

SPEKTRIPAINOTUSTERMIN $C_{1,50-2500}$ VAIKUTUS ASKELÄÄNENERISTÄVYYDEN ARVIOINTIIN

Joni Kemppainen¹ ja Mikko Kylliäinen²

¹ A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Bertel Jungin aukio 9
02600 ESPOO
joni.m.kemppainen@ains.fi

² A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Puutarhakatu 10
33210 TAMPERE
mikko.kylliainen@ains.fi

Tiivistelmä

Askelääneneristävyden arvioinnissa nykyisin tarkasteltavaa taajuus-
aluetta 100–3150 Hz on ehdotettu laajennettavaksi pienillä taajuuksilla 50 Hz
asti. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millaisia vaikutuksia
spektripainotustermin $C_{1,50-2500}$ käyttöönotolla on nykyisin käytössä oleviin
välipohjarakenteisiin ja niiden keskinäiseen järjestykseen. Aineistona käytet-
tiin aiemmassa ÄKK-hankkeessa kerättyä tietoa välipohjien askelääneneris-
tyksestä. Spektripainotustermin käyttäminen muuttaa välipohjarakenteiden
keskinäistä paremmuusjärjestystä, sillä termin arvo vaihtelee käytössä olleen
aineiston välipohjilla välillä -11,7 dB...+15,8 dB. Spektripainotustermin po-
siitiivinen arvo tarkoittaa useimmiten sitä, että askeläänispektrissä on suuria
äänitasoja alle 100 Hz taajuuksilla. Tällaisten välipohjien sijoitus muiden
joukossa heikkenee käytettäessä spektripainotustermiä. Tällöin välipohjan
mittaustulos korreloi paremmin asukkaiden subjektiivisten arvioiden kanssa.
Negatiivinen spektripainotustermi tarkoittaa sitä, että osa välipohjarakenteis-
ta, jotka eivät täytä tämän hetken vaatimuksia, hyväksyttäisiin jatkossa uuden
askeläänitasoluvun eli summan $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ myötä. Mitattavan taajuus-
alueen laajentaminen ja spektripainotustermin käyttö ei saisi johtaa siihen, et-
tä askelääneneristävydeltään puutteellisesti toimivat rakenteet hyväksytään.
Luonteva ratkaisu tähän on esittää askelääneneristävyydelle vaatimus sekä
spektripainotustermin kanssa että ilman sitä. Toinen vaihtoehto on sallia
spektripainotustermin arvoksi vain nolla tai sitä suurempi luku.

1 JOHDANTO

Ympäristöministeriön luonnos asetukseksi rakennuksen ääniympäristöstä oli lausunto-
kierroksella alkukesästä 2017. Luonnoksessa esitetään, että askelääneneristävyden mit-
talukuna käytettäisiin jatkossa 0,5 s vertailujälkikäiunta-aikaan standardisoitua askelääni-
tasolukua $L'_{nT,w}$, johon yhdistetään spektripainotustermi $C_{1,50-2500}$ [1]. Näiden summa saa
olla enintään 53 dB asuinhuoneistojen välillä. Asetus korvaa 1.1.2018 alkaen Suomen
rakentamismääräyskokoelman osan C1-1998, jossa askelääneneristävyden mittalukuna

on 10 m^2 vertailuabsorptioalaan normalisoitu askeläänitasoluku $L'_{n,w}$, joka määritetään askeläänitasojen mittaustuloksista taajuusalueella 100–3150 Hz [2].

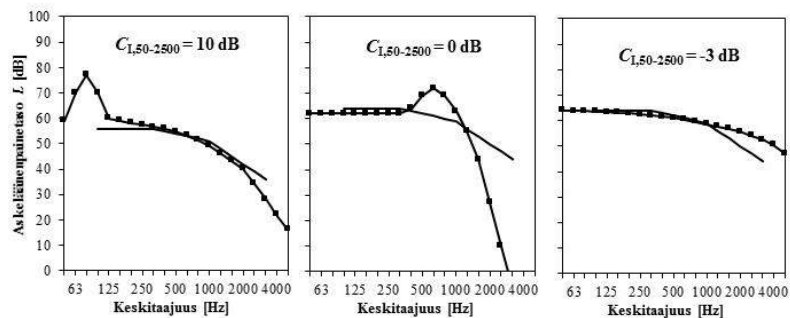
Ympäristöministeriön sekä rakennusalan järjestöjen ja yritysten rahoittaman ÄKK-tutkimushankkeen [3] tulokset tukevat sekä siirtymistä standardisoituihin ääneneristävyyden mittalukuihin [4–5] että mitattavan taajuusalueen laajentamista nykyisestä taajuusalueesta 100–3150 Hz pienillä taajuuksilla 50 Hz asti. Kuuntelukokeiden perusteella taajuusalueen laajentaminen kasvattaa korrelaatiota joidenkin askeläänten subjektiivisesti koetun häiritsevyyden ja objektiivisten mittalukujen välillä [6].

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millaisia vaikutuksia spektripainotustermin $C_{L_{50-2500}}$ käyttönotolla on nykyisin käytössä oleviin välipohjarakenteisiin ja niiden keskinäiseen järjestykseen. Tämä tutkimus on osa laajempaa selvitystä, joka on esitetty lähteessä [7]. Koska ympäristöministeriön luonnoksessa asetukseksi [1] esitetään standardisoituja ääneneristävyyden mittalukuja, tässä esityksessäkin tarkastellaan vain niitä.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineistona käytetään ÄKK-hankkeessa välipohjien askelääneneristyksestä kerättyä tietoa, joka on julkaistu lähteessä [8]. Julkaistusta aineistosta valittiin vuoden 1999 jälkeen rakennetut eli nykyisten määräysten voimassa ollessa toteutetut välipohjat. Tarkasteluun sisältyi yhteensä 214 välipohjaa, johon kuului 192 betonivälipohjaa, 13 kevytvälipohjaa sekä 9 sekalaista välipohjarakennetta. Pääosa selvitykseen sisällyneistä rakenteista oli uudisrakennuksissa, mutta jonkin verran välipohjia oli mukana myös hankkeista, joissa rakennuksen käyttötarkoitus on muuttunut.

Julkaistun aineiston perusteella laskettiin standardisoidut askeläänitasoluvut $L'_{nT,w}$ ja spektripainotustermit $C_{L_{50-2500}}$. Koska näiden määritelmät on annettu standardissa ISO 717-2 [9], mittalukujen laskentaa ei tässä erikseen esitetä. Sitä vastoin kuvassa 1 on esitetty, millä tavoin spektripainotustermin $C_{L_{50-2500}}$ arvo liittyy askeläänispektrin muotoon. Spektripainotustermin negatiivinen arvo tarkoittaa sitä, että askeläänispektrissä yleensä on suuria askeläänitasoja suurilla taajuuksilla. Jos askeläänispektri suunnilleen seuraa askeläänitasoluvun laskennassa käytettävän vertailukäyrän muotoa, spektripainotustermin arvo on nolla tai lähellä sitä. Spektripainotustermin positiivinen arvo tarkoittaa useimmiten sitä, että askeläänispektrissä on suuria äänitasoja alle 100 Hz taajuuksilla.

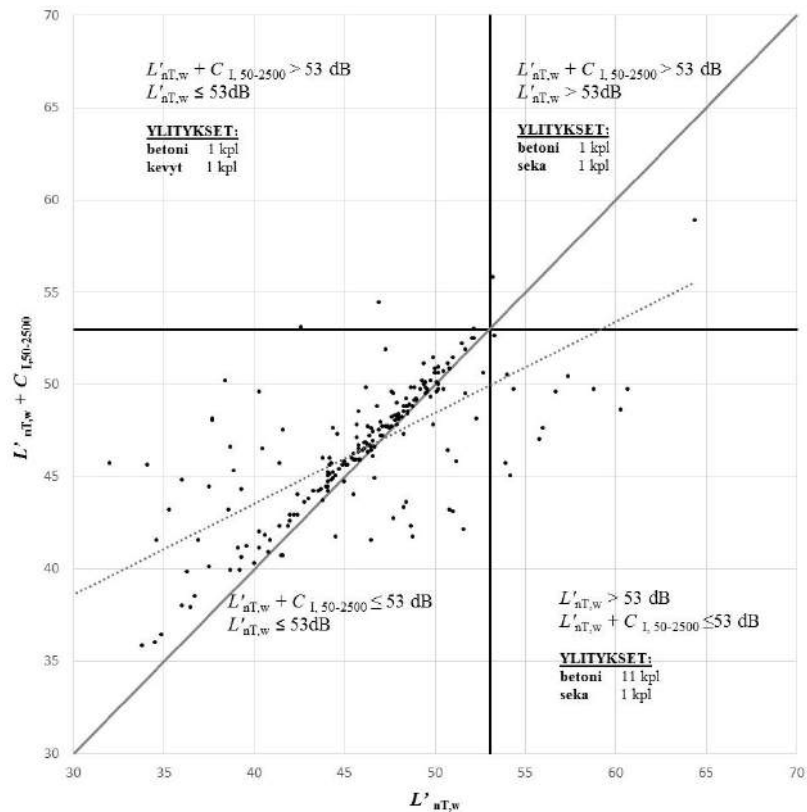


Kuva 1. Spektripainotustermin $C_{L_{50-2500}}$ käyttäytyminen. Yhtenäinen kaksitaitteinen viiva on vertailukäyrä. Askeläänitasot on esitetty mustilla ruuduilla.

Ympäristöministeriön luonnoksessa asetukseksi rakennuksen ääniympäristöstä [1] standardisoidun askelääänitasoluvun $L'_{nT,w}$ ja spektripainotustermin $C_{1,50-2500}$ summan suurimmaksi sallitaksi arvoksi on määritelty 53 dB. Tulosten perusteella on selvitetty, kuinka paljon välipohjien mittaluvun $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ lukuarvo muuttuu standardisoituun äänitasolukuun $L'_{nT,w}$ verrattuna.

3 TULOKSET

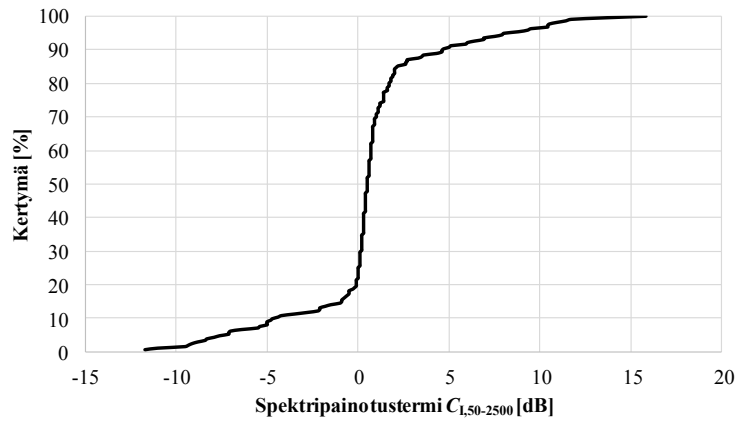
Kuvassa 2 on esitetty spektripainotetun ja spektripainottoman askelääänitasoluvun arvot aineiston välipohjarakenteilla. Kuviin on piirretty viivat vaaka- ja pysty akselin mukaisesti 53 dB arvon kohdalle, joka on asetusluonnoksessa [1] asetettu askelääänitasoluvun $L'_{nT,w}$ ja spektripainotustermin $C_{1,50-2500}$ summan suurin sallittu arvo. Taulukossa 1 on esitetty 53 dB rajan eri tapauksissa ylittävien mittaustulosten määrä. Lisäksi kuvassa 3 on esitetty kertymäfunktio spektripainotustermin $C_{1,50-2500}$ arvosta kaikilla aineiston välipohjilla.



Kuva 2. Mittalukujen $L'_{nT,w}$ ja $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ vertailu.

Taulukko 1. 53 dB raja-arvon ylittävien välipohjarakenteiden määrät ja tyypit eri tilanteissa.

Materiaali	53 dB ylitykset					
	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500} > 53$		$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500} \leq 53$		$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500} > 53$	
	$L'_{nT,w} \leq 53$		$L'_{nT,w} > 53$		$L'_{nT,w} > 53$	
	[kpl]	[%]	[kpl]	[%]	[kpl]	[%]
Betoni	1	0,5	11	5,7	1	0,5
Kevyt	1	7,7	-	-	-	-
Muu	-	-	1	11,1	1	11,1
Yhteensä	2	0,9	12	5,6	2	0,9



Kuva 3. Spektripainotusterman kertymä.

4 TULOSTEN TARKASTELU

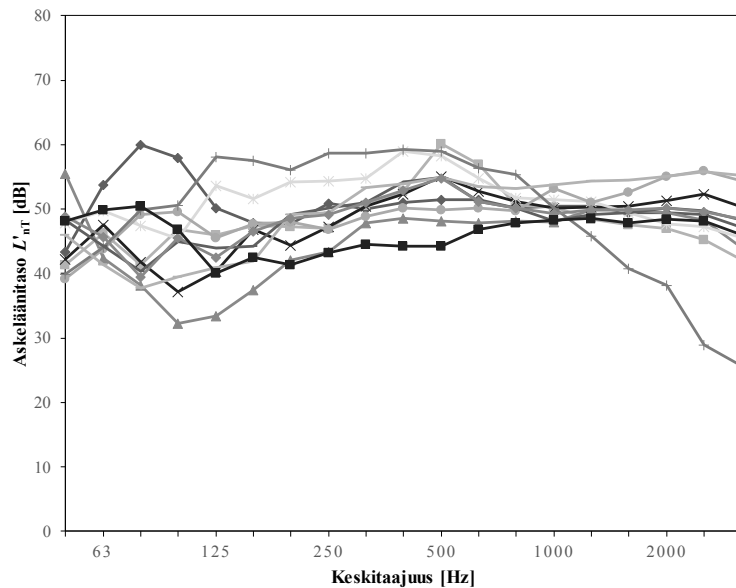
Kuvasta 2 nähdään, että askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}$ arvon ollessa alle 47 dB mittaluku $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ saa keskimäärin tätä suuremman arvon. Vastaavasti askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}$ ollessa yli 47 dB $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ saa keskimäärin tätä pienemmän arvon. Poikkeuksia tästä säännöstä yksittäistapauksissa on, mutta taulukon 1 perusteella voidaan todeta, että vain harvoissa tapauksissa nykyisin käytössä oleva välipohja ei täyttäisi ympäristöministeriön asetusluonnoksen [1] rajaa 53 dB mittaluvulle $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$. Tutkittu aineistoissa tällaisia välipohjia on vain 2.

Tarkastellussa aineistossa spektripainotusterman $C_{1,50-2500}$ arvo vaihtelee kuitenkin varsin suurella välillä -11,7...+15,8 dB. Noin 60 % tapauksista spektripainotusterman arvo on 0...+2 dB. Noin 10 % tapauksista spektripainotusterman arvo on yli 5 dB ja noin 20 % tapauksista spektripainotusterman arvo on negatiivisen arvon.

Kaikkiaan spektripainotusterman arvo on positiivinen noin 80 % tapauksista. Tämä tarkoittaa sitä, että ehdotettu mittaluku $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ tasoittaa välipohjien välisiä eroja.

Askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}$ arvo on tutkitussa aineistossa pienimmillään alle 35 dB. Osassa näistä tapauksista spektripainotusermin arvo on suurimmillaan. Muutokset ovat suurimpia yleensäkin silloin, kun askeläänitasoluvun $L'_{nT,w}$ arvo on alle 45 dB. Tällaisia arvoja askeläänitasoluku saa silloin, kun käytetään kelluvaa lattiaa, jonka ominaistajuus on alueella 50–100 Hz.

Erikoistapauksen tutkitussa aineistossa muodostavat välipohjat, joilla mittaluku $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$ on pienempi kuin $L'_{nT,w}$. Kuvan 3 perusteella näitä välipohjia on aineistosta noin 20 %. Taulukon 1 mukaan aineistossa on 12 (5,6 %) tällaista välipohjaa, joiden askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ on suurempi kuin 53 dB, mutta mittaluku $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$ pienempi kuin 53 dB. Kuvassa 4 on esitetty taulukon 1 keskimmaisen sarakkeen 11 betonirakenteen askeläänispektrit. Tällaisia askeläänispektrejä syntyy tyypillisesti silloin, kun rakenteet on varustettu liian kovalla lattianpäällysteellä (kova muovimatto, keraaminen laatta) [10] tai kyseessä on kelluva tai maanvarainen lattia, joka on kiinni ympäröivässä betonirungossa. On todennäköistä, että tällaisilla rakenteilla korkeita taajuuksia sisältävät iskuäänät, kuten kävely kovilla kengillä tai tuolin siirtely koettaisiin häiritsevinä [6].



Kuva 4. Askeläänispektrit välipohjista, joiden askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ on suurempi kuin 53 dB ja $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$ on pienempi kuin 53 dB.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Määrällisesti tarkasteltaessa vaikuttaa siltä, että askeläänitasoluvun mitta-alueen laajentaminen 50 Hz asti ei edellyttäisi suurimpaan osaan nykyisin käytettävistä ja hyväksyttävistä välipohjista rakenteellisia muutoksia. Spektripainotusermin käyttämisen myötä välipohjien askelääneneristävyyden arvioinnissa ja keskinäisessä paremmuusjärjestyksessä sitä vastoin tapahtuu muutoksia.

Erikoistapauksen muodostavat ne noin 20 % välipohjista, joiden mitatut askeläänispektrit johtavat spektripainotusermin $C_{1,50-2500}$ negatiiviseen arvoon. Spektripainotusermin negatiivisten arvojen salliminen tekisi mahdolliseksi käyttää välipohjia, joilla on heikko askelääneneristävyys suurilla taajuuksilla, kuten keraamisella laattalla tai kovalla muovimatolla päällystetyllä betonilaatalla. Askelääneneristävyuden arvioinnissa mitattavan taajuusalueen laajentamisen ja spektripainotusermin $C_{1,50-2500}$ käyttöönoton ei tulisi johtaa siihen, että askelääneneristävyydeltään puutteellisesti toimivat rakenteet hyväksytään. Luonteva ratkaisu tähän on esittää askelääneneristävyydelle vaatimus spektripainotusermin kanssa ja ilman sitä. Toinen vaihtoehto on sallia spektripainotusermille ainoastaan positiiviset luvut.

KIITOKSET

Kirjoittajat kiittävät ympäristöministeriötä tämän selvityksen rahoittamisesta sekä Ari Saarista ja Pekka Lukkarista (ympäristöministeriö) ja Timo Huhtalaa (A-Insinöörit Suunnittelu Oy) miellyttävästä johtoryhmätyöskentelystä.

VIITTEET

- [1] Luonnos (2.5.2017) ympäristöministeriön asetukseksi rakennusten ääniympäristöstä. 2017. Helsinki, ympäristöministeriö.
- [2] Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. 1998. Helsinki, ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1.
- [3] Hongisto, V. & Kylliäinen, M. 2015. ÄKK Loppuraportti. Turku, Työterveyslaitos.
- [4] Kylliäinen, M., Takala, J., Oliva, D. & Hongisto, V. 2016. Justification of standardized level differences in rating of airborne sound insulation between dwellings. *Applied Acoustics*. Vol. 102, s. 12–18.
- [5] Lietzén, J., Kylliäinen, M. & Takala, J. 2016. Justification of standardized impact sound pressure levels in rating of impact sound insulation of floors. *Proceedings of the 45th International Congress on Noise Control Engineering Internoise 2016*. Hamburg, August 21-24, paper no. 226.
- [6] Kylliäinen, M., Hongisto, V., Oliva, D. & Rekola, L. 2017. Subjective and objective rating of impact sound insulation of a concrete floor with various coverings. *Acta Acustica united with Acustica*. Vol. 103(2), s. 236–251.
- [7] Kempainen, J. 2017. Akustisten olosuhteiden kustannusvaikutukset. Diplomityö. Espoo, Aalto-yliopisto, sähkötekniikan korkeakoulu.
- [8] Takala, J. 2013. Suomalaisten asuinhuoneiden ääniolosuhteet ja ääneneristävyuden mittaustapa. Diplomityö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan koulutusohjelma.
- [9] ISO 717-2: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation. 2013. Genève, International Organization for Standardization.
- [10] Kylliäinen, M., Lietzén, J., Kovalainen, V. & Hongisto, V. 2015. Correlation between single-number-quantities of impact sound insulation and various noise ratings of walking on concrete floors. *Acta Acustica united with Acustica*. Vol. 101(5), s. 975–985.