV-luonnos.* International Electrotechnical Commission. 2004.
- [19] Rasa, Jukka, haastattelu 14.2.2006. Kuulonhuoltoliitto ry.
- [20] AKG Acoustics, U.S., *AKG® D 880M, D 880M S, D 880M / TM 40 User Instructions.*
- [21] Asumaa, Jukka - Koivistoinen, Virpi - Mela, Marjukka, *Kuulovammaisen apuvälineet.* Kuulonhuoltoliitto ry. 1993.
- [22] Löppönen, Martti, haastattelu 22.11.2005. Helsingin seurakuntayhtymä.

- [23] Parviainen, Marko - Silvasti, Kari, haastattelu 22.2.2006. Kuuloinva Oy.
- [24] Tarkka, Pertti - Hietalahti, Lauri, *Piirianalyysi 2*. Helsinki: Edita, 2004.
- [25] Rasa, Jukka, *Esku-Powerpoint-luento / Induktiosilmukka*. Powerpoint-esitys. 2004, 2005.
- [26] Borenus, Juhani, *Kirkkotilojen äänijärjestelmät*. 1991.
- [27] *Induction Loop Issues - Key Questions and Answers*. Ampetronic Ltd [viitattu 17.4.2006]. 2002 - 2006. Saatavissa:  
<http://www.ampetronic.com/info/keyissues.php>
- [28] Rasa, Jukka, haastattelu 22.11.2005. Kuulonhuoltoliitto ry.
- [29] *Hearing Aid - Induction Loop Systems: Measurement of the Magnetic Field Characteristics*. Nordtest [viitattu 17.4.2006]. Saatavissa:  
<http://www.nordicinnovation.net/nordtestfiler/acou014.pdf>
- [30] Tujula, Pirjo, sähköpostiviesti 9.2.2006. Helsinki kaikille -projekti.
- [31] Blomberg, Esa - Lepoluoto, Ari, *Audiokirja - Audiotekniikkaa ammattilaisille ja kehittyneille harrastajille*. Tapiolan viestintäsuunnittelu Oy. Forssan Kirjapaino Oy. 1991.
- [32] Huttunen, Kerttu - Sorri, Martti - Viita, Heli, *Korvat ja kuuleminen*. Suomen kuurosokeat ry. Kirjapaino PMK Oy. 1998.
- [33] Jauhiainen, Tapani, *Kuulo ja viestintä*. Yliopistopaino. 1995.

Taulukko 1. Maahantuojaisten vahvistinkanta ja hinnat

Vahvistin	Malli	Hinta (alv 0%)	Hinnasto	Valmistaja	Maahantuoja / Jakelija
Ampetronic	ILD-100	520,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-122	630,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-20	360,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-60	530,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-300	685,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-500	855,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-15BB	945,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-252	970,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Ampetronic	ILD-9	1215,00	helmi.06	Ampetronic Ltd.	Studiotec Oy
Echo	MegaLoop	160,00	helmi.06	Hearing Products International Ltd.	KL Support Oy
Echo	MegaLoop+	195,00	helmi.06	Hearing Products International Ltd.	KL Support Oy
Echo	Salkku (lii- kuteltava)	210,00	helmi.06	Hearing Products International Ltd.	KL Support Oy
Echo	DeskLoop	290,00	helmi.06	Hearing Products International Ltd.	KL Support Oy
Echo	MasterLoop	985,00	helmi.06	Hearing Products International Ltd.	KL Support Oy
LIC Audio	XL-12	154,70	syys.05	LIC Audio Ab	Oy Oticon Ab
LIC Audio	XL-50	210,20	syys.05	LIC Audio Ab	Oy Oticon Ab
LIC Audio	XL-150	322,00	syys.05	LIC Audio Ab	Oy Oticon Ab
LIC Audio	XL-150M	496,20	syys.05	LIC Audio Ab	Oy Oticon Ab
LIC Audio	XL-150	322,00	syys.05	LIC Audio Ab	Oy Oticon Ab / Kuulopiiri Ky
LIC Audio	XL-150M	496,00	syys.05	LIC Audio Ab	Oy Oticon Ab / Kuulopiiri Ky
Univox	70 A	295,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / Kuulopiiri Ky
Univox	DLS-380	370,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / Kuulopiiri Ky
Univox	PLS-100	570,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / Kuulopiiri Ky
Univox	PLS-300	820,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / Kuulopiiri Ky
Univox	650	1015,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / Kuulopiiri Ky
Univox	2 A+	179,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / FinFonic Oy
Univox	1 A	197,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / FinFonic Oy
Univox	DLS-70	295,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / FinFonic Oy
Univox	DLS-380	370,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / FinFonic Oy
Univox	39 M	550,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / FinFonic Oy



**Taulukko 1.** Maahantuojien vahvistinkanta ja hinnat

<b>Vahvistin</b>	<b>Malli</b>	<b>Hinta (alv 0%)</b>	<b>Hinnasto</b>	<b>Valmistaja</b>	<b>Maahantuoja / Jakelija</b>
Univox	PLS-300	820,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / FinFonic Oy
Univox	PLS-700	1015,00	syys.05	BoEdin Ab	Danalink Oy / FinFonic Oy
Univox	2 A+	185,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	1 A	204,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	DLS-70	305,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	DLS-380	380,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	PLS-100	590,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	PLS-300	840,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	PLS-700	1050,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	PLS-900	1310,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	SLS-100	1145,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	p-LOOP	1354,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	SLS-300	2060,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy
Univox	SLS-700	2435,00	loka.05	BoEdin Ab	Danalink Oy