

TUTKIMUS-  
YHTEENVETO

# MELUN VAIKUTUKSET OPETUSTILOISSA



**Ecophon**  
SAINT-GOBAIN

# MELUN VAIKUTUKSET OPETUSTILOISSA

Kouluissa melutasot voivat nousta huomattavan korkeiksi, mikä vaikuttaa kielteisesti opettajiin ja opiskelijoihin. Mutta kuinka paljon ja missä määrin? Ja miten voimme parantaa oppimisympäristöjä niin, että ne aidosti helpottavat tiedon esteetöntä jakamista?



## Tästä yhteenvedosta selviää, mitä tutkimukset sanovat seuraavista aiheista:

- Suositukset terveellisistä melutasoista ja miten ne suhteutuvat tavanomaisen koulun vallitseviin tasoihin
- Miten varmistetaan hyvä ääniympäristö kouluissa
- Miten melu vaikuttaa opiskelijoiden oppimiskykyyn ja käyttäytymiseen
- Miten melu vaikuttaa opettajiin ja mitä terveysriskejä meluun liittyy
- Äänen vaikutus keskittymiseen ja ärsytystasoon opettajissa ja opiskelijoissa
- Akustiikka osallistavan oppimisen tukena
- Melutasot ja avoimet opetustilat
- Miten melu vaikuttaa heikoimmassa asemassa oleviin

Tiedot perustuvat professori Bridgette Shieldin monivuotiseen ja laajaan kirjallisuustutkimukseen, joka on ollut korvaamaton lähde tämän yhteenvedon tekemisessä. Viitteet löydät sivulta 39.

# MELUN VAIKUTUKSET OPETTAJIIN JA OPPILAIISIIN

Tiedämme, että laadukas opetus\* on suurin yksittäinen tekijä, joka voi parantaa oppimista. Jotta **opettajat** voisivat onnistua työssään vieläkin paremmin, haluamme osoittaa, että hyvä akustiikka on olennainen osa tervettä oppimisympäristöä ja siten opettamisen perusedellytyksiä. Tutkimusten perusteella akustiikan parantaminen on kriittistä opettajien työhyvinvoinnille:

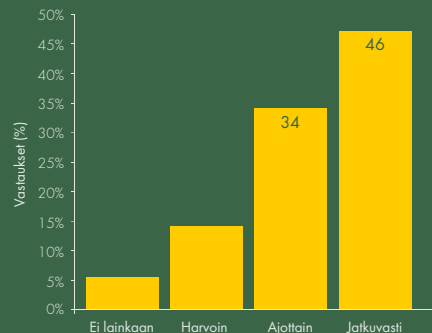
- Yli 65 % kyselyyn vastanneista opettajista on kokenut ääniongelmia uransa aikana<sup>2</sup>
- Opettajista 32 % ilmoitti kokeneensa ääniongelmia, kun vastaava luku muiden ammattiryhmien keskuudessa oli vain 1 %<sup>3</sup>

Meidän on alettava myös **oppilaita** sopeutumaan nopeasti muuttuviin yhteiskuntiimme. Opiskelijat tarvitsevat 2000-luvulla yhteistyötaitoja, viestintävalmiuksia, luovuutta ja kriittistä ajattelukykyä. Nämä taidot edellyttävät aktiivista vuorovaikutusta – mikä toisaalta tuo lisää melua luokkahuoneeseen. Akustisen ympäristön merkitys onkin tärkeämpi kuin koskaan aiemmin.

## Hyvän akustiikan avulla:

- Jopa 13 % enemmän oppilaita ylittää tavoitteisiin valtakunnallisissa tasokokeissa<sup>4</sup>
- Oppilaat ottavat toisensa paremmin huomioon ja yhteistyö sujuu<sup>5</sup>
- Tiimityöskentelyn äänitaso vähenee 13 dB (odotetun teoreettisen arvon ollessa 3 dB)
- Keskittyminen paranee ja väsymys vähenee

## 80 % opettajista kokee stressiä luokkahuoneen melusta<sup>1</sup>



## ÄÄNI- JA MELUTASOT

### TODELLISUUS VS. SUOSITUS

#### Äänen mittaaminen

Äänenvoimakkuuden ja äänenpaineen logaritminen mittayksikkö on desibeli (dB)\*. Äänienergian kaksinkertaistaminen – lisäämällä esimerkiksi tuplamäärän kaiuttimia huoneeseen – johtaa 3 dB:n äänitason nousuun. Tason nostaminen 10 dB:llä synnyttää äänen, joka on kaksi kertaa voimakkaampi.

#### Sopivat äänitasot ja opetustiloja koskevat akustiikkaohjeet

Tutkimukseen perustuvat ohjeistukset tarjoavat sopivat akustiset raja-arvot luokkahuoneissa sekä keskivertokuuntelijalle että niille, joilla on haasteita oppimisessa tai kuulemisessa. Tässä esitetyt arviot takaavat riittävän puheen

\* Esitteessä mainittu dB tarkoittaa aina dB(A)



ymmärrettävyyden ja sujuvan vuorovaikutuksen. Oletusarvona on tyhjän tilan taustamelutaso sekä sen yli selkeästi kantavan puheäänenvoimakkuuden erotus.

- Taustamelun enimmäismäärä tyhjässä huoneessa 30–35 dB<sup>7,8</sup>
- Sujuvan puheviestinnän kannalta signaali-kohinasuhteen (SNR) on oltava vähintään 15–20 dB<sup>9</sup>
- Oppimistiloissa, joissa puheviestintä on tärkeää, jälkikaiunta-ajan (RT) tulisi noin 0,5 sekuntia (suositeltu vaihteluväli 0,3–0,6 s.)

### Tyypillisiä äänitasoja desibeleinä

Suihkukone (etäisyys 100 m)	120 dB
Teräslevyn niittäys (10 m)	105 dB
Paineilmapora (10 m)	90 dB
Pyörösaha / sirkkeli (10 m)	80 dB
Raskas tieliikenne (10 m)	75 dB
Soittokello (10 m)	65 dB
Miehen puheääni (10 m)	50 dB
Kuiskaus (10 m)	25 dB

## LUOKKAHUONEEN KESKIMÄÄRÄINEN MELUTASO

**Koulujen melutasoon vaikuttaa pääasiassa kolme tekijää:**

- Ulkoa kantautuva melu (mm. liikenne)
- Oppilaiden tuottama melu
- Mekaaniset äänilähteet huoneen sisällä (mm. ilmanvaihto, projektorit, tietokoneet)

Tutkimuksessa<sup>10</sup> selvitettiin oppituntien aikaista melutasoa sadoissa koululuokissa. Huomattiin, että äänekkäämmissä luokahuoneissa oppilaiden oppimistulokset ja käyttäytyminen olivat huonompia.

### **OPPITUNTIEN AIKAINEN MELUTASO VAIKUTTAA OPPIMISKYKYYN:**

Tutkimustulokset paljastivat, että luokat, joissa melutaso oli korkea, suoriutuivat huomattavasti huonommin lukutehtävissä kuin luokat, joissa melutaso oli alhaisempi. Tämä viittaa siihen, että melua vähentävät akustiset ratkaisut hyödyttävät lasten lukutaitoa.

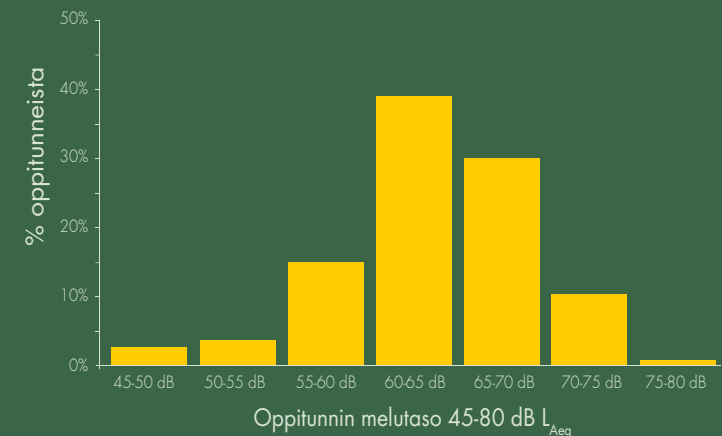
### **LAINSÄÄDÄNTÖ JOHTAA TODELLISIIN PARANNUKSIIN:**

Kouluakustiikkaa koskevan lainsäädännön käyttöönotto Englannissa ja Walesissa vuonna 2003 tuplasi niiden koulujen määrän, joissa on optimaalinen ääniympäristö oppilaille. Tämä osoittaa, että koulut ympäri maailmaa voivat hyötyä suuresti lakiin perustuvasta akustisesta standardoinnista.

### **AKUSTISET OLOSUHTEET VAIKUTTAVAT KOGNITIOON JA KÄYTTÖKSEEN:**

Aika, joka oppilailla menee kuulemista häiritsevistä keskeytyksistä (esim. puhe tai huuto) toipumiseen, osoittaa, että korkea melutaso voi vaikuttaa kielteisesti opiskelijoiden keskittymiskykyyn<sup>4,10</sup>. Korkea melutaso on yhdistetty myös alhaisempiin pisteisiin luku- ja kirjoituskokeissa<sup>4</sup>. Vaikutukset ovat vielä suuremmat niiden lasten kohdalla, joilla on erityistarpeita<sup>11</sup>.

### **Meluselvitys 274 oppitunnista<sup>10</sup>**









# SUJUVAA PUHEVIESTINTÄÄ

## TUKEVA AKUSTIIKKA

On olemassa kaksi selkeää seikkaa, jotka vaikuttavat koulun ääniympäristöön: melu ja jälkikaiunta-aika\*. Luokkahuoneissa melua tulee monista lähteistä: ulkoa, rakennuksen teknisistä järjestelmistä (lämmitys, valaistus, ilmastointi), opetusvälineistä (projektorit, tietokoneet) sekä – yhä enemmän – oppilaista itsestään.

Puheen laatu ja erotettavuus riippuvat sekä ympäröivästä melutasosta että äänten kaikumisesta. Äänet heijastuvat huoneen pinnoista – seinistä, katosta, lattiasta, pöydistä ja valkotauluista – ja voivat samalla voimistua. Kovista ja tasaisista pinnoista heijastuva ääni heikentää puheen laatua, sillä viiveänet peittävät reaaliaikaista puhetta.

Puheviestinnän kannalta hyvä akustiikka on kriittinen asia. Jotta kaikkia viestinnän osa-alueita – puhumista, kuulemista ja kuuntelemista – voidaan tukea, on tarkasteltava rakennus- ja akustista suunnittelua eri näkökulmista.

### Keskeiset keinot sisäisten äänilähteiden hallintaan:

- Sisäisen melutason alentaminen esim. laitteita ja toimintoja säätämällä
- Jälkikaiunta-ajan lyhentäminen ei-toivottujen heijastusten minimoimiseksi
- Puheen ymmärrettävyyden optimointi jälkikaiunta-aikaa lyhentämällä ja signaali-kohinasuhdetta (SNR) kasvattamalla

### Keskeiset keinot ulkoisten äänilähteiden hallintaan

Riittävä äänieristys sekä huoltomelun ja muista tiloista kantautuvien äänten minimointi.



\*Jälkikaiunta-aika (RT) on aika, jona äänenpainetaso laskee 60 dB äänilähteen sulkemisen jälkeen. Siihen vaikuttaa suoraan ääntä vaimentavien materiaalien määrä huoneessa. Optimaalinen RT puheelle on noin 0,5 sekuntia, mutta pidemmät, jopa 2 sekunnin ajat ovat hyväksyttävissä tiloissa, joissa puheella on toissijainen rooli (esim. musiikkisalit).

## MELUN VAIKUTUS OPPIMISKYKYYN

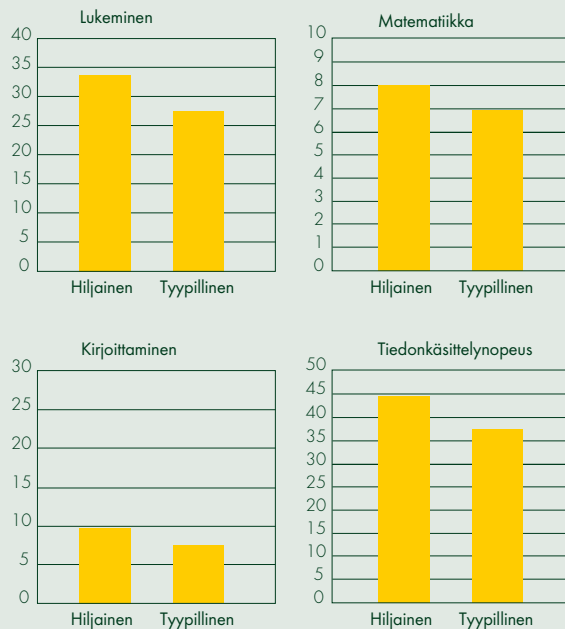
Tutkimuksessa<sup>4</sup> vertailtiin taustamelun eri tasoja ja niiden vaikutusta oppimiseen. Kun verrattiin “hiljaisen” ja “tyypillisen” taustamelutason vaikutusta tavanomaisiin oppimistehtäviin, tutkijat löysivät suuria eroja suorituskyvyssä.

Hiljaisemmassa ääniympäristössä oppilaille jää enemmän aikaa tiedon prosessointiin ja heidän tuloksensa ovat tarkempia.

Tutkimuksen mukaan liian korkea melutaso heikentää nuorten kykyä ymmärtää lukemaansa tekstiä. Vaikutus kasvoi merkittävästi, mikäli oppilasta häiritsti lisäksi jokin muu tekijä, kuten kylmä luokkahuone tai liian vähäinen yöuni.

*Tyypillinen 65 dB:n melutaso luokassa vaikuttaa merkittävästi sanallisten ja matemaattisten tehtävien suorittamiseen.*

**Opetustilanteen melutason vaikutukset alakoulukäisten suorituksiin**



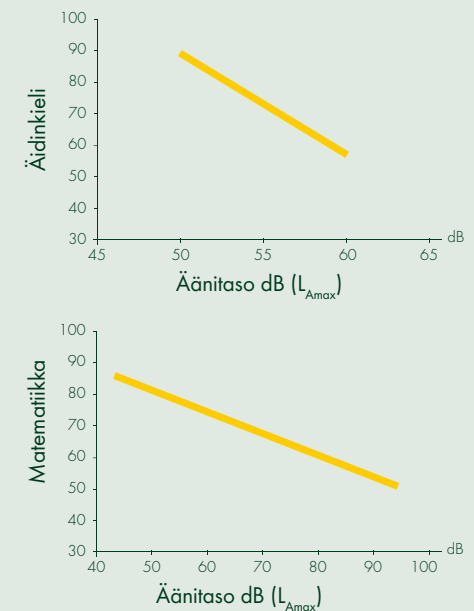
## MELU VAIKUTTAA KIELELLISEEN PROSESSOINTIIN

Standarditesteihin perustuva tutkimus<sup>4</sup> osoittaa, että melu heikentää oppilaiden suorituksia selvästi. Eniten melusta kärsii kielellinen suorituskyky.

Tutkimuksessa vertailtiin oppilaiden tuloksia erilaisissa taustameluolosuhteissa, ja voimakkaan melun ja heikompien tulosten välillä on nähtävissä selvä yhteys monissa oppiaineissa.

Eniten melu kuitenkin vaikutti kielellisiin testeihin. Tulokset osoittivat, että luokkahuoneiden taustamelu häiritsee yleisesti oppilaiden kielellistä prosessointikykyä.

**Kun äänitaso nostettiin, tulokset heikentyivät selvästi kahdessa perusoppiaineessa – kaikkein eniten äidinkielenä.**



# HYVÄ AKUSTIIKKA PARANTAA PUHEEN YMMÄRRETTÄVYYTTÄ YLI 35 %

Merkittävän tutkimuksen<sup>11</sup> mukaan koululuokkien meluongelmien syynä eivät useimmiten ole ulkopuolelta kantautuvat äänet, vaan oppilaiden oma toiminta opetustilanteessa.

## A-luokan akustiikkakaton asennuksella:

- Oppilaiden kyky tunnistaa sanoja parantui 35 %
- Havaittava äänitaso alentui 50 %

## Melutason alentaminen vaikuttaa käyttäytymiseen

A-luokan akustiikkakattolevyjen odotettiin alentavan tyhjän luokkahuoneen teoreettista äänitasoa 3 desibelillä. Merkittävin muutos havaittiin kuitenkin ihmisten käyttäytymisessä: kun kenenkään ei tarvinnut korottaa ääntään tullakseen kuulluksi ja ymmärretyksi, oppilaat ja opettajat alkoivat puhua hiljempaa välittömästi. Puheäänet alentuivat 7 dB ja yleinen äänitaso 10 dB.

## Oppiminen tiimeissä tehostuu

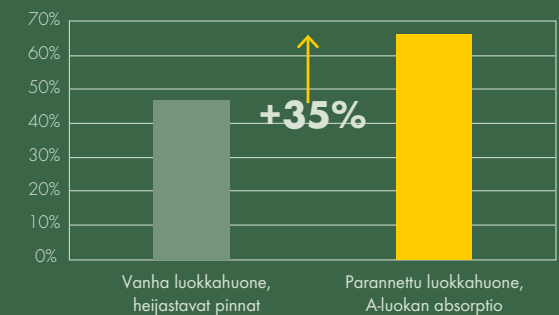
Akustiikan parantaminen vähensi taustamelua ja lyhensi jälkikaiunta-aikaa, ja tämän myötä oppilaiden kyky erottaa sanoja parantui. Parannus näkyi selkeimmin tilanteissa, joissa useat oppilaat puhuivat yhtä aikaa.



*Työntekijöiden mielestä akustiikan parantaminen on muuttanut tilannetta valtavasti. He saavat äänensä kuuluville huutamatta, ja ilmapiiri on luokassa yleisesti levollisempi ja rennompi. Se on todella hyvä asia.*

BALGREENIN PERUSKOULUN REHTORI CATHERINE DOUGLAS

## Oikein tunnistetut sanat, %



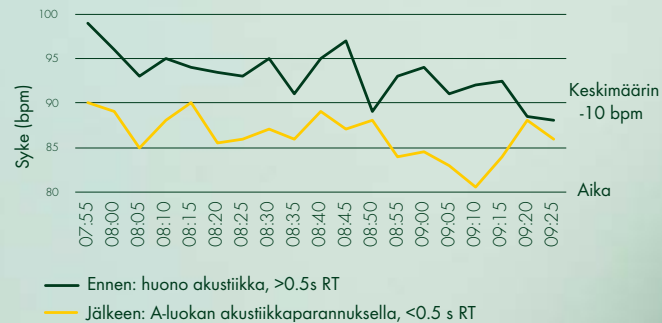


## HYVÄ AKUSTIIKKA ALENTAA SYKETTÄ

Kun tutkimuksista kävi ilmi, että 80 % opettajista stressaantuu opetustilojen meluisuudesta, alettiin tutkia stressin lievittämistä paremman ääniympäristön avulla. Samalla haluttiin tutkia melun aiheuttamia todellisia reaktioita opettajissa ja oppilaissa<sup>1</sup>.

**A-luokan absorptiolevyillä vaimennetuissa luokissa opettajien syke alentui 10 lyönnillä minuutissa (bpm).**

### Opettajien syke hyvässä ja huonossa ääniympäristössä:



### Mihin reaktio perustuu?

Jos luokahuoneessa on huono akustiikka, äänit vahvistuvat kimmotessaan katosta ja seinistä. Tästä muodostuu taustamelua, joka vääristää puhetta. Äänitasot nousevat yhä korkeammiksi, sillä oppilaiden ja opettajien on korotettava ääntään saadakseen viestinsä perille. Usein ympäristön stressaavuus tuntuu lisääntyvän opetuksen (tai päivän) edetessä.

**P.S. Katso myös sivulla 20 käsiteltyä tutkimusta keskittymiskyvystä ja Lombard-ilmiöstä.**

### Melun ja jälkikaiun vähentäminen vähentää stressiä

Kun luokahuoneiden akustiikkaa parannetaan, ympäristö rauhoittuu ja läsnäolijat ovat levollisempia, jolloin myös opettajien syke alentuu. Opettajat kokevat huomattavasti vähemmän stressiä luokahuoneissa, joissa jälkikaiunta-aika on alle 0,5 sekuntia.



# ÄÄNIONGELMAT

## UHKAAVAT OPETTAJIEN TYÖURIA

Monet tutkimukset valitettavasti osoittavat, että opettajat kärsivät ääniongelmista enemmän kuin muut ammattiryhmät.

### Opettajien ääniterveyden riskitekijät

- Yli 65 % kyselyyn vastanneista opettajista oli kokenut ääniongelmia uransa aikana<sup>2</sup>
- Opettajien osuus äänihäiriödiagnoosin saaneista henkilöistä oli 16,2 %, vaikka ammattikunnan osuus työmarkkinoilla oli vai 2 %<sup>12</sup>
- 32 % opettajista sanoi kokeneensa ääniongelmia; muun henkilökunnan kohdalla suhdeluku oli 1 %<sup>3</sup>



Ääniongelmien riski  
**on yli kaksinkertainen**

opettajan ammatissa  
verrattuna muihin  
ammatteihin.

# ÄÄNIONGELMIEN VAIKUTUS

## OPETTAJIEN TYÖHYVINVOINTIIN

Mittavassa vertailututkimuksessa<sup>13</sup> selvitettiin kahden ryhmän: opettajien ja oppilaitosten muun henkilöstön työperäisiä ääniongelmia ja poissaoloja. Tutkimus kesti ennakkokysely mukaan lukien yhden vuoden, ja siihen osallistui 2 400 henkilöä. Tulokset osoittavat, että opettajat joutuvat rajoittamaan työmenetelmiä ja olemaan pois töistä ääniperäisten ongelmien vuoksi useimmin kuin muu henkilöstö

### Vertailu opettajien ja oppilaitosten muun henkilöstön työperäisistä ääniongelmia ja poissaoloista

	Esiintyvyys (%)	
	Opettajat	Muu henkilöstö
Työmenetelmien rajoitus väh. 1 pv ajan	43	16
Väh. 1 päivän kestävä sairauspoissaolo	18,3	7,2
Väh. 5 päivää kestävä sairauspoissaolo	3	1,3
Äänen toimintahäiriö, joka kestää enemmän kuin 5 päivää	35	22
Harkitsee ammatinvaihtoa ääniongelmien vuoksi	2	0,78

# MELU VAIKUTTAA OPPILAIDEN

## KESKITTYMISEEN JA KÄYTTÄYTYMISEEN

### Akustiikan parantaminen vähentää häiriötilanteiden määrää

Tutkimuksessa<sup>14</sup> selvitettiin luokkahuoneen melun suoraa vaikutuksia oppilaiden käyttäytymiseen. Häiriötilanteet lisääntyvät viiden aamutunnin aikana luokkahuoneissa, joiden akustiikka oli huono (RT 0,6–0,75 s), kun taas paremmalla akustiikalla (RT 0,4–0,5 s) varustetuissa luokkahuoneissa niiden määrä pysyi samana koko aamupäivän ajan.

### Lombard-ilmiö<sup>15</sup>

Melutason kasvu johtaa häiriötilanteiden ja häiritsevän käyttäytymisen lisääntymiseen päivän mittaan monissa luokkahuoneissa, joiden akustiikka on huono<sup>15</sup>.

### Akustiikan parantaminen muuttaa oppilaiden käyttäytymistä

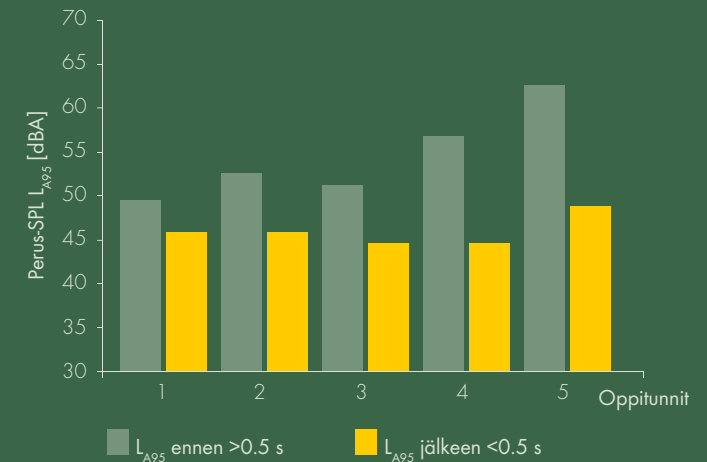
Akustiikkakatto alentaa luokkahuoneen kokonaisäänitasoa ja aktiivista melua, ja tämä vaikuttaa hyvin myönteisesti oppilaiden käyttäytymiseen.

### Kuulemisen helpottuminen parantaa käytöstä

Tutkimuksessa seurattiin myös oppituntien aikana esiintyviä häiriötilanteita, joilla tarkoitetaan oppituntiin liittymätöntä äänenkäyttöä tai fyysistä liikehdintää. Äänitasojen alentuessa myös häiriötilanteet vähentyivät oppilaiden keskittyessä paremmin oppitunnin aikana.

Melutasojen hallinta auttaa hallitsemaan myös oppilaiden keskittymiskykyä. Parempi akustiikka voi poistaa merkittävästi väsymystä ja stressiä.

### Aktiivisten äänitasojen kohoaminen ( $L_{A95}$ ) ennen akustista parannusta ja sen jälkeen

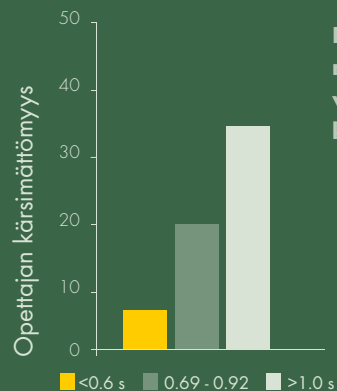




# HUONO ÄÄNIYMPÄRISTÖ AIHEUTTAA ÄRTYMYSTÄ

Tutkimuksessa analysoitiin luokkahuoneen jälkikaiunna vaikutusta koululaisten oppimiseen. Tuloksista löytyi suora korrelaatio jälkikaiun ja sekä opettajien että oppilaiden ärtymystason välillä<sup>16</sup>.

Koululaiset antoivat huonomman arvion motivaatiostaan ja suhteestaan tovereihinsa ja opettajiinsa luokkahuoneissa, joissa jälkikaiu oli voimakasta. Perussuositus luokkahuoneiden jälkikaiunta-ajaksi on noin 0,5 s.



**Kaikuminen heikentää motivaatiota ja vähentää oppilaiden kontaktia opettajiin.**

Ärtymystä esiintyi vähiten luokkahuoneissa, joissa jälkikaiunta oli pienin (tilojen akustiikkaa oli parannettu). Tehdyssä kyselyssä useimmat vanhemmat pitivät seuraavaa väitettä totena: ”Lapseni kärsii oppilaiden tuottamasta melusta koulussa.”

Luokkahuoneen akustiikka (RT)	Ärtymys-%
<0,6 s	44 %
0,7-0,9 s	51 %
>1,0 s	61 %

**Jälkikaiunta-ajan (RT) lyhentäminen vähentää lasten ärtymystä.**



## MELUNLÄHTEET,

### AKUSTISET OLOSUHTEET JA PUHEEN SELKEYS

On tutkittu laajasti, kuinka eri lähteistä tuleva melu ja toisaalta erilaiset akustiset olosuhteet vaikuttavat oppilaiden kykyyn erottaa puheen elementtejä.

Melutasot ja jälkikaiunta vaikuttavat merkittävästi kuulijoiden havainnoiman puheen laatuun, ja niiden alentaminen parantaa puheen erotettavuutta. Puheen erotettavuutta mitataan puheensiirtoindeksillä (STI).

Tutkimuksessa<sup>17</sup> havaittiin, mitä selkeämmin puhe kuului, sitä laadukkaampia kaikkien oppilaiden puheviestintä oli.

STI-luokitus	STI
Heikko - Välttävä	0,30
Välttävä - Tyydyttävä	0,45
Tyydyttävä - Hyvä	0,60
Hyvä - Erinomainen	0,75

**Puheensiirtoindeksi (STI) on menetelmä puheen erotettavuuden mittaamiseen. Jos puheen siirto on täydellistä, STI = 1. Tavanomaisessa luokkahuoneessa STI:n pitäisi olla ainakin 0,75.**

Vaikutus näkyi kuitenkin selvimmin nuorimpien koululaisten keskuudessa.

Tutkimuksesta ilmeni myös, että luokkahuoneen puheensorina vaikutti puheen erotettavuuteen enemmän kuin ilmastointijärjestelmän äänet.

Tästä voimme vetää johtopäätöksen, että akustiset parannukset jälkikaiunta-ajan lyhentämiseksi ja melun vähentämiseksi ovat välttämättömiä puheen selkeyden kannalta.

## PUHEEN ON KANNETTAVA SELKEÄSTI

### TAUSTAMELUN YLI

Luokkahuoneessa sanottujen asioiden kuuleminen ja ymmärtäminen edellyttävät puheelta hyvää erotettavuutta ja kuuluvuutta oikealla tasolla. Puheen on kannettava taustamelun yli. Tätä mitataan signaali-kohinasuhteella (SNR), jonka on oltava sitä suurempi, mitä nuorempia kuuntelijat ovat.

Puheen erotettavuutta selvittävässä tutkimuksessa<sup>9</sup> todettiin, että kun vanhemmille oppilaille (11-vuotiaat) riittävä SNR-taso oli 15 dB, nuorimmat (6-vuotiaat) koululaiset tarvitsivat 20 dB puheen elementtien erottamiseen.

### Nuorimpien oppilaiden kuulemiskyky vaatii enemmän. SNR-vaatimukset ikäluokittain:

Ikä	SNR-taso, jolla 75 % kuuntelijoista erottaa 90 % mitattavista elementeistä
6-vuotiaat	+20 dB
8-vuotiaat	+18 dB
11-vuotiaat	+15 dB

Myöhemmässä tutkimuksessa<sup>18</sup> selvittiin luokkahuoneissa hyväksyttävän maksimitaustamelun määrää analysoimalla 6–11-vuotiaiden lasten puheenerottamiskykyä melussa. Jotta 75 % oppilaista sai erotettavuudesta 95 % tuloksen, pienet oppilaat tarvitsivat suuremman SNR-tason 35 dB:n maksimitaustamelussa.

\* Puheen erotettavuuteen vaikuttaa myös signaali-kohinasuhde (SNR), joka kuvaa signaalin (tässä tapauksessa puheen) ja huoneen taustamelun välistä suhdetta.

# AKUSTIIKAN OPTIMOINTI

## MAHDOLLISTAA OSALLISTUMISEN KAIKILLE

Tutkijat testasivat, miten peräkkäiset akustiset parannukset vaikuttivat luokkahuoneen melutasoon. Tutkimuksessa käytettiin kuulonalenemaa sairastavia lapsia koskevia suosituksia<sup>5</sup>.

Jokainen akustinen parannus vähensi sekä opettajien että oppilaiden äänekkyyttä ja rauhattomuutta.

Tulokset osoittivat, että näiden suositusten noudattaminen tuotti ääniympäristön, joka on sekä osallistava että kaikkia hyödyttävä. Oppilaat melusivat vähemmän, ja opettajien ei tarvinnut puhua yhtä kovaa ja ääntään rasittaen.

### Akustiikan parantaminen:

- Lisää keskustelua ja ryhmätöitä luokissa
- Tehostaa opetusta ja vähentää kertaamisen tarvetta
- Alentaa opettajien stressitasoa

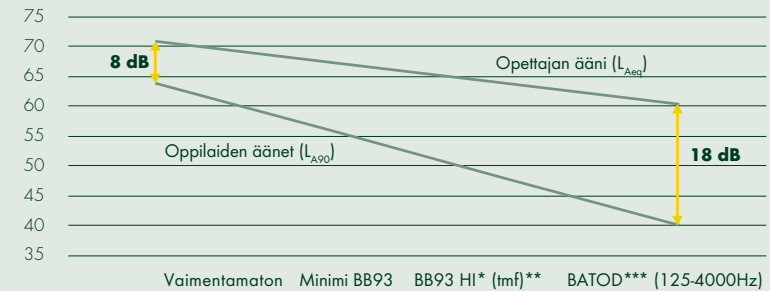
Jälkikaiunta-ajan puolittaminen alentaa äänitasaoteoreettisesti 3 desibelillä. Todellisuudessa opettajan puheesta pääosin muodostunut äänitaso alentui 5 desibelillä ja sen taustalla oleva oppilaiden tuottama ääni vieläkin enemmän, 9 desibelillä.

Signaalikohinasuhteus nousivat vaatimattomasta 8 desibelistä 18 desibeliin, kuten viereisellä sivulla olevasta kuvasta näkyy.

Akustiikan parantaminen nosti signaalikohinasuhdetta (SNR), ja samalla oppilaiden energiaa kului vähemmän opettajan



**Akustiikkaratkaisujen lisääminen vähentää taustamelua ja parantaa puheen erotettavuutta. Lopputuloksena on parempi ääniympäristö.**



ymmärtämiseen. Myös opettajan äänenkäyttötarve ja stressi vähentyivät.

Luokkahuoneen akustiikan parantaminen A-luokan absorptiolevyillä ja matalien taajuuksien lisävaimennuksella todettiin tuottavan kaikissa olosuhteissa parhaat olosuhteet luokassa puhumiseen ja kuuntelemiseen.

### Absorption lisääminen alensi toiminnasta aiheutuvia äänitasoja

Akustiikkakatto alentaa kokonaisäänitasaoteoreettisesti 3 desibelillä. Akustiikkaratkaisujen lisääminen vähentää taustamelua ja parantaa puheen erotettavuutta, jolloin äänet toimivat yhtenäisemmin kaikilla taajuuksilla.



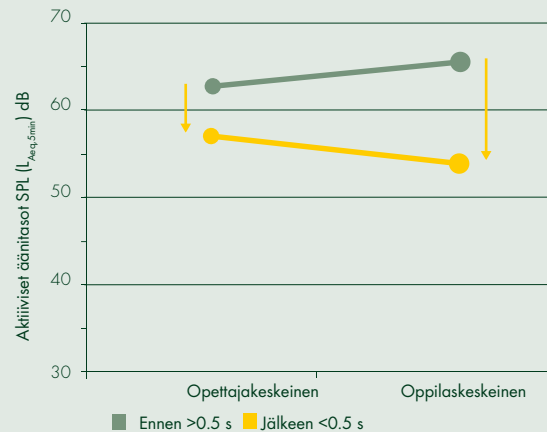
# PAREMPI AKUSTIIKKA

## TUKEE RYHMÄTYÖSKENTELYÄ

Saksalaisessa tutkimuksessa vertailtiin kahta luokkahuonetta, joiden jälkikaiunta-ajat olivat erilaiset. Äänitasoissa oli merkittävä ero silloin, kun luokkahuoneet olivat käytössä ja oppilaat suorittivat erilaisia oppimiseen liittyviä tehtäviä. Akustiikan parantaminen vähensi jälkikaiunta-aikaa, jolloin näissä luokissa:

- voitiin tehdä ryhmätöitä, koska oppimistehtävään tarvittava äänenvoimakkuus oli paljon matalampi ja alitti jopa opettajan puheen voimakkuuden
- opettaja saattoi puhua hiljaisemmin ja ääntään liikaa rasittamatta
- työn kuormittavuus vähentyi melutason alentumisen myötä

**Parannettu akustiikka alensi luokissa perinteisen opetuksen äänenvoimakkuutta 6 dB ja ryhmätyöskentelyn äänitasoja 13 dB**



**Akustiikan parantaminen lisää erityisesti mahdollisuuksia ryhmätyöskentelyyn, sillä sen jälkeen luokassa voi puhua yhtä aikaa normaalilla äänellä eikä huomiota tarvitse hakea huutamalla.**

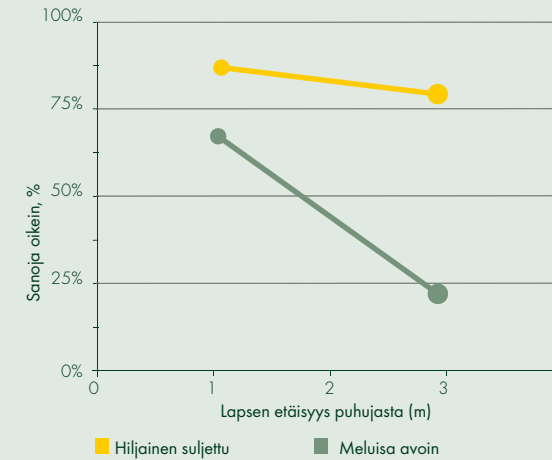
*“Osta 3 desibeliä äänenvaimennusta, saat 10 kaupan päälle!”*

TRI G. TIESLER

# AVOIMET OPETUSTILAT

Vertailututkimuksessa tutkittiin avoimia opetustiloja neljän esikouluryhmän avulla: yksi ryhmä työskenteli suljetussa tilassa, muut kolme erityyppisissä ja -kokoisissa avotiloissa<sup>19</sup>.

Kaikissa luokissa mitattiin häiritsevää melua sekä hiljaisten (koko ryhmä kuunteli opetusta) että äänekkäiden (ryhmätyöskentely) tehtävien aikana. Häiritsevä melu lisääntyi opetustilan koon ja luokkatilojen määrän mukaan niin lähellä tapahtuvien hiljaisten kuin äänekkäidenkin tehtävien aikana.



**Eniten väärää vastauksia antoivat avotilassa opiskelevat oppilaat, jotka istuivat kauempana puhujasta.**

Suuren avotilan takaosassa istuvien oppilaiden suoritukset häiriintyivät myös hiljaisia tehtäviä suorittavien lähiluokkien äänien vuoksi. Edellä oleva kaavio osoittaa, että luokan takana istuvat oppilaat kuulevat opetuksen, kun luokkahuone on hiljainen ja suljettu ulkoa kuuluvalta melulta ja häiriöiltä. Kuulemisen laatu alentui merkittävästi avotiloissa, joiden äänitase koettiin voimakkaammaksi kauempana kuulijoista olevan puhujan vuoksi.

Kaiken kaikkiaan kuulijat kannattaa koota puhujan lähelle avoimissa tiloissa, sillä niissä ympäristön äänet häiritsevät ja vaikeuttavat kuulemista enemmän.

## MELUUN REAGOIMINEN AVOIMISSA OPETUSTILOISSA

Laajojen tutkimusten<sup>20</sup> perusteella tutkijat ovat todenneet, että avointen ja suljettujen opetustilojen äänitasot ovat opiskelun aikana vertailukelpoisia.

Vaikka yleisesti ajatellaan, että avotilat ovat meluisampia, suljettujen tilojen äänitasot yltyvät pitkälti samalle tasolle.



Joissakin tapauksissa melu oli avotiloissa voimakkaampaa, joissakin taas hiljaisempaa. Tämä johtuu jälkikäiunta-ajasta, joka oli tietyissä tiloissa saatu lyhentymään akustisilla ratkaisuilla, ja/tai luokan hyvästä hallinnasta.

Ala- ja yläkoulussa opiskelevat oppilaat kokivat kuitenkin luokkahuoneen ulkopuolelta kuuluvat kovat, muiden oppilaiden toiminnasta aiheutuvat äänet ärsyttäväksi ja häiritseviksi. Avotiloissa opetettavat lapset seuraavat herkemmin epäolennaisia puheääniä, ja itse asiassa avotiloja käytävissä kouluissa tehtyjen selvitysten mukaan lähellä toimivien muiden opetusryhmien puheäänet koetaan kaikkein häiritsevimmiksi<sup>21</sup>.

Kun vastaajia pyydettiin mainitsemaan avotiloissa eniten ärsyttävät äänet, 65 % vastasi toisten luokkien oppilaat, ja heti sen jälkeen toisten luokkien opettajat.

### Oppilaita ärsyttävät äänet alakoulun avonaisissa opetustiloissa



## MELUSTA KÄRSIVÄT ENITEN OPPILAAT, JOILLA ON ERITYISTARPEITA

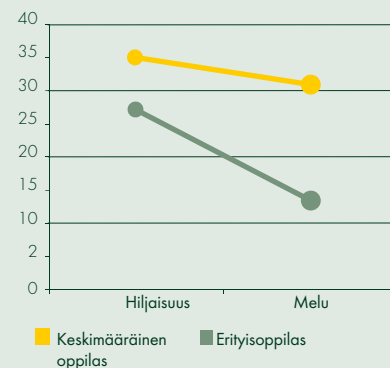
Kaikissa luokissa on todennäköisesti oppilaita, joilla on erityistarpeita joko kuulemisen, kommunikoinnin tai oppimisen suhteen. Kyse voi olla kuulo-ongelmista tai keskittymishäiriöistä, vieraalla kielellä opiskelusta tai muusta erityistilanteesta. Itse asiassa kyse voi ajoittain olla kenestä tahansa, mikäli esimerkiksi yöunet ovat jääneet vähiin tai olo on muuten huono.

Kuulon alentuminen lisää väsymistä, kuulemiseen tarvittavan energian tarvetta sekä stressiä, ja silloin lapsen mahdollisuudet oppia ja suoriutua tehtävistään meluisissa olosuhteissa heikentyvät.

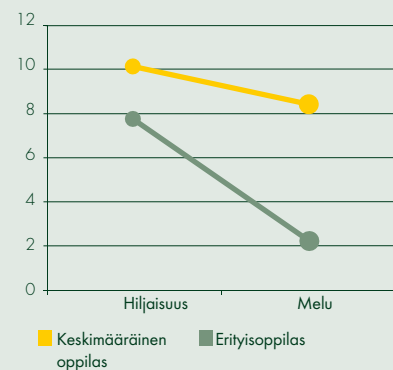
Tutkimusten mukaan tyypillisessä luokkahuonemelussa alakouluikäisen suoritukset ja suoritusnopeudet asettuvat keskimääräisten oppilaiden ja erityisoppilaiden suoritusten välille. Käytetyt meluolosuhteet vastasivat kaupunkiluokkien altistustasoa ja -lähteitä.

Tulosten mukaan melu, ja varsinkin puheensorina, vaikutti kielteisimmin lapsiin, joilla oli erityistarpeita. Lisäksi näiden erityisoppilaiden testitulokset romahtivat, kun ympäristö muuttui meluisaksi, mutta keskimääräisiin oppilaisiin muutos vaikutti paljon vähemmän.

**Matematiikan tulokset eri olosuhteissa**



**Äidinkielen (englanti) tulokset eri olosuhteissa**





# KUULOHÄIRIÖISTEN STANDARDIT

## MÄÄRITTELEVÄT ESTEETTÖMYYDEN KRITERIT

Erityisoppilaiden haasteet melun suhteen ovat tiedossa, mutta silti he käyvät tavallista koulua. Koulujen suunnittelussa olisikin huomioitava heidän erityistarpeensa esteettömyyden ja inklusiivisuuden lisäämiseksi.

Erityisiä tarpeita on ainakin lapsilla, joilla on alentunut kuulo, kuuntelu- tai keskittymisongelmia tai opiskelu tapahtuu vieraalla kielellä. Myös autismin kirjon oppilaat ovat haavoittuvaisia, sillä melun on todettu lisäävän häiritsevää käyttäytymistä<sup>22</sup>.

### Erityistarpeita kuulemisen suhteen on erityisesti oppilailta, joilla on:

- Pysyvä kuulonalenema
- Vaihteleva, johtumistyyppinen kuulonalenema (vilustumiset, korvatulehdukset)
- Puhe-, kieli- tai kommunikointivaikeuksia
- Aktiivisuuden ja tarkkaavuuden häiriö (ADHD)
- Audiitiivinen prosessointihäiriö (APD)
- Autismin kirjo (ASD)
- Muu kuin opetuskieli äidinkielenä

Erityisoppilaita koskevat melu- ja jälkikaiunta-suositukset ovat sovellettavissa kaikkiin

*Jotta oppimisympäristö tukee kuulo-ongelmaisten oppilaiden osallistumista, puheen erotettavuuden on oltava parempi ja matalataajuisen jälkikaiunnan merkitys on otettava akustiikassa huomioon.*

oppilaisiin. Kun tilat suunnitellaan erityistarpeisten lasten edellytyksiin, ne hyödyttävät kaikkia.

Aiemmin kuvattujen erityistarpeiden lisäksi nuoret oppilaat tarvitsevat myös 20 desibelin signaali-kohinasuhteen (SNR), mikä tarkoittaa, että

kuultavaksi tarkoitetun äänen on oltava vähintään 20 dB taustamelua voimakkaampi<sup>9,18</sup>.

Kaikki heikkokuuloisille erityisoppilaille annetut suositukset koskevat myös oppilaita, joilla näitä vaikeuksia ei ole. Tiukemmat vaatimukset ovat eduksi kaikille oppilaille.<sup>5</sup>

### Yhteenveto Isossa-Britanniassa sovellettavista standardeista (BB93 & BATOD), jotka koskevat erityisoppilaiden melu- ja jälkikaiuntatarpeita luokkahuoneissa.

Akustiset vaatimukset - erityisoppilaat	BB93 (2015)* BATOD**	
	Uusi rakennus	Akustiikan parannus
Taustamelu sisätiloissa*	≤ 30 dBA	≤ 35 dBA
Jälkikaiunta-aika*	≤ 0.4s, keskimäärin 125 Hz - 4000 Hz oktaavikaistat	
Signaali-kohinasuhde (SNR)**	>20 dB, 125 Hz - 750 Hz	
	>15 dB, 750 Hz - 4000 Hz	



## JOHTOPÄÄTÖKSET

Hyvä ääniympäristö on olennaisen tärkeä oppimista ja hyviä vuorovaikutustaitoja edistävien opetustilojen luomisessa.

Uskomme, että tämä tutkimusyhteenvedo tarjoaa paljon hyödyllistä tietoa eduista, joita oppilaitoksissa voidaan saavuttaa akustiikkaa parantamalla. Hyvä ääniympäristö tukee opettajien ja oppilaiden hyvinvointia opetustilanteissa ja lisää heidän mahdollisuuksiaan sitoutua yhteisiin päämääriin.

Akustiikan parantaminen kouluissa helpottaa kaikkien siellä olevien mahdollisuuksia kommunikointiin. Tiedon, ajatusten ja ideoiden jakamisesta tulee entistä antoisampi kokemus. Ajattele, millainen kerrannaisvaikutus on tilanteella, jossa opettajat voivat keskittyä opettamiseen oppilaiden valvonnan ja hillitsemisen sijaan ja jossa oppilaat jaksavat syventyä oppimiseen entistä pidempään ja tarkemmin.

*Stressitaso ja syke laskevat, tuottavuus ja sitoutuneisuus lisääntyvät ja äänitasot alenevat = keskittyminen parantuu ja oppilaiden suoritukset kohentuvat.*

### **Opettajien kertomukset<sup>5,14</sup> akustiikan parantamisesta osoittavat, että:**

- sekä opettajien että oppilaiden työskentelyolosuhteet parantuvat merkittävästi ympäristön muuttuessa hiljaisemmaksi ja levollisemmaksi
- opettajien stressitasot laskevat – etenkin uusien opettajien, joilla on vähemmän kokemusta
- heikkokuuloiset oppilaat ovat tasavertaisemmassa asemassa muiden oppilaiden kanssa

Mikäli haluat perehtyä tarkemmin melun vaikutuksiin oppilaitoksissa, suosittelemme tutustumaan Ecophonin Acoustic Bulletin -blogiin ([www.acousticbulletin.com](http://www.acousticbulletin.com)), jossa sukellamme syvemmälle tutkimuksiin, standardeihin ja ajankohtaisiin aiheisiin akustiikkaan liittyen.

### **LÄHDETIEDOT NUMEROITUNA LUETTELONA: NIMI, KIRJOITTAJA(T), PÄIVÄYS SEKÄ SIVUNUMERO, JOLTA VIITTAUS TÄSSÄ YHTEENVEDOSSA LÖYTYY:**

1. Schönwälder, H.-G., Berndt, J., Ströver, F., Tiesler, G. Professional stress and strain in teachers (in German), Schriftenreihe der BAuA, Fb 989, NW-Verlag, Bremerhaven, Germany. 2003.
2. Comins, D. Survey of UK voice clinics 2001/2. Voice Care Network UK. 2002.
3. Smith, E., Lemke, J., Taylor, M., Kirchner, H. L., & Hoffman, H. Frequency of voice problems among teachers and other occupations. Journal of voice, 12(4), 480-488. 1998.
4. Shield, B M., and J E. Dockrell. "The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children." The Journal of the Acoustical Society of America 123(1). 2008.
5. Canning & James. The Essex study –Optimising classroom acoustics for all. 2012.
6. McKenzie & Airey. Classroom acoustics, a research project – Summary report. 1999.
7. Department for Education. Building Bulletin 93 - Acoustic design of schools: performance standards. Education Funding Agency, London, 2015
8. British Association of Teachers of the Deaf (2001) Classroom acoustics - recommended standards. BATOD Magazine, January 2001.
9. Bradley, J. S., & Sato, H. The intelligibility of speech in elementary school classrooms. The Journal of the Acoustical Society of America, 123(4), 2078-2086. 2008.
10. Shield, B., Conetta, R., Dockrell, J., Connolly, D., Cox, T., & Mydlarz, C. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. The Journal of the Acoustical Society of America, 137(1), 177-188. 2015.
11. Shield, B., Connolly, D., Dockrell, J., Cox, T., Mydlarz, C., & Conetta, R. The impact of classroom noise on reading comprehension of secondary school pupils. In Proceedings of the Institute of Acoustics, 40, 236-244. 2018.
12. Smith, E., Gray, S. D., Dove, H., Kirchner, L., & Heras, H. Frequency and effects of teachers' voice problems. Journal of voice, 11(1), 81-87. 1997.
13. Roy, N., Merrill, R.M., Thibeault, S. Parsa, R. A., Gray, S. D., & Smith, E. M. Voice disorders in teachers and the general population: effects on work performance, attendance, and future career choices. Journal of Speech, Lang and Hearing Research, 47. 2004.
14. Tiesler, G. Communication Behaviour and Workload of Students and Teachers in Highly Absorbent Classrooms. In Proceedings of Euronoise. 2018.
15. Brumm, H., & Zollinger, S. A. The evolution of the Lombard effect: 100 years of psychoacoustic research. Behaviour, 148(11-13), 1173-1198. 2011.
16. Klatt, M., Hellbrück, J., Seidel, J., & Leistner, P. Effects of Classroom Acoustics on Performance and Well-Being in Elementary School Children. 2009.
17. Astolfi, A., Bottalico, P., & Barbato, G. Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. The Journal of the Acoustical Society of America, 131(1), 247-257. 2012.
18. Yang, W., & Bradley, J. S. Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. The Journal of the Acoustical Society of America, 125(2), 922-933. 2009.
19. Mealings, K. T., Demuth, K., Buchholz, J. M., & Dillon, H. The effect of different open plan and enclosed classroom acoustic conditions on speech perception in Kindergarten children. 2015.
20. Shield, B., Greenland, E., & Dockrell, J. Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. Noise and Health, 12(49), 225. 2010
21. Greenland, E. E. (2009). Acoustics of open plan classrooms in primary schools (Doctoral dissertation, London South Bank University). 2009.
22. Kanakri, S. M., Shepley, M., Tassinary, L. G., Varni, J. W., & Fawaz, H. M. Observational study of acoustics design and repetitive behaviors on children with autism. 2017.



Ecophon on johtava akustisten alakatto- ja seinäjärjestelmien toimittaja, jonka ratkaisut parantavat työtehoa ja elämänlaatua. Uskomme, että ääniympäristö vaikuttaa merkittävästi jokapäiväiseen elämäämme, ja olemme intohimoisia hyvän huoneakustiikan puolestapuhujia – olipa kyse mistä tahansa tilasta, toiminnasta tai tarpeesta.

Ihmisten hyvinvointi on tärkein työtämme ohjaava periaate. Olemme ylpeitä inhimillisestä lähestymistavastamme ja tinkimättömästä sitoutumisestamme läpinäkyviin, vastuullisiin toimintatapoihin. Osana Saint-Gobain-konsernia olemme mukana tekemässä maailmasta parempaa kotia.



**Ecophon**  
SAINT-GOBAIN