

# Akustiikkaa

seinälevyillä



## Johdanto

Huoneen akustiikkaan vaikutetaan tehokkaimmin asentamalla koko kattopinnan käsittävä sisäkatto. Useimmissa tapauksissa näin saavutetaan hyvä huoneakustiikka. Aina tämä perusratkaisu ei ole riittävä tai sitä ei voida toteuttaa. Tähän voi olla useita syitä, joita ovat:

- Tekniikka – Esimerkiksi huontetilojen jäähdytyksessä voidaan hyödyntää rakennuksen betonilaattoja (Rakennusrungon terminen aktivointijärjestelmä, TABS). Tällöin koko kattopinnan peittävä sisäkatto heikentää jäähdytyksen tehoa ja hyvän huoneakustiikan saavuttamiseksi on seinäpintoihin asennettava ääntä vaimentavia levyjä.
- Estetiikka – Kattopinnassa voi olla arkkitehtonisia yksityiskohtia, joiden halutaan näkyvän. Ääntä vaimentavat seinälevyjen käyttö mahdollistaa hyvän akustriikan toteuttamisen.
- Akustiikka – Tiloissa, joissa akustiikalle asetetaan erityisvaatimuksia ei kattopinnan akustointi pelkästään riitä. Tällöin seinäpinnalle voidaan asentaa tarvittava määrä vaimentavia seinälevyjä.
- **Esimerkkejä:**  
Oppilaitokset: Tavallista parempaa akustiikkaa tarvitaan tiloissa, joissa työskentely tuottaa normaalia enemmän ääntä (esim. ryhmätyöt), oppilaat ovat hyvin nuoria tai tilassa on kuulohäiriöistä kärsiviä.

Avotoimistot: Äänen etenemisen estäminen.

Teollisuus- ja liikuntatilat: Korkeissa tiloissa akustisen sisäkaton lisäksi läytettävät ääntä vaimentavilla seinälevyillä on positiivinen vaikutus jälkikaiuanta-aikaan, äänen voimakkuuteen ja puheen erotettavuuteen.

Terveystilojen tilat: Rauhallisen ilmapiiri edistää potilaiden toipumista, henkilökunnan hyvinvointia ja työn tehokkuutta. Tämän saavuttamisessa on hyvällä ääniympäristöllä keskeinen merkitys.

## Toimiva huoneakustiikka, Room Acoustic Comfort™

Toimiva huoneakustiikka (Room Acoustic Comfort™, RAC) on Ecophonin kehittämä huoneakustinen konsepti, jossa akustisen suunnittelun perustana on huonetila ja siellä olevat ihmiset toimineen.

Äänen havaitseminen, huonetilan fysikaaliset ominaisuudet ja siellä tapahtuva toiminta vaikuttavat siihen millaiseksi koemme tilan akustiikan. Näiden tekijöiden vuorovaikutus on arvioitava akustiikan suunnittelussa. Huonetilan akustiikan kuvaamiseen tarvitaan useita akustisia parametreja. Näin saadaan parhaiten kuvattua tilan äänikenttä.

Tavallisimmissa huonetiloissa seuraavat neljä ääneen liittyvää ilmiötä on otettava huomioon

- Kuuloaistimuksen voimakkuus
- Puheen selvyys
- Äänen eteneminen (leviämismvaimennus)
- Jälkikaiunta

Nämä ilmiöt ja niitä esittävät akustiikan tunnusluvut on esitetty taulukossa 1. Tekijöiden tärkeys voi vaihdella tilan fysikaalisten ominaisuuksien ja sen käyttötarkoituksen mukaan. Tilassa, jossa on tärkeää kuulla puhetta on puheen selvyuden oltava hyvä. Jos tilassa on voimakkaita ääniä ja sen äänitasoa halutaan alentaa on keskeinen suure äänen voimakkuus.

**Taulukko 1. Akustiikan tunnusluvut**

Ääni-ilmiö	Akustiikan tunnusluku	Unit	Definition
Kuuloaistimuksen voimakkuus	Äänen voimakkuus, G	dB	ISO 3382-1
Puheen selvyys*	Puheen selvyys, C <sub>50</sub>	dB	ISO 3382-1
Äänen eteneminen (leviämismvaimennus)	DL <sub>2</sub> , DL <sub>r</sub>	dB	ISO 14257
Jälkikaiunta	Jälkikaiunta-aika T <sub>20</sub>	s	ISO 3382-1

\* Puheen selvyyttä voidaan kuvata myös prosenttiluvulla ja sitä merkitään tunnuksella D, joka on  $D = 1/(1 + 10^{-C_{50}/10})$

RAC™ Toimiva huoneakustiikka -konsepti on tukena rakennusprojektien eri vaiheissa ja se auttaa ymmärtämään ääniympäristön vaikutuksia ihmisiin, jolloin voidaan määrittellä ne akustiikan tunnusluvut, jotka parhaiten kuvaavat kyseistä tilaa. Lisää tietoja RAC –konseptista löydät osoitteesta [www.ecophon.fi](http://www.ecophon.fi).



Kuva 1. Toimiva huoneakustiikka (Room Acoustic Comfort™) konseptin mukaisessa ajattelutavassa otetaan huomioon huonetila, siinä olevat ihmiset ja tilan käyttötarkoitus.

## Äänikenttä tiloissa, joissa on akustinen sisäkatto

Kun äänilähde (esim. kaiutin) tuottaa tilaan ääntä jatkuvasti äänikentästä tulee diffuusi hyvin nopeasti vaikka siellä olisi sisäkatto. Diffuusissa äänikentässä ääniaallot etenevät kaikkiin suuntiin samalla todennäköisyydellä ja voimakkuudella. Jonkun ajan kuluttua äänenpainetaso stabiloituu ja pysyy vakiona. Tämän tason määrää huoneen kokonaisabsortio. Tavallisesti sisäkatto on huonetilan tärkein absorboiva pinta ja sen kokonaisabsorptio saadaan kertomalla sisäkaton pinta-ala sen absorptiosuhteella.

Jälkikaiunta-aika on aika, jonka kuluessa äänenpainetaso alenee 60 dB äänilähteen sulkemisen jälkeen. Kun äänienergia tilassa vähenee äänikenttä ei pysy diffuusina. Ääniaallot, jotka kohtaavat hyvin absorboivan pinnan, joka on usein kattopinta, vaimenevat nopeimmin. Kovin pintoihin, kuten seiniin, osuvat ääniaallot vaimenevat hitaasti. Usein tilojen, joissa on ääntä vaimentava sisäkatto, jälkikaiunta-ajan määräävät nämä kattopinnan suuntaiset, seinästä toiseen heijastuvat ääniaallot. Lisäämällä huonekalujen ja muiden ääntä hajottavien esineiden määrää äänikenttä säilyy paremmin diffuusina vaimenemisen kuluessa. Tämä tarkoittaa sitä, että tilassa, jossa on ääntä vaimentava sisäkatto tilan sisustus vaikuttaa merkittävästi jälkikaiunta-aikaan. Äänikentän käyttäytymistä esitetään kuvissa 2 ja 3.



Kuva 2. Äänikenttä vakiotilassa äänilähteen tuottaessa jatkuvasti ääntä huoneessa, jossa on ääntävaimentava sisäkatto ja ääntä hajottavia esineitä.



Kuva 3. Äänikenttä samassa tilassa äänilähteen sulkemisen jälkeen eli äänen vaimentuessa.

Yhteenvetona edellisestä voidaan todeta:

- Äänenpainetaso huoneessa, jossa on ääntävaimentava sisäkatto, määräytyy huoneen kokonaisvaimennuksen perusteella.
- Jälkikaiunta-aika ei riipu pelkästään kattopinnan absorptiosta vaan siihen vaikuttavat myös seinäpinnat ja huoneen kalustus.

## Seinälevyjen vaikutus huoneakustiikan tunnuslukuihin

- Tapauksissa, joissa seinälevyt ovat vain pieni osa huonetilan kokonaisvaimennusta, ne parantavat puheen selvyyttä ja vähentävät tilan kaikuisuutta mutta eivät juurikaan vaikuta äänitasoon. Tämä on normaali tilanne kun kattopinta on hyvin ääntävaimentava.
- Seinälevyt estävät tehokkaasti kaikuja samansuuntaisen seinäpintojen (tärykaiku) välillä. Myös puhujasta kaukana olevista seinäpinoista (esim. luentosalin takaseinä) syntyviä haitallisia kaikuja voidaan estää sijoittamalla seinäpinnalle ääntävaimentavia akustiikkalevyjä.
- Seinälevyt on edullista sijoittaa niin lähelle äänilähdettä kuin mahdollista. Luokkahuoneissa on kuitenkin hyvä muistaa, että oppilaan pään ja seinälevyn välinen etäisyys olisi vähintään noin yksi metri. Oltaessa liian lähellä vaimentavaa pintaa ääni voidaan kokea tasapainottomana.

- Korkeissa tiloissa, kuten urheilu- ja teollisuushalleissa, vaimentavia seinälevyjä kannattaa käyttää sisäkaton lisäksi. Seinälevyt on edullista sijoittaa mahdollisimman lähelle äänilähdettä, mutta kuitenkin riittävän ylös niiden vahingoittumisen estämiseksi. Milloin mahdollista seinälevyjä on hyvä olla ainakin kahdella vierekkäisellä seinäpinnalla. Seinälevyjen käyttö parantaa puheen erotettavuutta ja ja lyhentää jälkikaiunta-aikaa. Jos seinälevyjen pinta-ala on samaa luokkaa kuin sisäkaton pinta-ala myös äänenpainetaso alenee huomattavasti.

## **Suosittelvat seinälevyjen määrät**

- Opetustiloissa seinälevyt toimivat tehokkaimmin kun niiden määrä on 10-25% huoneen lattiapinta-alasta. Asennettava määrä riippuu siitä edellyttääkö tilan käyttö levyjen sijoittamaista kahdelle vai yhdelle seinälle.
- Avotoimistoissa seinälevyjen sijoittaminen lähelle työpistettä, istuvan työntekijän korkeudelle estää äänen etenemistä ja tekee työympäristöstä rauhallisemman. Puhe ja muut äänet eivät leviä laajalle alueelle.
- Pienemmissä tiloissa, kuten kokohuoneissa ja taukutiloissa, puheen selvyys paranee ja jälkikaiunta-aika lyhenee seinälevyn määrän ollessa vain 8-13% lattiapinta-alasta.
- Teollisuus- ja urheiluhalleissa on suositeltavaa käyttää seinälevyjä mahdollisimman paljon koska tavoitteena on alentaa äänitasoa.

## Esimerkkejä

### Ruokailu-/kokoushuone Landskronan sairaalassa Ruotissa.

Huonetta käytetään Landskronan sairaalassa ruokailu- ja kokoustilana. Huoneen tilavuus on 69 m<sup>3</sup> ja lattia-pinta-ala on 25 m<sup>2</sup>. Huoneen lattia ja katto olivat kipsilevyjä ja siellä ei ollut mitään akustoitavaa materiaalia. Huone ennen uudistamista on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Ruokailu- ja kokoustila Landskronan sairaalasta ennen uudistusta.

Henkilökunta ei ollut tyytyväinen ääniympäristöön ja arvioivat tilaa seuraavasti:

- *Kaiku siellä on voimakasta.*
- *Jos istut keskelä huonetta et pysty osallistumaan keskusteluun.*
- *Pidin vain lyhyitä taukoja ja vältin syömästä lounasta yhtäaikaan toisten kanssa.*
- *Ihmisiä pii pyytää toistamaan mitä he sanoivat.*
- *Äänien melske oli voimakasta kun tilassa oli paljon ihmisiä. Puhuminen vieressä istuvankin kanssa oli vaikeaa.*
- *Lähdin huoneesta niin pian kuin oli mahdollista.*

Tilan akustiikka parannettiin liimaamalla kattopintaan 40 mm paksu vaimennuslevy (Ecophon Master B) sekä asentamalla yhteen seinään 40 mm paksu vaimentava seinälevy (Ecophon Wall Panel C/Texona). Seinälevyn koko oli 2700 x 1200 mm ja sen pinta-ala oli 13% huoneen lattiapinta-alasta. Huoneen näiden muutosten jälkeen on esitetty kuvissa 5 ja 6.

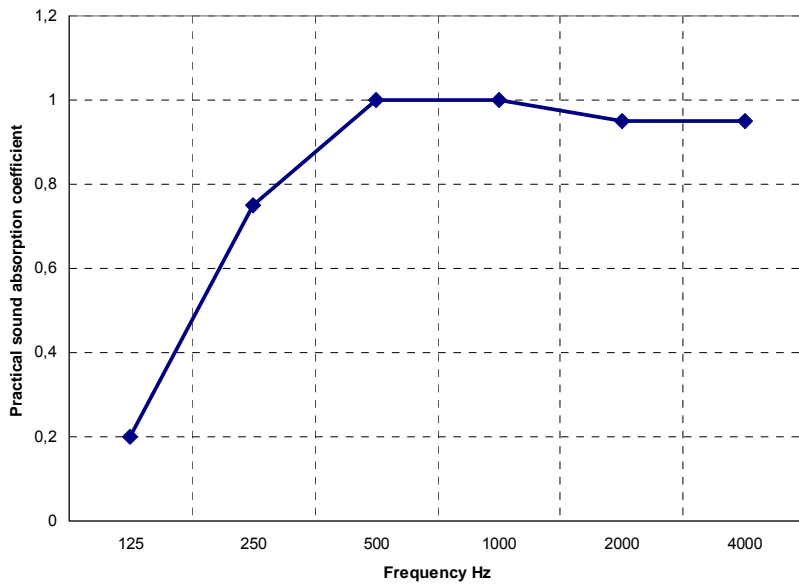


Kuva 5. Ecophon Master B vaimennuslevy kattopinnassa.



Kuva 6. Ecophon Wall Panel C/Texona huoneen seinässä.

Ecophon Master B ja Wall Panel C/Texona absorptiokertoimet ovat samat kummallikin tuotteella. Absorptiokäyrä on kuvassa 7.



Kuva 7. Landskronan sairaalassa käytettyjen vaimennuslevyjen absorptiokerroin.

### Houneaksutiset mittaukset suoritettiin kolmessa vaiheessa:

1. ennen muutoksia
2. akustisten kattolevyjen asennukseen jälkeen
3. akustisten katto- ja seinälevyjen asennuksen jälkeen

Tämä järjestely voidaan arvioida katto- ja seinälevyjen vaikutuksia erikseen. Tulokset on taulukossa 2.

## Taulukko 2. Mittaustulokset Landskronan sairaalassa

Mittattu tunnusluku	Ennen muutoksia	Akustiikkakatto	Akustiikkakatto ja seinälevy
	Keskiarvo 500 ja 1000 Hz	Keskiarvo 500 ja 1000 Hz	Keskiarvo 500 ja 1000 Hz
T20 [s]	0.76	0.37	0.27
$\Delta L$ [dB]*	-	-8	-8
C50 [dB]	1.8	8.6	12.0
D [%]	60	88	94
RASTI **	0.66	0.82	0.87

\*  $\Delta L$  on äänenpainetaso lasku verrattuna huoneeseen ennen muutoksia.

\*\*Room Acoustic Speech Transmission Index IEC 60268-16 mukaisesti

### Tulosten arviointi:

Kattoon asennetut vaimennuslevyt lyhensivät merkittävästi jälkikaiunta-aikaa ja alensivat äänitasoa. Myös puheen erotettavuus parani. Seinälevyjen lisäys edelleen lyhensi jälkikaiunta-aikaa ja lisäsi puheenerotettavuutta. Äänitaso ei seinälevyillä ollut vaikutusta. Tähän on syynä se, että äänitaso riippuu huoneen kokonaisabsorptiosta ja tässä tapauksessa seinäakustiikka ei merkittävästi lisännyt absorptioalaa. Jälkikaiunta-aika ja puheen erotettavuus riippuvat voimakkaasti vaimennusmateriaalin sijoittelusta. Näihin tunnuslukuihin vaikuttaa paljon vaakataso äänikenttä eli kaiut seinäpintojen välillä. Vaimentava seinälevy poistaa nämä heijastukset ja vähentävät siten kaikuisuutta ja parantavat puheen-erotettavuutta.

Henkilökunnan kommentteja suorittujen muutosten jälkeen:

- *Tila muuttui rauhallisemmaksi ja siellä on mukava olla.*
- *Keskustelu toisten kanssa on vaivatonta.*
- *Häilyn määrä on vähentynyt kun useita ihmisiä on huoneessa.*
- *Kaiuan määrä on vähentynyt.*
- *Ihmiset voivat keskustella samanaikaisesti huoneen eri osissa ongelmitta.*

### Elintarviketehtas Landskronassa

Tämä selvitys on tehty Oatly'n elintarviketehtaassa Landskronassa. Tehtaassa ei ollut äänenvaimennuslevyjä ja henkilökunta koko tilat hyvin meluisiksi. Melua aiheutti tuotantolinja, jossa on paljon mekaanisia osia. Yleismelun alentamiseksi päätettiin tuotantotiloihin asentaa koko vaimentava sisäkatto koko kattopintaan ja seinälevy osaan seinistä. Kattolevyksi valittiin Hygiene Performance 40 mm paksuisena. Katon pinta-ala oli 250 m<sup>2</sup> ja seinälevyjä asennettiin noin 150 m<sup>2</sup> alalle. Seinälevyt sijoitettiin kolmelle seinäpinnalle. Akustiikkalevyjen sijoittely selviää kuvasta 8.



Kuva 8. Oatly'n tehtaaseen asennetut katto- ja seinälevyt.

Voimakkaimman melyun alueilla seinälevyt pyrittiin asentamaan mahdollisimman lähelle äänilähdettä. Tällainen paikka oli 'käytävä' laitteiston ja seinä välissä (kuva 9). Levyt asenettiin pään korkeudelle.



Kuva 9. Hygiene Advance Protection C3 sijoitettiin seinälle lähelle äänekkäitä laitteita..

Mittaustulokset ovat taulukossa 3.

**Taulukko 3. Mittaustulokset ennen ja jälkeen muutosten Oatly'n tehtaassa**

	Lukuarvot ovat oktaavikaistojen 500 and 1000 Hz keskiarvoja	
	Ennen	After Jälkeen
T20 [s]	2.4	0.62
$\Delta L'$ [dB]	-	5
C <sub>50</sub> [dB]	-2.9	3.7
D [%]	34	70
RASTI**	0.47	0.70

\*  $\Delta L$ on äänenpainetaso lasku verrattuna huoneeseen ennen muutoksia.

\*\*Room Acoustic Speech Transmission Index IEC 60268-16 mukaisesti

#### **Tulosten arviointia:**

Muutosten jälkeen melutaso tehtaassa aleni 5 dB. Laskelmien mukaan seinälevyjen vaikutus tähän on 2 dB. Ennen muutoksia melutaso oli 81-84 dB(A) ja muutosten jälkeen se oli laskenut alle 80 dB(A). Lähellä koneita melutaso oli edelleen yli 80 dB johtuen voimakkaasta suorasta äänestä, johon akustiset pintamateriaalit eivät vaikuta. Jälkikaiuanta-aika lyheni ja puheenerotettavuus parani. Nämä merkitsevät, että tiloissa oli helpompi kuulla toisten puhetta.

Henkilökunta-arvioita muutosten jälkeen:

- *On helpompi kuulla mitä toiset sanovat.*
- *Äänen lähde voidaan tunnistaa paremmin.*
- *Kuulusuojaimien käyttö on epämukavaa.*
- *En ole kotona niin väsynyt ja nukun paremmin.*



A SOUND EFFECT ON PEOPLE

*Ensimmäiset lasivillapohjaiset äänenvaimennustuotteet valmistettiin 1958 parantamaan työskentelytilojen äänimaailmaa. Tänä päivänä Ecophon toimii maailmanlaajuisesti valmistajan ja myyjän akustisia äänenvaimennusjärjestelmiä, tavoitteenaan luoda hyvä huoneakustiikka toimistoihin, oppilaitoksiin, terveydenhuollontiloihin sekä teollisuuslaitosten tiloihin. Ecophon kuuluu kansainväliseen Saint-Gobain-konserniin, jolla on myyntiyhtiöitä ja teollisuuslaitoksia useimmissa Euroopan maissa. Visiomme on ansaita maailmanlaajuisesti johtava asema akustisten sisäkatto- ja seinälevyjärjestelmien toimittajana tarjoamalla loppukäyttäjille parhaat mahdolliset ratkaisut.*

*Ecophon tekee jatkuvasti yhteistyötä viranomaisten, työolosuhteita kehittävien organisaatioiden ja tutkimuslaitosten kanssa sekä osallistuu aktiivisesti huoneakustiikkaa koskevien standardien työstämiseen. Ecophonin tavoitteena on luoda parhaat mahdolliset olosuhteet sinne missä ihmiset työskentelevät ja kommunikoivat.*

*[www.ecophon.fi](http://www.ecophon.fi)*