

ASUINKERROSTALON ÄÄNITEKNISEN LAADUN ARVIOINTI

Mikko Kylliäinen

Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy

1 JOHDANTO

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 vaatimukset koskevat asuinrakennusten askeläänitasolukua, ilmaääneneristyslukua ja LVIS-laitteiden asuinhuoneisiin aiheuttamaa äänitason. Asuinkerrostalon ääniteknisen laadun osoittamiseksi tarvittavista mittauksista rakentamismääräyskokoelmassa ei ole vaatimuksia. Mittauksia tehdäänkin lähinnä pääkaupunkiseudulla rakennusliikkeen tai rakennuttajan tilauksesta. Mittausten tarkoituksena on osoittaa rakennuksen käyttäjälle tai rakennusvalvonnalle, että rakennus on rakentamismääräysten mukainen. Mittausten määrä on tavallisesti 1-2 mittausta rakennusta kohti, jolloin yksi mittaustulos voi edustaa useaa kymmentä asuntoa.

Pääkaupunkiseudulla sijaitsevassa asuinkerrostalossa tehdyt ääneneristysmittaukset osoittavat, että muutama mittaustulos ei riitä osoittamaan koko rakennuksen äänitekniistä laatua. Täysin varmasti jokaisen asunnon ja jokaisen rakennetyypin vaatimusten mukaisuus voidaan todeta vain mittaamalla koko rakennus, mikä ei yleensä ole käytännössä mahdollista eikä tarkoituksenmukaistakaan. Mittaustulosten jakauman käsittely tilastollisesti voisi kuitenkin tarjota mahdollisuuden arvioida koko rakennuksen äänitekniistä laatua kohtuullisella määrällä mittauksia.

2 TUTKITTU ASUINKERROSTALO

2.1 Rakenteet

Tutkittu rakennus on betonielementtirakenteinen asuinkerrostalo, joka on valmistunut vuonna 1999. Rakennuksessa on neljä kerrosta ja 34 huoneistoa. Rakennuksen välipohjan kantavana rakenteena on 240 mm paksu massiivinen betonilaatta, joka koostuu 100 mm paksusta kuori-laatasta ja sen päälle tehdystä 140 mm paksusta pintavalusta. Lattianpäällysteenä on lautaparketti alusmateriaaleineen. Huoneistojen väliset seinät ovat 180 mm paksuja betoniväliseiniä.

Rakennuksen rakennusajankohtana voimassa oli Suomen rakentamismääräyskokoelman vuonna 1985 julkaistu osa C1, jonka mukaan ilmaääneneristysluvun pystysuunnassa asuinhuoneistojen välillä piti olla vähintään 53 dB ja vaakasuunnassa vähintään 52 dB. Käytetty välipohjarakenne tuottaa kenttämittauksissa yleensä vähintään 58 dB ilmaääneneristysluvun ja väliseinä noin 55 dB ilmaääneneristysluvun, joten kummankin rakenteen olisi pitänyt täyttää voimassa olleiden rakentamismääräysten vaatimukset selvästi.

Tutkitussa rakennuksessa havaittiin ääneneristysongelmia pian asukkaiden muutettua. Ongelmien vuoksi taloyhtiö päätti mittauttaa jokaisen huoneiston kaikkien huoneiden ilmaääneneristysluvun R'_w pystysuuntaan, vaakasuuntaan ja vinottain.

2.2 Mittaukset

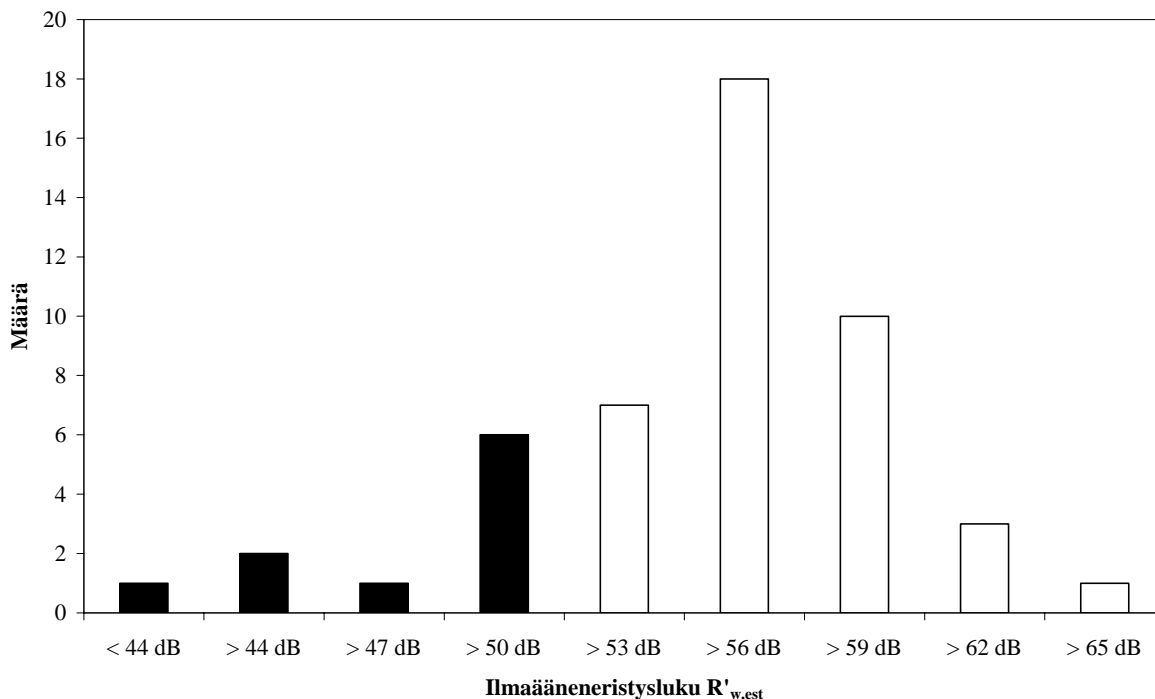
Rakennuksessa tarvittavien ilmaääneneristysluvun mittausten määräksi tuli 145, joten standardin mukaisia mittauksia ei ollut mahdollista tehdä. Tarkoitus ei myöskään ollut määrittää ilmaääneneristyslukuja täysin tarkasti, vaan selvittää, onko rakennuksen ääneneristyksessä puutteita. Siksi ilmaääneneristyslukua arvioitiin lähetyshuoneessa mitattavan C-painotetun äänitason ja vastaanottohuoneessa mitattavan A-painotetun äänitason erotuksena:

$$R'_{w,est} = L_C - L_A \quad (1)$$

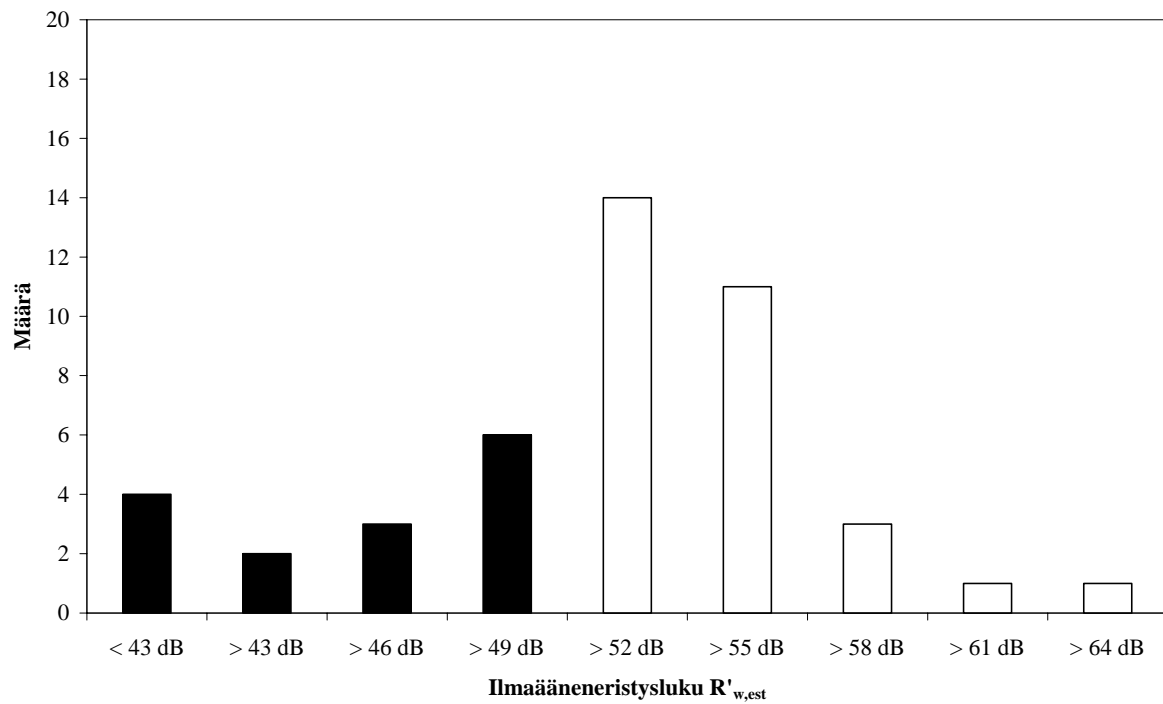
Kaavan 1 mukaisen ilmaääneneristysluvun estimaatin tarkkuuden standardin mukaiseen ilmaääneneristyslukuun verrattuna on muissa kohteissa tehdyissä vertailumittauksissa todettu olevan luokkaa $\pm 1 \dots 2$ dB.

Rakennuksessa tehtyjen mittausten tulokset on esitetty kuvissa 1-3. Mittaustuloksista 33 (23 %) ei täyttänyt rakentamismääräyskokoelman vaatimuksia. Heikoimmat arvot mitattiin vaakasuunnassa, jossa 15 mittausta (33 %) mittaustuloksista oli heikompia kuin rakentamismääräyskokoelman edellyttämä 52 dB. Pystysuunnassa 10 (20 %) ja vinottain 8 (16 %) mittaustulosta ei täyttänyt vaatimuksia.

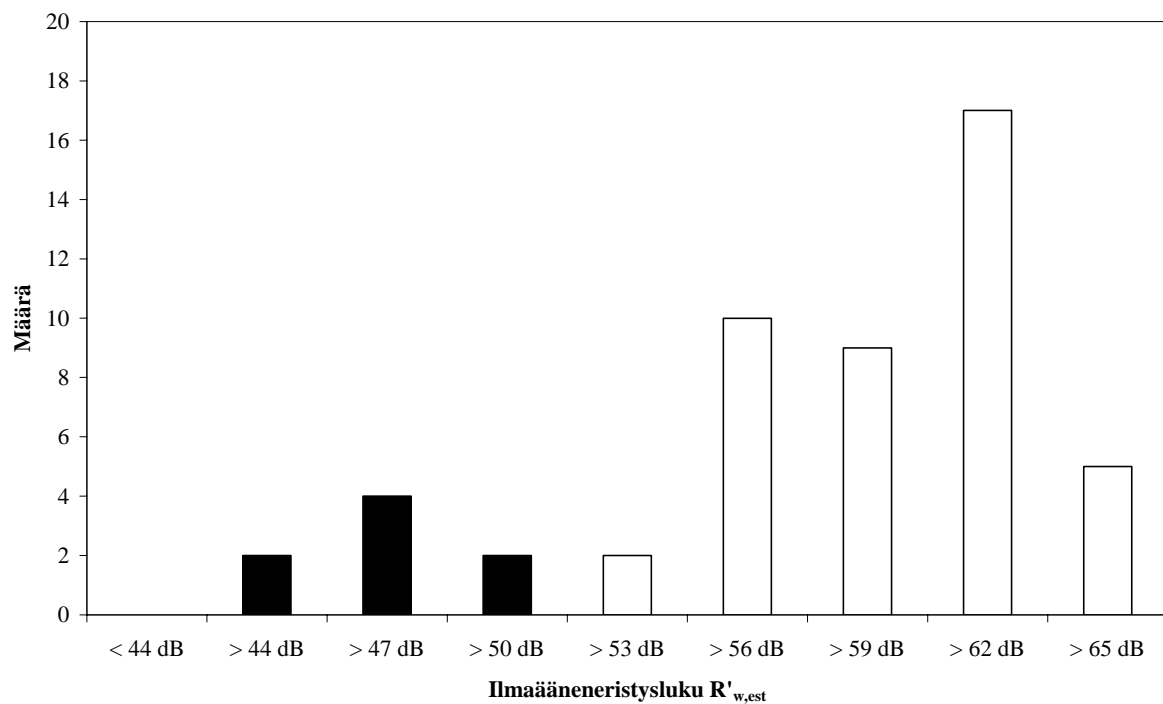
Mittausten jälkeen rakennusta korjattiin kahdesti; ääneneristyksessä havaittujen puutteiden syyksi osoittautui betonielementtien saumojen heikko tiiviys. Saumat tiivistämällä kaikki havaitut puutteet saatiin korjatuksi; huoneistojen välinen ilmaääneneristysluku parani parhaimmillaan 19 dB.



Kuva 1. Pystysuunnassa mitatut ilmaääneneristysluvun arvot $R'_{w,est}$.



Kuva 2. Vaakasuunnassa mitatut ilmaääneneristysluvun arvot $R'_{w,est}$.



Kuva 3. Vinottain mitatut ilmaääneneristysluvun arvot $R'_{w,est}$.

3 ASUINRAKENNUKSEN ÄÄNITEKNISTÄ HYVÄKSYNTÄÄ KOSKEVIA MÄÄRÄYKSIÄ

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 mukaan rakennuksen ääneneristysvaatimuksen katsotaan täyttyvän, kun rakennus suunnitellaan ja rakennetaan ko. määräyksissä esitetyllä tavalla [1]. Vaihtoehtoisesti vaatimusten täytyminen voidaan osoittaa muulla tavalla, kuten rakennuksessa tehtävin ääneneristysmittauksin. Mittausten määrään rakentamismääräyskokoelma ei ota kantaa. Suomen Betoniyhdistyksen julkaisemissa betonirakentamisen laatuohjeissa on esitetty, että ilmaääneneristysmittauksia tehtäisiin pystysuunnassa kolme ja vaakasuunnassa kaksi kutakin alkavaa 100 samantyyppistä asuntoa kohti [2].

Ruotsissa on käytössä asuntojen äänitekniinen luokittelu, joka perustuu rakennuksissa tehtäviin ääneneristysmittauksiin [3]. Luokittelu on esitetty standardissa, jonka mukaan mittauksia on tehtävä vähintään 5 prosentissa tiloista; jokaista rakennetyypistä kohti on kuitenkin tehtävä vähintään kolme mittausta.

Tutkitussa rakennuksessa edellä mainitut menetelmät – noin viisi tai kuusi mittausta – olisivat suurella todennäköisyydellä tuottanut tuloksen, jonka mukaan rakennuksen ääneneristys täyttää rakentamismääräyskokoelman vaatimukset. Kuitenkin osa vaatimukset täyttävistäkin rakenteista on tosiasiallisesti virheellisiä, sillä käytettyjen seinä- ja välipohjarakenteiden ilmaääneneristysluvun pitäisi olla 5-6 dB määräysten edellyttämää parempi. Tämä merkitsee sitä, että käsittelemällä mittaustulosten joukkoa tilastollisesti voidaan arvioida koko rakennuksen äänitekniistä laatua pienellä mittaustulosten määrällä.

4 ÄÄNITEKNISEN LAADUN ARVIOINTI TILASTOLLISESTI

Lähteessä [4] on esitetty menetelmä, jossa haetaan mittaustulosten Studentin t-jakauman luottamusväliä, jolla jakauman keskiarvo on tietyllä todennäköisyydellä. Jos luottamusvälin alaraja on suurempi kuin määräyksissä esitetty vaatimus, rakennuksen ääneneristys voidaan todeta määräyksiä vastaavaksi. Keskiarvon luottamusvälin alaraja saadaan keskiarvon m , keskihajonnan s sekä mittaustulosten määrästä, luottamusvälin leveydestä ja todennäköisyydestä riippuvan kertoimen k avulla

$$\text{Luottamusvälin alaraja} = m - k \cdot s \quad (2)$$

Määritettäessä rakennusmateriaalin lujuusominaisuuksia haetaan tavallisesti normaalijakauman ominaisuuksien avulla ominaisarvoa, joka on lujuusarvo, jonka tietty määrä koekappaleista täyttää jollakin todennäköisyydellä. Esimerkiksi teräksen ominaisvetolujuus on vetolujuuden arvo, jonka 95 % koekappaleista täyttää 95 % todennäköisyydellä. Ominaisarvon käyttö perustuu siihen, että rakennusosan murtuminen vaarantaa rakennuksen käyttäjän turvallisuuden. Ominaisarvon käyttö myös ääneneristyksen arvioinnissa voisi olla perusteltua, sillä puutteista ääneneristyksessä on haittaa asuinkerrostalon asukkaiden terveydelle. Rakennuksen voidaan tällöin todeta täyttävän määräykset, kun mittaustulosten perusteella laskettu ominaisarvo on suurempi kuin määräyksissä esitetty vaatimus. Ominaisarvo saadaan lasketuksi kaavalla 2, kun luottamusvälin alarajan paikalle vaihdetaan ominaisarvo ja kerroin k valitaan ominaisarvon laskennassa käytettäväksi.

Taulukossa 1 on esitetty tutkitun asuinkerrostalon 6 ja 10 satunnaisesti valitun mittaustuloksen keskiarvot, lähteen 4 mukaisesti laskettu keskiarvon luottamusvälin alarajat sekä normaali-

lijakauman perusteella laskettu ominaisarvot. Todennäköisyydeksi on valittu 90 % ja ominaisarvon ylittävien mittaustulosten osuudeksi 95 %.

Taulukko 1. Kuuden ja kymmenen mittaustuloksen otoksen ilmaääneneristysluvun $R'_{w,est}$ aritmeettinen keskiarvo, keskiarvon alaraja ja ominaisarvo.

Suunta	Otos	Keskiarvo	Keskiarvon alaraja	Ominaisarvo
Pystysuuntaan	6	58 dB	56 dB	50 dB
	10	58 dB	56 dB	50 dB
Vaakasuuntaan	6	55 dB	53 dB	50 dB
	10	53 dB	52 dB	46 dB
Vinottain	6	60 dB	58 dB	51 dB
	10	59 dB	56 dB	46 dB

Taulukossa 1 esitetyt aritmeettiset keskiarvot ovat 1-7 dB parempia kuin rakentamismääräyskokoelma edellyttää; ne ovat suunnilleen sillä tasolla johon rakennuksessa käytetyillä rakenteilla suunnilleen voidaan päästä. Elementtisaumojen aiheuttama hajonta johtaa kuitenkin siihen, että lähteen [4] mukaisesti laskettu keskiarvon alaraja on 1-2 dB alempi kuin aritmeettinen keskiarvo. Keskiarvon alarajat ovat kuitenkin kaikki hyväksyttäviä. Sitä vastoin ominaisarvot ovat poikkeuksetta pienempiä kuin rakentamismääräyskokoelma edellyttää. Niiden perusteella ääneneristyksessä olevat puutteet olisi voitu todeta melko pienellä mittausmäärällä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Mittaustulosten jakaumasta lasketun ilmaääneneristysluvun ominaisarvon avulla on mahdollista arvioida koko asuinrakennuksen ääniteknistä laatua kohtuullisella mittausmäärällä. Koko rakennuksen askelääneneristyksen onnistumista voidaan arvioida vastaavasti, mutta tällöin haetaan ominaisarvoa, jonka tietty osuus askeläänitasolukujen $L'_{n,w}$ jakaumasta, esimerkiksi 95 %, alittaa. Jos jakauman ominaisarvo on heikompi kuin rakentamismääräyskokoelma edellyttää, ääneneristyksen puutteita voidaan tarvittaessa selvittää tarkemmin laajemmin mittauksin. Puutteiden syyt selvitetään rakenteiden tarkastuksin.

Tilastollisten menetelmien käyttö edellyttäisi kuitenkin tarkempia selvityksiä. Mittaustulosten jakaumasta saatava ominaisarvo määräytyy mittausten määrän lisäksi ominaisarvon ylittävän osuuden suuruudesta ja todennäköisyydestä, jolla ominaisarvo halutaan laskea. Mittausten määrä ei voi olla aivan pieni. Todennäköisyyden ja ominaisarvon ylittävän osuuden suuruus riippuvat siitä, millaisen osuuden voidaan sallia alittavan rakentamismääräysten salliman tason.

Tällä hetkellä ei tunneta ääneneristysarvojen todellista jakaumaa asuinrakennuksissa. Normaali jakauma ei välttämättä ole paras vaihtoehto käytettäväksi ääneneristyksen tilastolliseen tarkasteluun, koska todelliset jakaumat eivät luultavasti ole symmetrisiä, vaan keskiarvosta epäedulliseen suuntaan poikkeavia tuloksia on enemmän kuin edulliseen suuntaan poikkeavia.

LÄHTEET

1. *Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa*. Ympäristöministeriö, Helsinki 1998.
2. KRONLÖF A, *Betonirakentamisen laatuohjeet*. Suomen Betoniyhdistys ry, BY 47, Helsinki 2000.
3. *Svensk Standard SS 02 52 67, Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder*. Standardiseringen i Sverige, Stockholm 1996.
4. ODEBRANT T, Hur många mätningar krävs att godkänna ett helt bostadsområde? *Nordic Acoustical Meeting*, 7.-9.9.1998, Tukholma, 55-58.