

9 TILAN HUONEAKUSTIIKKA

9.1 HUONEAKUSTIIKAN MERKITYS

Rakennuksen akustisessa suunnittelussa tilojen huoneakustiikka on merkittävä ja erikoisosaamista vaativa suunnittelualue. Vaikka tiloja ympäröivien rakennusosien ääneneristävyydet olisivat huipputuokkaa, voi tila olla akustisesti huono, jos esimerkiksi tilassa on liikaa kaiuntaa. Tilan kaiunta heikentää esimerkiksi puheen erottelukykä merkittävästi (sanoista ei saa selvää) ja tekee muutenkin tilasta akustisesti epämiellyttävän, kun tilassa on useita äänilähteitä.

Tilan akustiikkasuunnittelun lähtökohtana on, että tilaa ympäröivien rakennusosien ääneneristävyydet ja tilassa olevien taloteknisten laitteiden (esim. ilmanvaihto) aiheuttama melu ovat määräysten ja ohjeiden mukaan toteutettuja. Tilan huoneakustiikan suunnittelussa tarkastellaan äänen leviämistä, heijastumista, jälkikaiuntaa ja vaimentumista, joita hallitaan pintojen absorptio-ominaisuuksilla sekä tilan ja pintojen muodolla. Tilan käyttötarkoituksen mukaan sen akustiikkaa säädetään esimerkiksi seuraavilla periaatteilla:

- Puhesalissa heijastavilla pinnoilla suunnataan ääntä ja vaimentavilla pinnoilla lisätään puheen erottelukykä.
- Oleskelu- ja keskustelutiloissa tilan kattavalla vaimennuksella lyhennetään jälkikaiunta-aikaa, jotta puheen erottelukykä paranee ja tilasta saadaan yleisesti rauhallinen.
- Avotoimistossa äänen heijastumista työpisteiden välillä vähennetään voimakkaalla työpistekohtaisella vaimennuksella.

9.2 TILAN HUONEAKUSTIIKAN VAIKUTUS KOETTUUN ÄÄNENERISTÄVYYTEEN

Tilan huoneakustiikka vaikuttaa myös kokemukseen tilojen välisestä ääneneristävyydestä. Mitä enemmän tilassa on ääntä vaimentavaa materiaalia (absorptioala), sitä enemmän tilaan välittyvä tai tilassa syntyvä ääniteho alenee. Mitä alhaisempi ääniteho tilassa on, sitä alhaisempi äänenpainetaso tilaan syntyy. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että tilan absorption lisääminen ei paranna tilojen välisten rakennusosien välistä ääneneristävyyttä, vaan ti-

lan äänimaailmaa. Huoneakustiikan keinoja voidaan siis käyttää myös meluntorjuntaan tilassa. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että kasvattamalla tilan absorptioala kaksinkertaiseksi, äänenpainetaso alenee vain 3 dB.

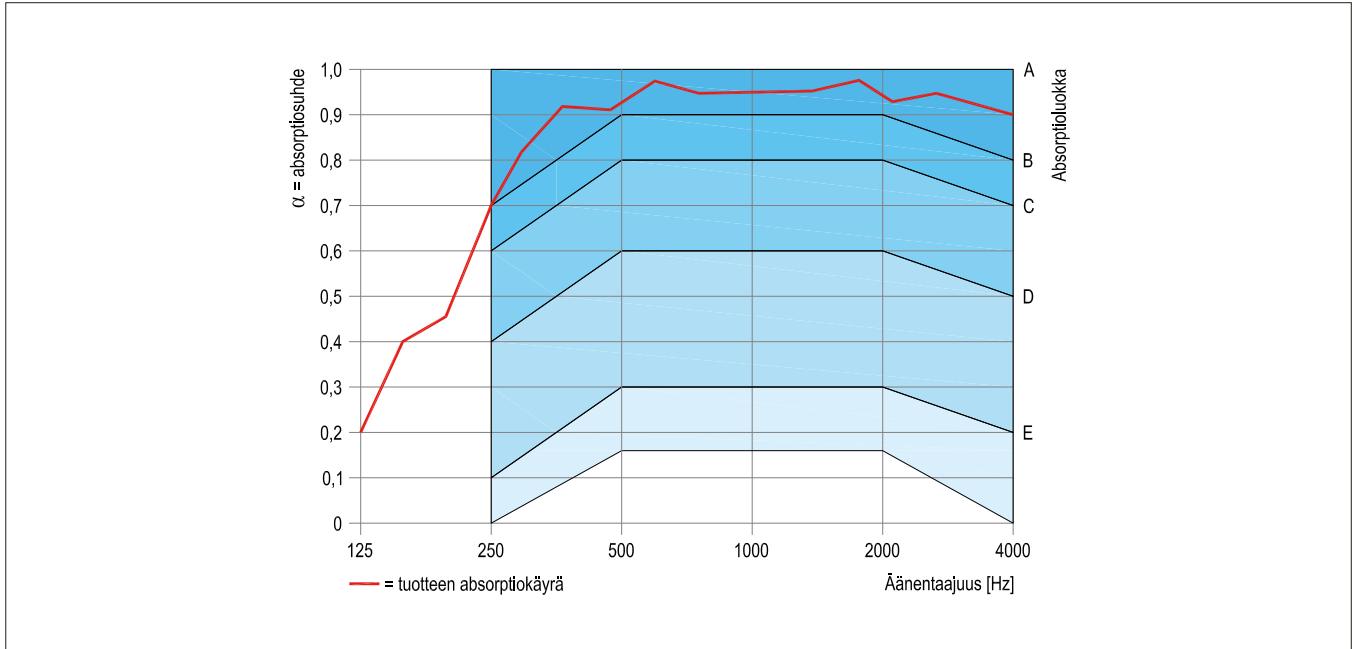
Tilassa ei saa kuitenkaan olla liian suuri vaimennus. Tämä johtuu siitä, että suuri vaimennus vaikeuttaa esimerkiksi keskustelua, koska puheääni ei kantaudu vastaanottajalle. Tämän seurauksen tilassa joutuu puhumaan suuremmalla äänenpainetasolla. Tämä taas lisää tilaa ympäröiviin ääntä eristäviin rakennusosiin kohdistuvaa äänitehoa.

9.3 ABSORPTIOMATERIAALIT

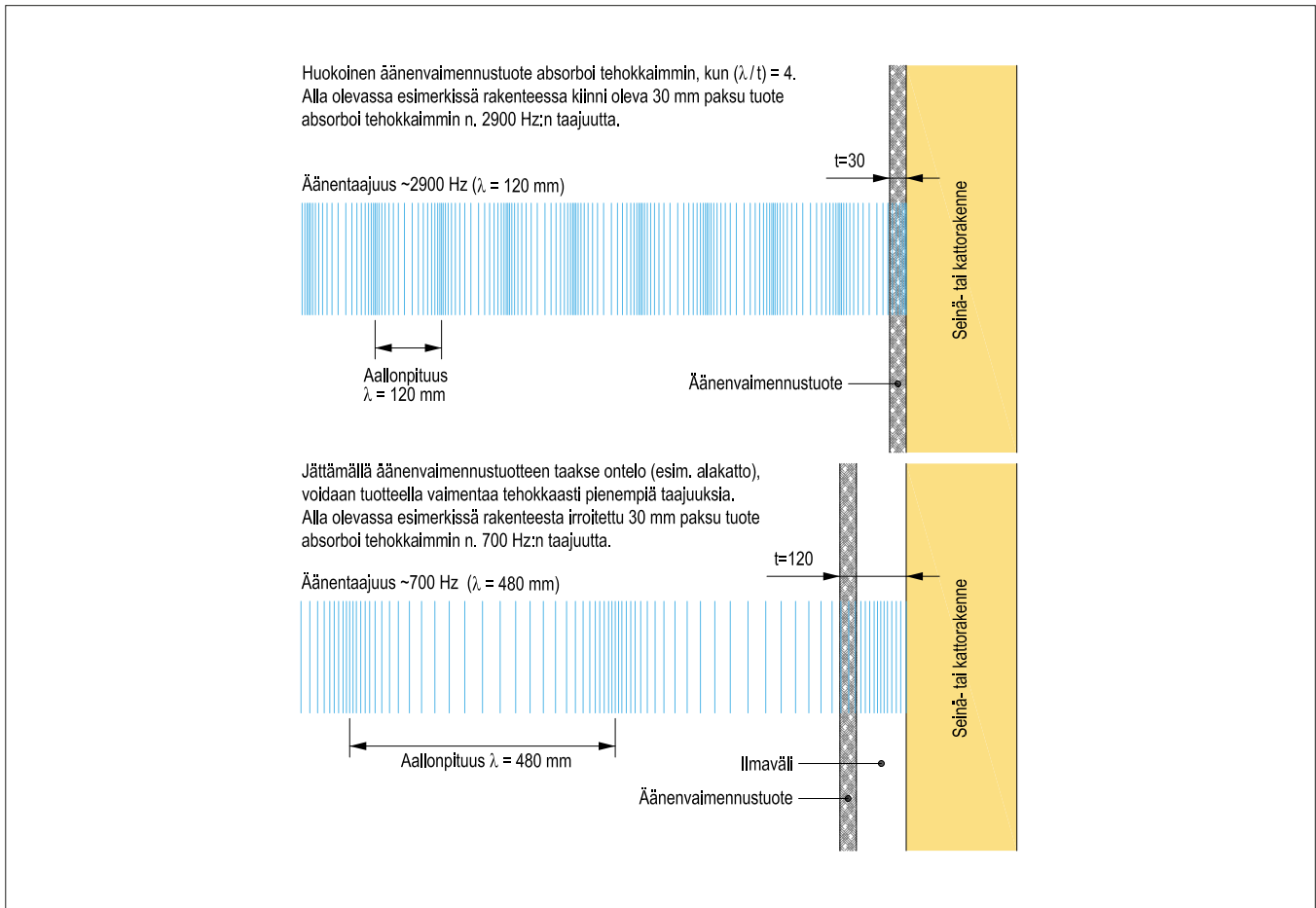
Tyypillisiä äänenvaimentamiseen käytettäviä materiaaleja ovat tähän tarkoitukseen suunnitellut mineraalivillatuotteet, puukuituvillatuotteet, polyesterivillatuotteet, tekstiilituotteet, melamiinivaahdotuotteet jne. Vaimentamiseen käytettävät tuotteet ovat yleensä huokoisia kuitupohjaisia tuotteita. Tällaisten tuotteiden ääntä absorboiva toiminta perustuu pääasiassa siihen, että tuotteeseen kohdistuva äänienergia liikuttaa tuotteen kuitumaista rakennetta, jolloin syntyy energiahäviö. Tuotteita valittaessa tulee kiinnittää huomiota niiden palo-ominaisuuksiin, koska äänenvaimennustuotteet muodostavat usein myös valmiin pinnan (pintaluokka).

Äänenvaimentamiseen käytettävän tuotteen äänenvaimennusominaisuus ilmoitetaan absorptiosuhteella α , joka ilmoittaa tuotteen absorboiman ja siihen kohdistuvan äänitehon suhteen. Tuote, jonka $\alpha = 0$, ei absorboi siihen kohdistuvaa äänitehoa lainkaan. Vastaavasti tuote, jonka $\alpha = 1$, absorboi kaiken siihen kohdistuvan äänitehon. Äänenvaimennustuotteen absorptiosuhde vaihtelee äänentaajuuden mukaan. Tuotteella saavutettavaan absorptiosuhteeseen vaikuttaa myös tuotteen paksuus, tiheys, pinnoite ja asennustapa. Edellä mainitut tiedot tulee ilmoittaa tuotteen absorptio-ominaisuuksia esitettäessä. Käytännössä äänenvaimennustuotteilla voidaan vaimentaa tehokkaasti suuria taajuuksia (lyhyt aallonpituus). Myös ilma absorboi jonkin verran suuria taajuuksia, mutta pienillä taajuuksilla ilman merkitys tilan akustiikkaan on lähes merkityksetön.

TILAN HUONEAKUSTIIKKA



Kuva 69. Esimerkki äänenvaimennustuotteen absorptiokäyrästä ja tuotteen absorptioluokitus.



Kuva 70. Esimerkki äänenvaimennustuotteen asennustavan vaikutuksesta tuotteen absorptio-ominaisuuksiin.

9.4 JÄLKIKAIUNTA-AIKA JA PUHEENSIIRTOINDEKSI

Jälkikaiunta-aika tarkoittaa aikaa, jolloin äänilähteen tuottama äänenpainetaso laskee 60 dB siitä hetkestä, kun äänilähde lopettaa toiminnan. Pitkä jälkikaiunta-aika koetaan tavallisesti epämiellyttäväksi, koska kaiunta heikentää esimerkiksi puheen erottelukykyä merkittävästi (sanoista ei saa selvää).

Jälkikaiunta-aikaan voidaan vaikuttaa tilan pintojen absorptio-ominaisuudella. Myös tilassa oleva ilma toimii absorboivana materiaalina suurille taajuuksille, mutta käytännössä ilman vaikutus jälkikaiunta-aikaan on lähes merkityksetön. Puurakenteisissa rakennuksissa seinä- ja kattopinnat ovat pääosin levyrakenteisia, jotka absorboivat sellaisenaan jonkin verran ääntä pienillä taajuuksilla. Esimerkiksi puurakenteisessa uloskäytävässä ei yleensä tarvita kovinkaan paljon lisävaimennusmateriaalia, jotta jälkikaiunta-ai-kavaatimus saataisiin täytettyä. Tilan jälkikaiunta-aika voidaan määrittää kaavoilla 2 ja 3.

Kaava 2.

$$T = 0,16 \frac{V}{A}$$

T = jälkikaiunta-aika [s]

V = tilan tilavuus [m³]

A = kaavasta 3

Kaava 3.

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i$$

A = tilan kokonaisabsorptioala [m²]

α_i = pinnan absorptiosuhde

S_i = pinnan pinta-ala [m²]

Esimerkkilaskelma

Määritetään asuinkerrostalon porrashuoneen jälkikaiunta-aika.

Lähtötiedot

Tilavuus:	$V = 109 \text{ m}^3$	
Lattia:	$S_1 = 12,5 \text{ m}^2$	$\alpha_1 = 0,02$ (keskimääräinen)
Seinät:	$S_2 = 118 \text{ m}^2$	$\alpha_2 = 0,1$ (keskimääräinen)
Katto:	$S_3 = 4,5 \text{ m}^2$	$\alpha_3 = 0,1$ (keskimääräinen)
Akustiikkalevyt:	$S_4 = 8,0 \text{ m}^2$	$\alpha_4 = 0,8$ (keskimääräinen)
Puuovet:	$S_5 = 9,5 \text{ m}^2$	$\alpha_5 = 0,08$ (keskimääräinen)
Ikkunat:	$S_6 = 2,6 \text{ m}^2$	Ei huomioida

$$A = (12,5 \cdot 0,02) + (118 \cdot 0,1) + (4,5 \cdot 0,1) + (8 \cdot 0,8) + (9,5 \cdot 0,08) + (2,6 \cdot 0) = 19,7 \text{ m}^2$$

$$T = 0,16 \cdot \frac{109}{19,7} = 0,9 \text{ s} \leq 1,3 \text{ s OK}$$

TILAN HUONEAKUSTIIKKA

Puheensiirtoindeksi (*STI*) on lukuarvo, jolla kuvataan puheenerotettavuutta tilassa. *STI*-arvon ollessa 1, kuullaan tilassa kaikki puhujan sanojen tavut selvästi ja oikein. *STI*-arvon ollessa 0, ei puhujan sanoista saada selvää lainkaan.

Puheensiirtoindeksin korottamisella parannetaan tilan akustisia ominaisuuksia puhujan ja kuulijan välillä. Joissakin tiloissa liian korkeasta *STI*-arvosta on kuitenkin haittaa, joten aina ei tule tavoitella mahdollisimman korkeaa *STI*-arvoa. Esimerkki tällaisesta tilasta on avotoimisto, jossa tavallisesti halutaan, että puhetta siirtyy mahdollisimman vähän eri työpisteiden välillä. *STI*-arvo kertoo siis myös siitä, kuinka hyvin puheensiirtyminen saadaan estettyä puhujan ja kuulijan välillä.

Puheensiirtoindeksi kuvaa tilan akustisia ominaisuuksia kokonaisvaltaisesti ja siihen vaikuttaa seuraavat tekijät:

- Tilan jälkikaiunta-aika.
- Äänen heijastuminen tilassa.
- Tilan taustamelun äänitaso.
- Tilan muoto.
- Absorptiomateriaalien sijainti tilassa.
- Puheen äänitaso.
- Puhujan ja kuulijan välimatka.
- Äänentoistolaitteiden ominaisuudet ja säädöt.

Taulukko 34. Puheensiirtoindeksi puheenerotettavuuden näkökulmasta.

<i>STI</i> -arvo Erotettavuus	Kuvaus
≤ 0,3	Käyttökelvoton
> 0,30...≤ 0,45	Huono
> 0,45...≤ 0,60	Välttävä
> 0,60...≤ 0,75	Hyvä
> 0,75	Erinomainen

Taulukko 35. Puheensiirtoindeksi puheensiirtymisen estämisen näkökulmasta.

<i>STI</i> -arvo Siirtymisen esto	Kuvaus
≤ 0,05	Täydellinen
> 0,05...≤ 0,20	Riittävä
> 0,20...≤ 0,40	Hyvä
> 0,40...≤ 0,55	Kohtalainen
> 0,55...≤ 0,70	Välttävä
> 0,70...≤ 0,85	Huono
> 0,85	Ei ole

Taulukko 36. Tilan jälkikaiunta-aika ja puheensiirtoindeksi.

Tila	Status	Jälkikaiunta-aika	Puheensiirtoindeksi <i>STI</i>
Asuinhuoneistoon johtava uloskäytävä	Määräys	≤ 1,3 s	-
Majoitushuoneisiin johtava uloskäytävä	Määräys	≤ 1,3 s	-
Potilashuoneisiin johtava uloskäytävä	Määräys	≤ 1,3 s	-
Opetustila	Ohje	≤ 0,5...0,7 s	≥ 0,7
Avoin oppimisympäristö	Ohje	≤ 0,5 s	≥ 0,7
Päiväkodin leikkitala	Ohje	≤ 0,6 s	≥ 0,7
Kokoustila	Ohje	≤ 0,5...0,7 s	≥ 0,7
Videoneuvottelutila	Ohje	≤ 0,3...0,5 s	≥ 0,7
Potilashuone	Ohje	≤ 0,8 s	≥ 0,6
Ruokailutila	Ohje	≤ 1,2 s	≥ 0,6
Liikuntatila	Ohje	≤ 1,2 s	≥ 0,6
Hoitotila	Ohje	≤ 0,8 s	≥ 0,6
Harrastustila	Ohje	≤ 0,8 s	≥ 0,6
Toimistotila (avoin)	Ohje	≤ 0,6 s	≤ 0,5
Toimistotila (huone)	Ohje	≤ 0,8 s	-