

KOULUJEN OPETUSTILOJEN HUONEAKUSTINEN KARTOITUS

Jukka Keränen¹, Valtteri Hongisto¹, Jenni Radun²

¹ Turun ammattikorkeakoulu, akustiikkalaboratorio
Joukahaisenkatu 7
20520 TURKU
etunimi.sukunimi@turkuamk.fi

² Metropolia Ammattikorkeakoulu
Myllypurontie 1
00920 HELSINKI
etunimi.sukunimi@metropolia.fi

Tiivistelmä

Julkisuudessa on keskusteltu, miten avoimien ja joustavien opetustilojen ja perinteisten luokkahuoneiden huoneakustiset olosuhteet poikkeavat toisistaan. Tähän vastataksemme tutkimme 20 koulua, joista kymmenessä oli luokkahuoneiden lisäksi avoimia tai joustavia opetustiloja. Yhteensä 73 opetustilassa mitattiin taustamelutaso L_{Aeq} ja impulssivasteet, joiden avulla määritettiin jälkikaiunta-aika T ja puheensiirtoindeksi STI. Yli puolet luokkahuoneista täytti uudet ohjeet ($L_{Aeq} < 33$ dB, $0,5 < T < 0,7$ s ja $STI > 0,7$). Sitä vastoin suurin osa avoimista opetustiloista ei täyttänyt avoimia opetustiloja koskevia uusia ohjeita ($35 < L_{Aeq} < 40$ dB, $T < 0,5$ s) eikä ohjetta $STI > 0,7$, kun etäisyys puhujasta $d < 8$ m, tai ohjetta $STI < 0,5$, kun $d > 8$ m. Yleisin syy ohjeidenvastaisuuteen oli liian suuri STI etäisyyksillä $d > 8$ m. Tuloksia voidaan hyödyntää uusien opetustilojen suunnittelussa sekä tulevien ohjeiden ja määräysten laadinnassa.

1 JOHDANTO

Avoimien tai joustavien opetustilojen määrä on viime vuosina lisääntynyt uusissa ja peruskorjatuissa kouluissa. Valtaosa opetustiloista on kuitenkin edelleen ns. perinteisiä luokkahuoneita. Julkisuudessa on keskusteltu, miten avoimien ja joustavien opetustilojen ja perinteisten luokkahuoneiden huoneakustiset olosuhteet poikkeavat toisistaan. Tätä koskien toteutimme vastikään 20 koulussa tutkimuksen [1], joka osoitti opettajien olevan selvästi tyytymättömämpiä ääniympäristöön avoimissa opetustiloissa kuin perinteisissä. Kyseinen tutkimus esitti myös tarpeen selvittää, toteutuvatko huoneakustiset tavoitetasot tutkituissa opetustiloissa.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää, kuinka paljon luokkahuoneiden ja avoimien opetustilojen huoneakustiset olosuhteet poikkeavat toisistaan.

Uudet suunnittelu ja rakentamisohjeet määrittelevät luokkahuoneille ja avoimille opetustiloille erilaisia tavoitearvoja [2]. Tässä tarkasteltavat tavoitearvot esitetään taulukossa 1.

Jälkikaiunta-ajan tavoitearvo koskee suurinta mitattua arvoa oktaavikaistoilla 250–2000 Hz. Avoimissa opetustiloissa sallitaan suurempi taustamelutaso, 35–40 dB L_{Aeq} , jos se



© 2025 Jukka Keränen, Valtteri Hongisto ja Jenni Radun. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.

tuotetaan peittoäänijärjestelmällä. Puheensiirtoindeksin STI tavoitearvo on yli 0,70 koko luokkahuoneessa. Avoimessa opetustilassa STI tavoitearvo on lähellä puhujaa yli 0,70, mutta kauempana, yli 8 m etäisyydellä puhujasta, tavoitearvo on alle 0,50. Tavoitteena on vähäisempi häiritsevyys opetusryhmien välillä samassa avoimessa opetustilassa.

Aiemmat rakentamismääräykset [3] eivät esittäneet tavoitearvoja avoimille opetustiloille. Luokkahuoneille oli jälkikaiunta-ajan tavoitearvo 0,6–0,9 s oktaavikaistoilla 500–4000 Hz ja taustamelutason tavoitearvo <33 dB L_{Aeq} .

Taulukko 1. Jälkikaiunta-ajan, taustamelun äänenpainetason ja puheensiirtoindeksi tavoitearvot luokkahuoneissa ja avoimissa opetustiloissa.

Opetustila	luokkahuone	avoin opetustila
jälkikaiunta-aika, T [s]	$0,5 < T < 0,7$	$< 0,5$
taustamelutaso, L_{Aeq} [dB]	< 33 dB	$35 < L_{Aeq} < 40$ (peittoääni)
puheensiirtoindeksi, STI [-]	$> 0,70$	$> 0,70$ alle 8 m etäisyydellä $< 0,50$ yli 8 m etäisyydellä

2 MITTAUSKOHTEET

Tutkimuksessa tehtiin huoneakustiset mittaukset 20 koulussa, joista kymmenessä oli luokkahuoneiden lisäksi avoimia opetustiloja. Avoimiin opetustiloihin laskettiin mukaan joustavat opetustilat, joissa esimerkiksi huoneen siirtoseinän avaamalla saatiin laajempi avoin opetustila. Luokkahuoneiden ($N=62$) lattiapinta-alat olivat $35\text{--}85$ m² ja avoimien opetustilojen ($N=11$) $70\text{--}270$ m². Huonekorkeudet olivat $2,5\text{--}3,9$ m sekä luokkahuoneissa että avoimissa opetustiloissa.

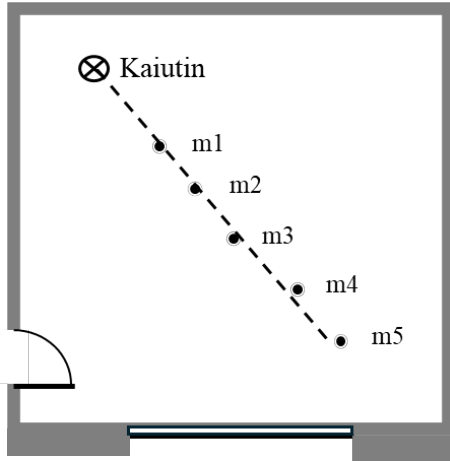
3 MITTAUSMENETELMÄT

Mittaukset tehtiin normaalisti kalustetuissa tiloissa. Mittauksen aikana tilassa oli läsnä vain mittaja. Taustamelutason aiheutti yleensä koneellinen ilmanvaihto, joka toimi mittauksen aikana päiväajan normaalikäyttöasetuksilla. Liikennemelua tai muuta rakennuksen ulkopuolelta tulevaa taustamelua ei ollut, koska ovet ja ikkunat olivat suljettuina mittauksen aikana.

Mittaukset tehtiin tilan läpi kulkevalla mittauslinjalla 5 paikassa avotoimistojen mittausstandardia ISO 3382-3:2022 [4] mukaillen oktaavikaistoilla $125\text{--}8000$ Hz. Pallokaiutin sijoitettiin $1,55$ m korkeudelle mittauslinjan alkuun opettajan paikalle (kuva 1). Mittauslinjan pituus määrittyi tilan koon mukaan. Luokkahuoneissa oli yksi mittauslinja, mutta avoimissa opetustiloissa niitä oli $1\text{--}3$. Mittauspaikat olivat $1,20$ m korkeudella ja useimmiten etäisyyksillä $2, 3, 5, 6$ ja 9 m pallokaiuttimesta. Puheäänien leviämismuoto, L_{AS} , määritettiin jälkikäteen jokaiselle mittauslinjalle erikseen. Mittauspaikoissa mitattiin myös impulssivasteet, joita käytettiin jälkikaiunta-ajan, T_{20} , ja puheensiirtoindeksin, STI, määrittämiseen.

Mittauslaitteistona oli kannettava tietokone, johon liitettiin ulkoinen äänikortti (Roland Rubix22) ja mittausmikrofoni (NTI Audio M2010). Pallokaiutin (Norsonic NOR276) ja sen vahvistin (Norsonic NOR280) liitettiin äänikorttiin testisignaalien toistamiseksi. Mittausohjelma (Artalabs 1.9.4.1) tuotti testisignaalit ja analysoi mittausmikrofonin vastaanottamat signaalit. Mittauslaitteisto kalibroitiin ennen mittauksia äänitasokalibraattorilla (Brüel&Kjaer 4231).

STI määritettiin IEC 60268-16:2020 [5] mukaan käyttäen impulssivasteista määritettyjä modulaatiosiirotfunktoita, puheen äänenpainetasoja, taustamelun äänenpainetasoja ja niihin liittyviä painotuskertoimia. Näin määritetyt STI arvot kuvaavat tilannetta, kun opettaja puhuu yksin tilassa.



Kuva 1. Esimerkki mittauslinjasta luokkahuoneessa.

4 TULOKSET

Taulukossa 2 esitetään yhteenveto kaikkien opetustilojen mittaustuloksista. Kuvassa 2 esitetään esimerkit yksityiskohtaisista mittaustuloksista, joista taulukon 2 tulokset on koottu.

Taulukko 2. Mittaustulosten keskiarvot ja vaihteluväli luokkahuoneissa ja avoimissa opetustiloissa. N on mitattujen tilojen määrä ja PP [%] esittää osuuden tiloista, joissa tavoitearvot saavutetaan.

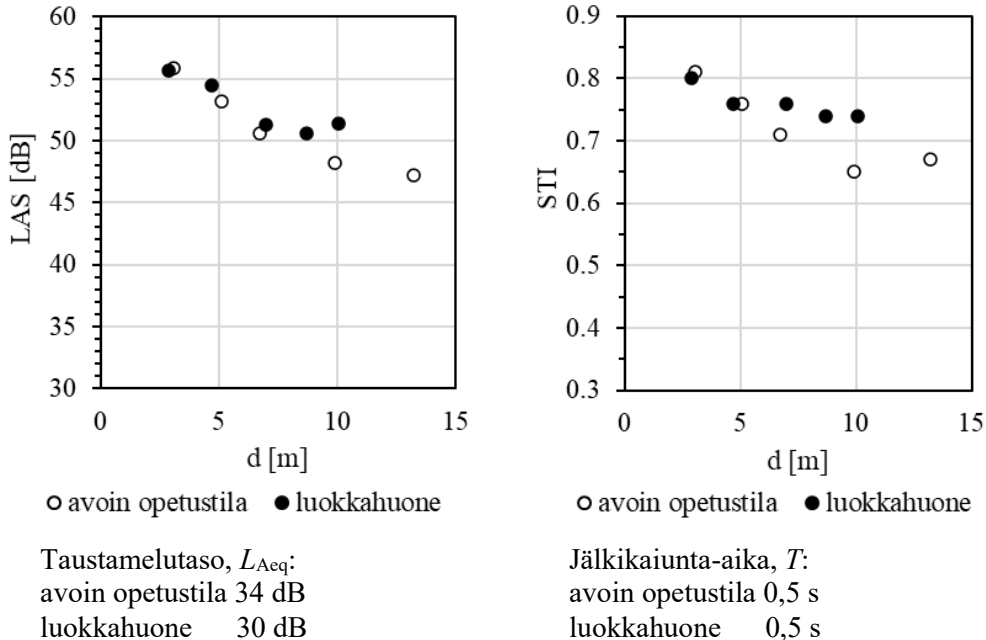
Mittaluku	Luokkahuone	Avoim opetustila
L_{Aeq}	33 (25–47)	34 (29–44)
T	0,55 (0,34–0,82)	0,54 (0,44–0,72)
STI	0,77 (0,64–0,83)	0,82 (0,47–0,91)
N	62	11
PP, L_{Aeq} [%]	56	55
PP, T [%]	66	36
PP, STI [%]	71	9
PP, kaikki [%]	56	9

5 POHDINTA

Yli puolessa (56 %) luokkahuoneista saavutettiin tavoitearvot $L_{Aeq} < 33$ dB, $0,5 < T < 0,7$ s ja $STI > 0,7$. Sitä vastoin suurimmassa osassa avoimista opetustiloista tavoitearvot $STI > 0,7$, kun etäisyys puhujasta alle 8 m, tai $STI < 0,5$, kun etäisyys yli 8 m, eivät täytyneet. Tähän yleisin syy oli liian suuri STI yli 8 m etäisyyksillä. Peittoäänijärjestelmä oli käytössä vain yhdessä avoimessa opetustilassa. Joissakin avoimissa opetustiloissa oli sermejä, joilla voisi estää puheäänien vapaata etenemistä. Niitä ei ollut mittauslinjalla.

Mittaustulokset tarjoavat laajan otoksen uusista tai hiljattain saneeratuista opetustiloista. Tulosten perusteella avoimien opetustilojen suunnittelijat tarvitsisivat koulutusta tai

asiantuntija-apua, jotta tavoitetasoihin päästäisiin uusissa koulurakennuksissa. Huoneakustinen suunnittelu on tarpeellista, koska oppilaiden tyytyväisyyden on havaittu luokkahuoneissa olevan korkeampi, jos akustinen ratkaisu on parempi [6].



Kuva 2. Esimerkit mittauslinjan tuloksista yhdessä avoimessa opetustilassa ja yhdessä luokkahuoneessa.

VIITTEET

- [1] Radun, J., Keränen, J., Rantanen, S., Veermans, M., Hongisto, V. (2025). Comparison of open, flexible, and enclosed learning spaces – teaching staff’s experiences and activity sound exposure. *Build. Environ.* 280 113125. Open access: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113125>.
- [2] Kylliäinen, M., Hongisto, V. Rakennuksen ääniolosuhteiden suunnittelu ja toteutus. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:28, Helsinki, 2019. ISBN PDF 978-952-361-035-4. ISSN PDF 2490-1024. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161953>.
- [3] C1:1998 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö, Helsinki, 1998.
- [4] ISO 3382-3:2022 Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 3: Open plan offices, International Organization for Standardization.
- [5] EN IEC 60268-16:2011 Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index, European Committee for Electrotechnical Standardization.
- [6] Radun, J., Lindberg, M., Lahti, A., Veermans, M., Alakoivu, R., Hongisto, V. (2023) Pupils’ experience of noise in two acoustically different classrooms. *Facilities* 41(15/16) 21–37. Open access at: <https://doi.org/10.1108/F-03-2022-0036>.