

NURKKAPISTEMENETELMÄN VAIKUTUS ÄÄNENERISTÄVYYSMITTAUKSISSA - HAVAINTOJA KENTTÄMITTAUKSISTA

Olli Santala

Helimäki Akustikot Oy
Temppelikatu 6 B
00100 Helsinki
olli.santala@helimaki.fi

Tiivistelmä

Uusien ääneneristävyyden mittausstandardien yhteydessä otettiin käyttöön nurkkapistemenetelmä, joka koskee mittauksia alle 25 m³:n huonetiloissa. Menetelmässä nurkissa tehdään lisämittauksia, jotka otetaan huomioon laskennallisessa mittaustuloksessa terssikaistoilla 50, 63 ja 80 Hz. Tässä artikkelissa tarkastellaan vuosien 2016 ja 2017 kuluessa tehtyjen kenttämittausten avulla, miten nurkkapistemenetelmä vaikuttaa kyseisten taajuuksien ääneneristävyytuloksiin. Alle 25 m³:n lähetys- ja vastaanottohuoneen mittausten vaikutusta käsitellään sekä yhdessä että erikseen. Tulosten perusteella nurkkapistemenetelmä saattaa vaikuttaa huomattavasti pienten taajuuksien ääneneristävyyden lukuarvoihin.

1 JOHDANTO

Rakennusten ääneneristävyyden mittauksissa siirryttiin hiljattain käyttämään uusia mitausstandardeja. Niissä on esitelty nurkkapistemenetelmä (pienitaajuusmenetelmä, *low-frequency method*), jota käytetään mitattaessa alle 25 m³:n huonetiloissa. Menetelmässä mitataan jo aiemmista standardeista tuttujen mittausten lisäksi neljän nurkkapisteen äänenpainetasot ja taustäänitasot sekä huoneen jälkikaiunta-aika oktaavikaistalla 63 Hz. Menetelmän tavoitteena on saada tarkemmin selville pienten taajuuksien käyttäytyminen silloin, kun huonetila on pieni.

Yleisesti ottaen ilmaääneneristävyyksissä mitataan taajuuskaistoittain lähetys- ja vastaanottotilan äänenpainetasot L_1 ja L_2 . Tilojen välisten äänenpainetasojen ero D sekä siitä laskettavat eri mittaluvut kertovat tiloja erottavan rakenteen ääneneristävyydestä. Askelääneneristävyyksissä puolestaan mitataan pelkästään vastaanottotilan äänenpainetasoja, sillä standardin mukainen koputuskoje tuottaa aina samanlaisen herätteen, ja näin saadaan vertailukelpoinen askeläänitasoluku selville. Molemmissa mittaustyypeissä mitataan lisäksi vastaanottotilan jälkikaiunta-aika sekä taustäänitaso. Julkisivun ääneneristävyyksissä mitaukset on jätetty tämän artikkelin ulkopuolelle.

Uudet mitausstandardit ovat ISO 16283 -sarjaa. Käytännön mittauksissa eroja vanhaan standardiin ovat mm. äänilähteelle asetetut vaatimukset, oktaavikaistoittain mittaamisen mahdollisuuden poistuminen sekä tässä artikkelissa käsiteltävä nurkkapistemenetelmä. Hopkins (2015) esittelee muutokset standardien välillä tarkemmin.

Standardeissa esitetyn määritelmän mukaan nurkkapistemittaukset tulee tehdä silloin, kun huoneen tilavuus on alle 25 m^3 . Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi monet uusien asuinkerrostalojen makuuhuoneet ja kylpyhuoneet sekä pienet toimistohuoneet. Standardeissa lähetys- ja vastaanottotiloja käsitellään erikseen, joten mikäli ilmaääneneristävyysmittauksessa vain toinen tiloista on alle 25 m^3 , vain siinä tilassa tehdään nurkkapistemenetelmän mukaiset mittaukset.

Scrosati et al. (2016) käsitelivät tutkimuksessaan nurkkapistemenetelmää sekä sen epävarmuutta julkisivumittausten tapauksessa. Tutkimuksen tulosten mukaan nurkkapistemenetelmällä mittausepävarmuus oli suurempi kuin ilman sitä. Lisäksi ääneneristävyysarvot olivat heikompia nurkkapistemenetelmää käytettäessä.

Ympäristöministeriössä on tekeillä uusi asetus rakennuksen ääniympäristöstä, ja sen myötä ilma- ja askelääneneristävyysmittaluvut ovat muuttumassa. Ilmaääneneristävyuden osalta nykyisen $R'_{w,n}$ tilalle on tulossa käyttöön äänitasoeroluku $D_{nT,w}$. Askeläänitasoluku $L'_{n,w}$ on puolestaan muuttumassa niin, että jatkossa mittaluku on $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$. Termin $C_{1,50-2500}$ sisällyttäminen on nurkkapistemenetelmän kannalta kiinnostavin muutos, sillä kyseisessä termissä huomioidaan alle 100 Hz:n taajuuskaistoilla olevat mittaustulokset, jolloin nurkkapistemenetelmän tulokset tulevat vaikuttamaan askeläänitasolukuun.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, muuttaako nurkkapistemenetelmä pienten taajuuksien tuloksia ja erityisesti askeläänitasoluvun osalta termiä $C_{1,50-2500}$. Lisäksi tarkastellaan, miten tulokset muuttuisivat, jos ilmaääneneristävyyttä mitattaessa lähetyshuoneen nurkkapisteitä ei mitattaisi.

2 AINEISTO

Tutkimuksen aineisto on kerätty kenttämittauksista, jotka on tehty vuosien 2016 ja 2017 aikana normaalina mittaustoimintana (Helimäki Akustikot Oy). Kohteissa on mukana sekä asuntoja että toimistoja, joissa kaikissa ainakin vastaanottotila on alle 25 m^3 . Mittausten määrä mittaustyypeittäin on esitetty taulukossa 1.

Mittaustulokset koottiin yhteen ja niistä analysoitiin sitä osuutta, johon nurkkapistemenetelmän käyttäminen vaikuttaa eli taajuuskaistojen 50, 63 ja 80 Hz tuloksia. Tarkastelu keskittyi siihen, miten kyseisten taajuuskaistojen ääneneristävyystulokset muuttuvat sen mukaan, ovatko nurkkapistemittaukset mukana vai ei. Lisäksi tarkasteltiin ilmaääneneristävyudessa termin $C_{50-3150}$ ja askelääneneristävyudessa termin $C_{1,50-2500}$ muutoksia.

Taulukko 1. Aineiston määrä mittaustyypeittäin.

Mittaustyyppi	Mittausten määrä	Eri kohteiden määrä
Ilmaääneneristävyysmittaus, nurkkapisteet sekä lähetys- että vastaanottotiloissa	13	8
Ilmaääneneristävyysmittaus, nurkkapisteet vain vastaanottotilassa	10	6
Askelääneneristävyysmittaus, nurkkapisteet vastaanottotilassa	10	4

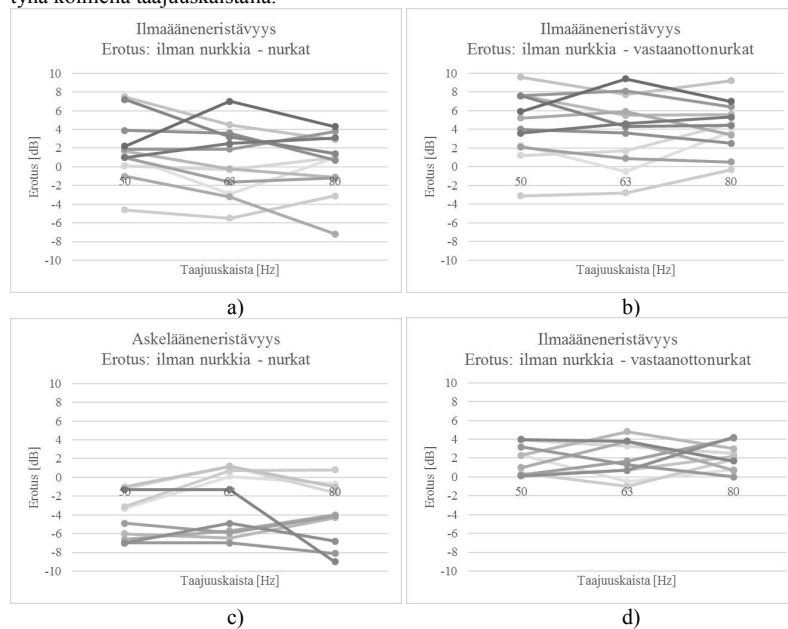
3 TULOKSET

Kuvassa 1 on esitetty kaikista mittaustuloksista lasketut ääneneristävyyden lukuarvojen erot kahden tapauksen välillä: nurkkapisteiden kanssa ja ilman. Vaaka-akselilla on esitetty ne kolme taajuuskaistaa – 50, 63 ja 80 Hz – joihin nurkkapistemenetelmä vaikuttaa. Pystyakselilla on esitetty erotus ilman nurkkapisteitä mitatun tuloksen ja nurkkapisteiden kanssa mitatun tuloksen välillä. Positiivinen luku tarkoittaa siis sitä, että ääneneristävyys on suurempi ilman nurkkapisteitä ja negatiivinen sitä, että ääneneristävyys on suurempi nurkkapisteiden kanssa.

Tulokset on jaettu neljään ryhmään:

- Kuva 1a: Ilmääneneristävyysmittaukset, joissa on mitattu nurkkapisteissä sekä lähetys- että vastaanottohuoneessa. Erotus ilman nurkkapisteitä ja niiden kanssa lasketujen tulosten välillä.
- Kuva 1b: Samat mittaukset kuin 1a:ssa, mutta erotus on laskettu ilman nurkkapisteitä ja vain vastaanottohuoneesta saatujen nurkkapistemittausten kanssa lasketujen tulosten välillä.
- Kuva 1c: Askelääneneristävyysmittaukset, joissa on mitattu nurkkapisteissä vastaanottotilassa. Erotus kuten 1b:ssä.
- Kuva 1d: Ilmääneneristävyysmittaukset, joissa on mitattu nurkkapisteissä vain vastaanottotilassa. Lähetystilassa ei standardin mukaisesti ole mitattu nurkkapisteissä, koska sen tilavuus on ollut yli 25 m³. Erotus kuten 1b:ssä.

Kuva 1. Erotukset ilman nurkkapisteitä ja niiden kanssa lasketujen tulosten välillä esitetynä kolmella taajuuskaistalla.



Taulukossa 2 on esitetty tuloksista laskettujen erotusten keskiarvot ja keskihajonnat eriteltynä kuvia 1a – 1d vastaaviin neljään ryhmään.

Taulukko 2. Tuloksista laskettujen erotusten keskiarvot (KA) sekä keskihajonnat (SD).

	R'		R' vast.otto (1)		L'n		R' vast.otto (2)	
	a		b		c		d	
Hz	KA	SD	KA	SD	KA	SD	KA	SD
50	1,8	3,2	4,5	3,4	-4,1	2,3	1,8	1,5
63	0,7	3,5	4,0	3,5	-2,8	3,3	1,9	1,9
80	0,5	3,1	4,4	2,6	-3,9	3,1	2,1	1,3

Tuloksista tarkasteltiin myös termien $C_{50-3150}$ ja $C_{1,50-2500}$ muutoksia. Taulukossa 3 on esitetty niiden tapausten määrä, joissa C-termin kokonaislukuarvo on muuttunut nurkkapistemittaukset huomioimalla.

Taulukko 3. Termien $C_{50-3150}$ ja $C_{1,50-2500}$ muutostapausten määrä nurkkapistemenetelmän seurauksena (tapauksia, joissa termin arvo on muuttunut / kaikki tapaukset).

Ilmaääneneristys, $C_{50-3150}$	Ilmaääneneristys (vain vast.otto), $C_{50-3150}$	Askelääneneristys, $C_{1,50-2500}$
6 / 13	3 / 10	6 / 10

4 ANALYYSI

Edellä esitetyt kenttämittauksista lasketut tulokset osoittavat, että nurkkapistemenetelmän käyttäminen vaikuttaa ääneneristävyytuloksiin taajuuskaistoilla 50, 63 ja 80 Hz. Jokaisessa kuvista 1a-1d on nähtävissä, että ilman nurkkia ja nurkat huomioiden lasketut tulokset eroavat toisistaan. Toisaalta kuvista ja taulukossa 2 esitetyistä keskihajonnoista huomaa myös, että mittaushohteesta riippuen nurkkapistemittauksien vaikutuksen vaihtelu on suurta.

Tuloksia analysoitaessa on huomioitava, että mittausten otoskoko on pieni. Vaikka siis onkin nähtävissä, että nurkkapistemenetelmällä on vaikutusta, ei tämän aineiston perusteella voida tehdä yleistyksiä nurkkapistemenetelmän tyypillisistä vaikutuksista.

4.1 Ilmääneneristävyysmittaukset

Ilmääneneristävyyden tapauksessa kuvassa 1a esitettyjen ilman nurkkia ja nurkkien kanssa laskettujen tulosten erotus on useimmiten positiivinen. Tämä tarkoittaa, että nurkkapistemenetelmän kanssa ilmääneneristävyys on heikompi taajuuskaistoilla 50, 63 ja 80 Hz. Muutamia päinvastaisia tapauksia kuitenkin on, ja vaihteluväli on suuri.

Kuvissa 1a ja 1b ja taulukon 2 vastaavissa kohdissa a ja b on esitetty samoista mittauksista saadut tulokset sillä eroavaisuudella, että b-tapauksessa lähetyshuoneen nurkkapistemittaukset on jätetty pois. Taulukosta nähdään, että laskettujen erotusten keskiarvot ovat suurempia b-tapauksessa. Erottavan rakenteen laskennallinen ilmääneneristävyys siis heikentyi, kun lähetyshuoneen nurkkapistemittaukset jätettiin pois. Sellaisissa tapauksissa, joissa mitataan nurkkapisteissä vain vastaanottotilassa, on siis mahdollista saada ilmääneneristävyydelle heikompi tulos taajuuskaistoilla 50, 63 ja 80 Hz kuin mitä periaatteessa kuuluisi olla. Tällaisia tapauksia esiintyy, kun vastaanottotila on alle 25 m^3 mutta lähetystila puolestaan yli 25 m^3 – eli ryhmää 1d vastaavissa tilanteissa. Tässä aineistossa ei tosin käsitelty tapauksia, jossa olisi mitattu nurkkapisteet myös yli 25 m^3 :n tilassa, joten ei ole varmuutta siitä, miten tulokset tällöin käyttäytyisivät. Silti voi olla perusteltua mitata nurkkapisteet aina sekä lähetys- että vastaanottotilassa. Käytännön rajoitukset saattavat kuitenkin tulla vastaan: jos lähetystilana on esimerkiksi porrashuone tai avotoimisto, voi olla vaikeaa löytää neljää soveltuvaa nurkkaa, joissa tehdä mittaukset.

Tuloksissa ei ole esitetty tapauksia, jossa olisi käytetty vain lähetystilan nurkkapistemittauksia, mutta tätäkin analysoitiin kuvan 1a aineistolla. Tarkastelun perusteella tällöin ilmääneneristävyystulos taajuuskaistoilla 50, 63 ja 80 Hz olisi parempi kuin molempien tilojen nurkkapistemittaukset huomioimalla.

Kuten Scrosati et al. (2016) huomauttaa, nurkkapistemenetelmän laskennassa käytetään suurimpia nurkassa mitattuja äänenpainetasoja. Tämä vaikuttaa osaltaan siihen, että vain lähetystilan nurkkapistetulokset huomioimalla ilmääneneristävyys on parempi, kun taas vain vastaanottotilan tulokset huomioimalla se puolestaan on heikompi. Scrosati testasi tutkimuksessaan suurimpien arvojen sijaan keskimääräisen nurkassa mitatun äänenpainetason käyttämistä julkisivun ääneneristävyystulosten laskennassa ja havaitsi, että tällöin tulokset ovat lähempänä ilman nurkkapistemenetelmää saatuja tuloksia ja mittausepävarmuudet olivat pienempiä.

Yksittäisessä mittauksessa taajuuskaistojen välillä ei tyypillisesti ole suurta eroa. Tämä tarkoittaa, että vaikka nurkkapisteissä on mitattu eri äänenpainetasoja kuin muualla huoneessa, lasketut ääneneristävydet ovat kuitenkin samankaltaisia kaikilla kolmella tarkasteltavalla taajuuskaistalla. Tämä ei tosin päde kaikkiin mittauskohteisiin, sillä poikkeuksia on useita – suurimmillaan taajuuskaistojen välinen ero yksittäisessä mittaustuloksessa on noin 8 dB.

4.2 Askelääneneristävyysmittaukset

Askelääneneristävyysmittausten tapauksessa ilman nurkkia ja nurkkien kanssa laskettujen tulosten erotus on lähes aina negatiivinen (kuva 1c). Toisin sanottuna nurkkapisteiden kanssa askelääneneristävyys on heikompi. Askelääneneristävyysmittauksia oli kuitenkin saatavilla vain neljästä eri kohteesta eli yleistystä tästä ei voi tehdä. Kuvassa 1c on nähtävissä kaksi eri ryhmää: osa käyristä vaihtelee välillä -3 dB...1 dB ja muut yhtä lukuun ottamatta puolestaan välillä -5 dB...-7 dB. Ensimmäisen ryhmän kaikki tulokset ovat sa-

masta kohteesta, eli sen tapauksessa nurkkapistemenetelmän vaikutus oli pienempi kuin muissa.

Taulukon 3 perusteella voidaan sanoa, että nurkkapisteiden huomioiminen muuttaa C -termejä varsin usein. Tämä on kiinnostavaa erityisesti askelääneneristävyuden tapauksessa, jossa termi $C_{1,50-2500}$ muuttui kuudessa tapauksessa kymmenestä. Kun uusi asetus rakennuksen ääniympäristöstä tulee voimaan, askelääneneristävyudessa tullaan käyttämään mittalukua $L'_{nTw} + C_{1,50-2500}$. Sen myötä nurkkapistemenetelmän käyttö alkaa vaikuttaa suoraan raportoitaviin mittalukuihin. Kaikissa kuudessa mittaustapauksessa termi $C_{1,50-2500}$ oli suurempi nurkkapistemenetelmällä eli askelääneneristävyys heikkeni.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä artikkelissa käsiteltiin ääneneristävyysmittauksissa alle 25 m^3 :n tiloissa käytettävää nurkkapistemenetelmää ja sen vaikutuksia ääneneristävyystuloksiin. Menetelmää käytetään laskettaessa taajuuskaistoja 50, 63 ja 80 Hz. Kenttämittaustulosten analysointi osoittaa, että nurkkapistemenetelmällä on usein vaikutusta sekä ilma- että askelääneneristävyystuloksiin. Aineiston koon vuoksi ei kuitenkaan voida tehdä yleispäteviä päätelmiä siitä, miten tulokset muuttuvat.

Tässä aineistossa tyypillinen muutos oli se, että ääneneristävyystulos heikkeni hieman pienillä taajuuksilla nurkkapistemenetelmän vaikutuksesta. Tämä ei kuitenkaan muuta nykyisiä mittalukuja R'_w ja $L'_{n,w}$, sillä niiden laskennassa ei käytetä alle 100 Hz:n taajuuskaistoja. Kun askelääneneristävyudessa puolestaan siirrytään käyttämään mittalukua $L'_{nTw} + C_{1,50-2500}$, nurkkapistemenetelmän vaikutus nousee esiin. Kenttämittaustuloksissa kuudessa tapauksessa kymmenestä nurkkapistemenetelmä muutti termiä $C_{1,50-2500}$. Muutos oli 1 – 6 dB eli tapauksesta riippuen melko huomattavakin.

Ilmaääneneristävyteen liittyen tulokset osoittivat, että myös sillä on vaikutusta, mita taanko nurkkapisteissä sekä lähetys- että vastaanottohuoneessa vai pelkästään toisessa tiloista. Standardien (ISO 16283 -sarja) mukaan mitataan vain sellaisessa huoneessa, jonka tilavuus on alle 25 m^3 , minkä seurauksena tulee tapauksia, joissa mittaukset tehdään vain toisessa mittaustiloista. Vain vastaanottohuoneessa mitattaessa tämä voi analysoitujen tulosten perusteella johtaa siihen, että ilmaääneneristävyys on taajuuskaistoilla 50, 63 ja 80 Hz heikompi kuin mitä sen periaatteessa kuuluisi olla.

VIITTEET

Hopkins, C. Revision of international standards on field measurements of airborne, impact and facade sound insulation to form the ISO 16283 series. Building and Environment 92, s. 703-712, 2015.

Scrosati, C. et al. Uncertainty of facade sound insulation by a Round Robin Test. Evaluations of low-frequency procedure and single numbers. Building and Environment 105, s. 253-266, 2016.