

PÖLYN JA MAALIN VAIKUTUS KIPSILEVYRAKENTEISEN KAIUNTAHUONEEN JÄLKIKAIUNTA-AIKAAN

Anttoni Kananen

Helimäki Akustikot
Temppelikatu 6 B
00100
Helsinki
anttoni.kananen@helimaki.fi

Tiivistelmä

Helimäki Akustikoilla on akkreditoitu laboratorio ilmasteneristysluvun R_w mittaamiseen. Mittaukset koostuvat pääosin kevyt- ja raskasrakenteisista väliseinistä, jolloin asennustyöstä aiheutuu tilaan runsaasti pölyä. Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää kuinka paljon laboratorion puhdistaminen ja seinäpintojen ylimaalaus vaikuttaa verrattuna pölyisen tilanteen jälkikaiunta-aikaan. Oletus on, että vaikutus on huomattava suurilla taajuuksilla ja mitätön pienillä taajuuksilla, mutta rajataajuudesta ei ole ennakkotietoa. Tulokset tukevat aikaisempaa oletusta ja mittausten perusteella pölyn vaikutus pestyyn tilanteeseen nähden oli merkittävää vasta 1600 hertsistä ylöspäin ja maalatun tilanteen vaikutus pestyyn tilanteeseen 315 hertsistä ylöspäin.

1 JOHDANTO

Helimäki Akustikoilla on käytössään akkreditoidut laboratoriotilat ilmasteneristysluvun R_w mittaamiseen (yhteistyössä Aulis Lundell Oy:n kanssa). Tilat koostuvat kahdesta vierekkäin olevasta kaiuntahuoneesta, joiden välille tutkittava rakenne/-osa rakennetaan. Laboratoriossa tehtävät mittaukset koostuvat pääosin kevyt- ja raskasrakenteisista väliseinistä, jolloin asennustyöstä aiheutuu tilaan runsaasti pölyä. Laboratoriossa ei ollut tehty kunnollista siivousta hiljattain suoritettua kivirakenteisen seinämittauksen jälkeen, joten kaiuntahuoneissa oli paljon pölyä. Lisäksi laboratoriotiloja oli päätetty kehittää viihtyisämmiksi käyttäjän kannalta, mikä tarkoitti esim. tilojen valoisuuden parantamista maalaamalla seinät valkoisiksi. Tämä tilanne antoi mahdollisuuden lähteä tutkimaan pölyn ja maalin vaikutusta kaiuntahuoneiden jälkikaiunta-aikaan. Kirjallisuudessa [1] on esitetty eriäviä absorptiokertoimia esim. maalaamattomalle ja maalatulle kiviseinälle, mutta pölyn absorptiokertoimia ei ole helposti löydettävissä. Kuitenkin on yleisesti tiedossa, että pöly absorboi ääntä.

2 LABORATORION RAKENTEET JA MUUTOKSET

Tilat koostuvat kahdesta vierekkäin olevasta kaiuntahuoneesta, joita yhdistää betoninen kehikko. Kaiuntahuoneiden kaikki pinnat, paitsi betonikehikko, ovat kipsilevyrakenteisia



© 2019 Anttoni Kananen. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Ei sovitettu -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.

(kolminkertainen kipsilevytyks seinissä ja katossa). Huoneiden seinä- ja kattopintoja ei ole viimeistely, vaan ne ovat alkuperäisellä kipsilevyypinnalla. Lattialevyjen päälle on asennettu teräksinen levy kestävyuden kannalta. Huoneiden diffuusoreina on käytetty katosta ripustettuja ovilevyjä (3 kpl per huone). Laboratorion yhteistilavuus (lähetys- ja vastaanottohuone, sekä mittausaukko) on noin 220 m³.

Ensimmäisessä mittauksessa mitattiin kaiuntahuoneet nykyisellään, pölyisinä (kts. kuva 1). Ennen toista mittaukselta huoneiden pinnat ja diffuusorit pyyhittiin puhtaaksi. Kolmatta mittausta varten kummankin huoneen seinäpinnat ylimaalattiin. Kattoa ei maalattu ja diffuusorit olivat jo valmiiksi maalatut.



Kuva 1. Lähtötilanteen kuva lattian pölyisestä pinnasta.

3 ÄÄNIABSORPTIO JA ABSORPTIOSUHDEKERROIN

Ääniabsorption mittaaminen ja laskenta kaiuntahuoneessa on esitetty standardissa ISO 354:2003 [2]. Mitatusta jälkikaiunta-ajasta saadaan laskettua tilan ääniabsorption määrä sabineissa seuraavasti:

$$A = \frac{55,3 * V}{c * T} - 4 * V * m, \quad (1)$$

jossa V on huoneen tilavuus kuutiometreissä, c on äänennopeus ($c = (331 + 0,6 * t / ^\circ\text{C})$ m/s), T on jälkikaiunta-aika sekunneissa ja m on tehovaimennuskerroin standardin ISO 9613-1:1993 [3] mukaan tietyssä lämpötilassa ja suhteellisessa kosteudessa.

Materiaalin aiheuttama lisäabsorptio tilaan lasketaan seuraavasti:

$$A_T = A_2 - A_1, \quad (2)$$

jossa A_1 kaavan 1 mukainen tulos, kun kaiuntahuone on tyhjä, ja A_2 , kun tutkittava materiaali on tuotu kaiuntahuoneeseen.

Materiaalin absorptiosuhdekertoimet saadaan laskettua jakamalla absorption muutos tutkittavan materiaalin pinta-alalla.

$$\alpha_s = \frac{A_T}{S}, \quad (3)$$

jossa A_T on kokonaisabsorption muutos sabineissa ja S on materiaalin pinta-ala neliömetreissä.

4 MITTAUKSET

Mittaukset suoritettiin laboratoriolalla kolmena päivänä: 6.8., 12.8. ja 3.9.2019. Kaikissa mittauksissa kaiuntahuoneiden välinen aukko oli auki, joten tiloissa mitattiin kummankin tilan yhteinen jälkikaiunta-aika. Jälkikaiunta-aikamittaukset suoritettiin standardin ISO 354:2003 [2] mukaan. Mittauksissa käytettiin kahta kaiutinpaikkaa ja kuutta mikrofonipistettä per kaiutinpaikka ja jokaisesta mikrofonipaikasta otettiin kaksi mittausta. Mittausten yhteydessä mitattiin myös huoneiden lämpötila, suhteellinen kosteus ja staattinen ilmanpaine, jotka on esitetty taulukossa 1. Mittaukset suoritettiin Helimäki Akustikkojen työntekijöiden toimesta.

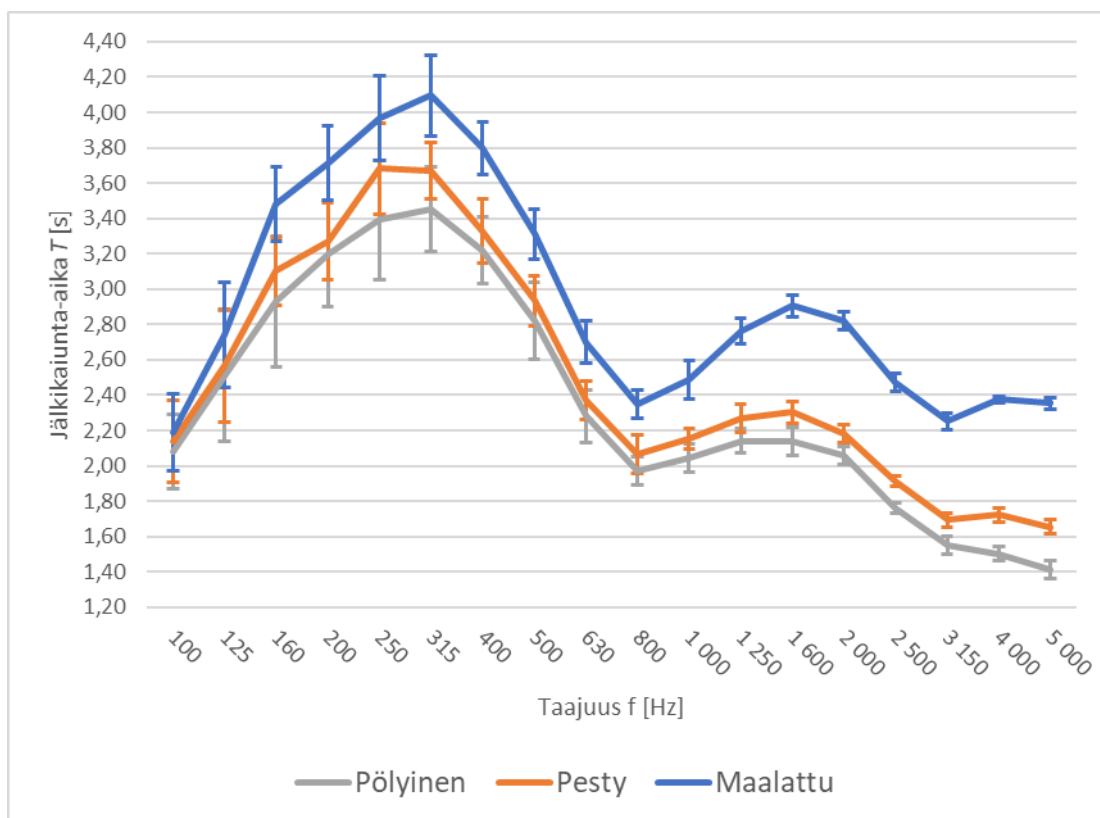
Taulukko 1. Mittauspäivinä mitatut sääolosuhteet laboratorion sisällä.

Päivä	T [°C]	RH [%]	P [hPa]
6.8.2019	21	49	1006,1
12.8.2019	20	60	1010,1
3.9.2019	20	65	1015

5 TULOKSET

Tilan lämpötila ja suhteellinen kosteus vaikuttavat sen jälkikaiunta-aikaan (kaava 1), jolloin tämän tutkimuksen yhteydessä tehdyt mittaukset tulee normeerata, jotta niiden vertaaminen toisiinsa olisi luotettavampaa. Mittaustulokset normeerattiin lähtötilanteen pyöristettyihin sääolosuhteisiin: lämpötila 20 °C ja suhteellinen kosteus 50 %. Pyöristykset johtuvat standardin 9613-1 [3] taulukkoarvojen puutteista (lämpötilat on esitetty viiden asteen välein ja suhteellinen kosteus vaihtelevasti 5-10 % välein). Kolmannen päivän mittauksen (maalattu tilanne) normeerauksen varten taulukkoarvot jouduttiin interpoloimaan 60 ja 70 % suhteellisen kosteuden väliltä, koska taulukoissa ei ole suoraa arvoa 65 % suhteelliselle kosteudelle.

Normeeratut jälkikaiunta-ajat standardipoikkeamiseen on esitetty kuvassa 2. Kuvaajista nähdään, että normeerattujen tulosten keskiarvot poikkeavat selvästi toisistaan jo 125 hertsistä alkaen, mutta merkittävä eroavaisuus (standardipoikkeamat eroavat toisistaan) ilmenee pölyisen ja pestyn tilanteen välillä 1600 hertsistä ylöspäin ja pestyn ja maalatun välillä 315 hertsistä ylöspäin. Peseminen pidentää lähtötilanteen jälkikaiunta-aikaa merkittävän eron alueella noin 0,1-0,2 sekuntia ja maalaaminen verrattuna pestyyn tilanteeseen noin 0,3-0,7 sekuntia merkittävän eron alueella riippuen taajuudesta.



Kuva 2. Pölyisen tilanteen sääolosuhteisiin normeeratut jälkikaiunta-ajat ja tulosten standardi-poikkeamat.

6 ABSORPTIOKERTOIMET

Akustiikkasuunnittelijaa eniten hyödyttävä osuus tästä tutkimuksesta olisi tietää pölyn absorptiokertoimet sekä maalauksen vaikutus kipsilevyseinän absorptiokertoimiin. Näiden mittausten perusteella ei kuitenkaan voida määrittää kyseisiä termejä (ainakaan luotettavasti) johtuen poikkeamista verrattuna standardiin ISO 354 [2] sekä pölyn määrän määrittämisen vaikeudesta. Johdetaan kuitenkin kuriositeettina absorptiokertoimet edellä esitetyille tapauksille ja tehdään pölyn tapauksessa seuraavat oletukset:

- kaikki pöly laboratoriossa sijaitsee pelkästään lattialla sekä diffuusoreiden päälipinnoilla ja
- pölyä on kyseisillä pinnoilla yhtä paljon kaikkialla.

Tutkittavan materiaalin pinta-alana käytetään pölyn tapauksessa äskeisten oletusten perusteella lattian ja diffuusoreiden yhteistä pinta-alaa (noin 68 m²) ja maalauksen tapauksessa maalattujen seinäpintojen pinta-alaa (noin 141 m²).

Tällöin kaavan 3 mukaan lasketut pölyn absorptiokertoimet ja maalauksen vaikutus kipsilevyjen absorptiokertoimiin on esitetty taulukossa 2. Maalauksen vaikutus on esitetty muutoksena todellisiin absorptiokertoimiin, koska käytetyllä mittaustavalla saadaan esiin ainoastaan kahden tilanteen välinen ero, joka näiden mittausten välillä oli maalaaminen. Kipsilevytys seinillä ei muuttunut mihinkään mittausten välillä.

Taulukko 2. Mittaustuloksista johdetut absorptiokertoimet pölylle ja absorptiokertoimien muutokset kipsilevyille maalauksesta johtuen.

f [Hz]	Pölyn absorptiokertoimet α	Maalauksen vaikutus kipsilevyjen absorptiokertoimiin $\Delta\alpha$
100	0,01	0,00
125	0,00	-0,01
160	0,01	-0,01
200	0,00	-0,01
250	0,01	0,00
315	0,01	-0,01
400	0,01	-0,01
500	0,01	-0,01
630	0,01	-0,01
800	0,01	-0,01
1 000	0,01	-0,02
1 250	0,01	-0,02
1 600	0,02	-0,02
2 000	0,01	-0,03
2 500	0,02	-0,03
3 150	0,03	-0,04
4 000	0,05	-0,04
5 000	0,05	-0,05

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että pöly lisää tilan absorption määrää ja kipsilevyjen maalaaminen taas vähentää tilan absorption määrää. Pölyn vaikutus (merkittävä) alkaa näiden mittaustulosten perusteella 1600 hertsistä ylöspäin ja maalauksen vaikutus taas 315 hertsistä ylöspäin. Mittaustuloksista johdetut absorptiokertoimet pölylle ja absorptiokertoimien muutokset maalatuille kipsilevyille ovat esitetty vain kuriositeettina, eikä niitä tule käyttää suunnittelussa niiden epävarmuuksista johtuen.

8 KIITOKSET

Haluan kiittää Aulis Lundell Oy:tä tutkimuksen mahdollistamisesta järjestäen tilojen siivouksen ja maalauksen ja Helimäki Akustikot Oy:tä saadessani tehdä tutkimusta työn ohessani. Lisäksi haluan kiittää Aleksii Mikkolaa mittausten suorittamisesta, jotta itse pystyin keskittymään muuhun työhön.

VIITTEET

[1] Egan, M. David. Architectural Acoustics. McGraw-Hill, Inc., s. 52, 1988.

[2] ISO 354: Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room. International organization for standardization, 2003.

[3] ISO 9613-1: Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors. International organization for standardization, 1993.