



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Rakenteiden ääneneristyskyvystä asumismelun kokemiseen

Mikko Kylliäinen, TKL

Akustiikkasuunnittelun yksikönjohtaja, A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Yliassistentti, Tampereen teknillinen yliopisto
mikko.kylliaainen@ains.fi

Diplomi-insinööri Uuno Varjo, joka 1930-luvulta 1950-luvulle toimi yhtenä keskeisistä vaativien kantavien rakenteiden rakennesuunnittelijoista Suomessa [1], oli myös yksi ensimmäisistä suomalaisista akustiikan asiantuntijoista. Vuoden 1937 Rakentajain kalenterissa hän julkaisi artikkelin otsikolla ”Rakenneosien ääneneristyskyvystä”. Artikkelissaan hän määritteli ääneneristävyyden käsitteen, esitti joitakin keskeisiä akustiikan suunnitteluperiaatteita sekä ulkomaisista lähteistä kokoamiaan tietoja rakennusmateriaalien absorptiosuhteista ja ääneneristävyydestä [2].

1930-luku oli kansainvälisesti aikaa, jolloin akustiikkasuunnittelijoiden ammattikunta oli muodostumassa. Uuno Varjo sekä Suomen ensimmäiset tieteelliseen tietoon perustuneet akustiikkasuunnitelmat Eduskuntataloon ja Helsingin konservatorion konserttisaliin laatineet Jaakko Packalén olivat rakennusinsinöörejä [3–4]. Lisäksi tietoa akustiikasta keskittyi Yleisradioon, jonka Fabianinkadun toimita-

lon kellariin rakennettiin 1930-luvulla ääneneristyslaboratorio. Siellä tehtyjen mittausten tuloksia esitelti rakennusalan lehdissä T. K. Laakso, joka myös toimi akustiikkasuunnittelijana 1930-luvulla [4–6]. 1940-luvulta alkaen näkyvimpiä akustiikan alan toimijoita oli Paavo Arni, joka toimi Yleisradion studio-päällikkönä ja myöhemmin teknillisenä johtajana. Hän teki suunnittelutöitä sivutoimena omassa insinööritoimistossaan ja julkaisi vuonna 1949 ensimmäisen akustiikan oppikirjan Suomessa [3, 7].

Varjon [2, 8–11], Packalénin [12–13] ja Laakson [5–6] kirjallisten töiden aiheet jakautuivat 1930-luvulla kahteen alueeseen: ensinnäkin he kirjoittivat erilaisten puhe- ja musiikkisalien huoneakustiikasta; toinen aihe oli rakenteiden ja rakennusten ääneneristävyys, joka liittyi erityisesti asuinrakennuksiin [11]. Vuosikymmeniä myöhemmin Laakso muisteli, että ensimmäinen ehdotus asuinrakennusten ääneneristystä koskevien määräysten laatimisesta olisi Suomessa tehty vuonna 1934 [14]. Järjestäytynyt taho asuntojen ääneneristyskysymyksen ratkaisemista ajamaan syntyi 1943, kun Paavo Arnin aloitteesta perustettiin Ääniteknillinen Yhdistys (nyk. Akustinen Seura). Sen johtokunta teki vuonna 1948 sisäministeriölle esityksen ”ääniteknillisten normien laatimisesta talojen rakentajille” [3].

Teknologian siirrot ja asuinrakennusten ääneneristyskysymys

Asuinrakennusten ääneneristyskysymys ei ratkenut vuonna 1948 sisäasiainministeriön toimin, sillä mitään toimia ei ilmennyt [3]. Ääniteknillisen Yhdistyksen toiminnassa asuinrakennusten ääneneristystä käsiteltiin usein, sillä kysymyksen ratkaisu osoittautui monimutkaiseksi: ääneneristysnormien laatimiseksi tarvittiin tietoa muun muassa rakenteiden ääneneristävyydestä, sen mittaamisesta sekä mittalukujen asettamisesta ihmisen kokemusta vastaavalle tasolle. Kotimaista tietoa oli tarjolla vähän, sillä akustiikan oppituliota tai ajan tasalla olevaa laboratoriotietoa ääneneristysmittauksia varten ei 1950-luvun alussa ollut [3]. VTT:n rakennusteknillisen laboratorion tutkijat kirjoittivatkin vuonna 1955, että kotimaisten tutkimusten puute pakotti suunnittelijat ja rakentajat käyttämään apunaan ulkomailla tehtyjen tutkimusten tuloksia [15]. Näin



Kuva 1. Uuno Varjo oli yksi ensimmäisistä akustiikan asiantuntijoista Suomessa. (Kuva: Matti Janhunen 1952, Petri Janhusen kokoelmat).

he määriteltävät keskeisen ääneneristysnormien syntyyn vaikuttaneen prosessin: teknologian siirrot muista maista.

1930-luvun artikkeleista käy ilmi, että akustiikan asiantuntijoiden käyttämistä menetelmistä suuri osa oli peräisin Yhdysvalloista, mutta myös saksalaista tutkimusta referoitiin runsaasti [3]. Pohjoismaisten yhteyskierrosten merkitys oli kuitenkin kasvussa, ja 1940-luvulla Ääniteknillisen Yhdistyksen kokouksissa vieraili usein ruotsalaisia ja tanskalaisia tutkijoita. Esimerkiksi keväällä 1947 tanskalainen tekniikan tohtori V. L. Jordan esitelmöi yhdistyksen kokouksessa aiheenaan ”Nykyistä melua ja ääneneristystä koskevia oikeussääntöjä ja normeja eri maissa” ja kertoi Saksan, Englannin, Tanskan ja Ruotsin ääneneristystä ja meluntorjuntaa koskevista säädöksistä ja ohjeista. Pohjoismaiset yhteydet vilkastuivat edelleen 1950- ja 1960-luvuilla, etenkin sen jälkeen kun Suomi liittyi Pohjoismaiden neuvostoon vuonna 1955. Neuvoston tavoitteena oli jäsenmaiden rakennuslainsäädännön ja -standardoinnin yhtenäistäminen, ja ääneneristysmääräykset olivat yksi neljästä ensimmäisenä käsiteltäväksi valitusta asiasta [3].

Suomen liityessä Pohjoismaiden neuvostoon ensimmäisen kotimaisen asuntojen ääneneristävyyttä koskeneen tutkimushankkeen tulokset olivat käytettävissä, ja niiden perusteella VTT antoi vuonna 1955 ensimmäiset suomalaiset suositukset asuinhuoneistojen välisestä ääneneristävyydestä teknisinä mittalukuina [15]. Ne perustuivat rakennuksissa tehtyihin mittauksiin sekä asukashaastatteluihin. Mittausmenetelmä omaksuttiin saksalaisissa DIN-standardeissa [16–17] muutamaa vuotta aiemmin julkaistuista menetelmistä, mutta tutkimuksen toteuttanut toimikunta päätti asukas-

haastattelujen perusteella asettaa askelääneneristävyydelle Suomessa ankarammat rajat.

Pohjoismaiden neuvoston tavoite, yhtenäisten ääneneristysmääräysten julkaiseminen, jäi erimielisyyksien vuoksi saavuttamatta, sillä kussakin neuvoston jäsenmaassa julkaistiin vuosina 1959 ja 1960 omat kansalliset määräykset tai määräysehdotukset. Suomessa kotimaisen normitoimikunnan työn tuloksia ei otettu säädöstasoisiksi määräyksiksi, vaan toimikunnan laatima ehdotus ääneneristysmääräyksiksi julkaistiin VTT:n tutkimusraportisarjassa myös vuonna 1960. Ehdotukseen sisältyi vaikutteita sekä pohjoismaisen ääneneristystoimikunnan työstä että saksalaisista ääneneristysnormeista. Näiden molempien taustalla vaikutti lisäksi kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n standardointityö, jonka tulokset kotimainen toimikunta myös otti huomioon [18].

Kansainvälisen standardointityön edistyessä ajatus Pohjoismaiden yhtenäisistä ääneneristysmääräyksistä heräsi uudelleen, ja pohjoismaisen toimikunnan työ käynnistettiin jälleen. Se päättyi kuitenkin mielipiteiden hajoamiseen äänestettäessä ISO:n laatimasta standardiluonnoksesta ääneneristysmääräysten ja mittaustulosten esitystavaksi: Norja ja Tanska pysyivät omien kansallisten mittaustapojensa takana, mutta Ruotsi äänesti standardiluonnoksen puolesta. Tämän jälkeen Ruotsi päätti ryhtyä valmistelemaan ääneneristysmääräystensä uudistusta ISO:n standardiluonnoksen pohjalta. 1960-luvun puolivälissä Suomessakin oli asetettu ääneneristysmääräyksiä valmistelemaan kotimainen toimikunta, jonka kutsui koolle Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Todettuaan Ruotsin noudattavan kansainvälistä standardointia omia ääneneristysmääräyksiä uusiessaan toimikun-

Taulukko 1. Eri vuosikymmeninä asuinhuoneistojen väliselle ääneneristävyydelle kerrostaloissa asetetut vaatimukset ilmaistuna nykyisinä mittalukuina. Taulukossa on esitetty vuosi, jolloin määräykset tai ohjeet astuivat voimaan.

Vuosi	Pienen sallittu R'_{w} vaakasunnassa	Pienen sallittu R'_{w} pystysunnassa	Suurin sallittu $L'_{n,w}$
1955	51 dB	51 dB	62 dB
1960	52 dB	52 dB	56 dB
1967	52 dB	53 dB	58 dB
1971	52 dB	53 dB	58 dB
1976	52 dB	53 dB	58 dB
1985	52 dB	53 dB	58 dB
2000	55 dB	55 dB	53 dB

Taulukko 2. Asuinhuoneistojen välillä vaakasuuntaan tehtyjen ilmaääneneristysmittausten tulosten keskiarvot ja keskihajonnat sekä vaatimukset ja vaatimukset täyttävien ilmaääneneristyslukujen osuudet aikakausittain.

Aikakausi	Keskiarvo	Keskihajonta	Vaatimus	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	53,8 dB	4,4 dB	51 dB	81 %
1960–1967	51,8 dB	4,1 dB	52 dB	47 %
1967–1976	52,3 dB	3,3 dB	52 dB	50 %
1976–1999	55,1 dB	2,5 dB	52 dB	91 %
2000–2008	57,4 dB	1,3 dB	55 dB	100 %

Taulukko 3. Asuinhuoneistojen välillä pystysuuntaan ylhäältä alas tehtyjen askelääneneristysmittausten tulosten keskiarvot ja keskihajonnat sekä vaatimukset ja vaatimukset täyttävien askeläänitasolukujen osuudet aikakausittain.

Aikakausi	Keskiarvo	Keskihajonta	Vaatimus	Vaatimukset täyttävien osuus
1955–1959	57,1 dB	4,7 dB	62 dB	86 %
1960–1967	55,0 dB	4,3 dB	56 dB	65 %
1967–1976	57,5 dB	6,1 dB	58 dB	46 %
1976–1999	55,4 dB	3,7 dB	58 dB	85 %
2000–2008	48,8 dB	3,9 dB	53 dB	93 %

ta päätti tehdä Suomessa samoin [3]. Lausuntokierroksen jälkeen Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry julkaisi Ääneneristysnormit vuonna 1967 [19].

RIL:in julkaisut eivät olleet säädöksiä, mutta ne olivat sodan jälkeen usein sellaisten asemassa, koska säädökset eivät kattaneet kaikkia rakentamisen osa-alueita. Lisäksi normien laatimista rahoitti kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriö [1]. Ääneneristysnormitkin rinnastettiin ainakin osassa maata säädöksiin: esimerkiksi Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto vaati niiden noudattamista [20]. Kun Suomen rakentamismääräyskokoelma ja sen ääneneristystä koskeva osa C1 [21] vuonna 1975 julkaistiin, RIL:in Ääneneristysnormien sisältö siirtyi lähes sinällään säädökseksi. Sittemmin rakentamismääräyskokoelman osaa C1 on uudistettu vuosina 1985 ja 1998 [22–23].

1950-luvulla julkaistuista suosituksista lähtien asuinhuoneistojen väliselle ääneneristävyydelle on asetettu vaatimuksia ilmaääneneristävyyden ja askelääneneristävyyden suhteen. Vaikka mittalukujen määritelmät ovat 60 vuoden kuluessa muuttuneet, mittaus tehdään kuitenkin samaan tapaan edel-

leen. Näin ollen on mahdollista muuntaa eri vuosikymmeninä annettujen suositusten ja säädösten vaatimukset nykyisiksi mittaluvuiksi (taulukko 1) eli ilmaääneneristyslukuksi R'_w ja askeläänitasoluvuksi $L'_{n,w}$ [24]. 1950-luvulta ilmaääneneristävyyden vaatimustaso on noussut 4 dB:ä ja askelääneneristävyyden 9 dB:ä.

Asuinrakennusten ääneneristävyyden kehittyminen

Asuinhuoneistolle sopivaa ääneneristävyyden tasoa määritettäessä on eri vuosikymmeninä tehty laajoja mittaussarjoja, joiden tulokset on esitetty julkisissa tutkimusraporteissa. Nämä tulokset edustavat uudisrakennuskannan ääneneristävyyden tasoa silloin, kun rakennukset olivat juuri valmistuneet. Vaatimustason tapaan myös mittaustulokset voidaan muuntaa vastaamaan nykyisin käytössä olevia mittalukuja [24]. Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty vaakasuuntaan tehtyjen ilmaääneneristysmittausten ja pystysuuntaan ylemmästä alempaan huoneistoon tehtyjen askelääneneristysmittausten tulosten keskiarvot ilmaistuna nykyisinä mittalukui-

na $R'w$ ja $L'n,w$. Taulukoissa on esitetty myös eri huoneistoissa ja rakennuksissa tehtyjen mittausten keskihajonnat [25].

Taulukoista 2 ja 3 nähdään, että toteutunut ääneneristävyyden asuinhuoneistojen välillä keskimäärin nousi vaatimustason kasvaessa. Kuitenkin eri huoneistojen välillä oli aiemmin melko paljon hajontaa, mistä seurasi se, että vaatimukset täyttävien huoneistojen osuus oli varsinkin 1960- ja 1970-luvuilla melko alhainen. Mittaustulosten keskihajonta on vuosikymmenien aikana pienentynyt, mikä viittaa siihen, että suunnittelu- ja rakennusvirheitä tapahtuu asuinrakennusten rakentamisessa vähemmän kuin aiemmin. Askeläänitasolukujen hajonta on 2000-luvulla ollut suurempaa kuin edellisen ajanjakson aikana. Keskihajonnan kasvu ei kuitenkaan tarkoita sitä, että vaatimukset eivät täytyisi, koska mitattujen askeläänitasolukujen keskiarvo on ollut 4 dB pienempi kuin suurin sallittu askeläänitasoluku. Rakennus- ja suunnitteluvirheet eivät siten ole lisääntyneet, vaan kysymys on siitä, että viime vuosikymmenen aikana on tullut käyttöön enemmän rakenneratkaisuja, joilla askelääneneristysvaatimukset voidaan täyttää. Osa näistä rakenteista tuottaa huomattavasti määräysten edellyttämää pienemmän askeläänitasoluvun, mikä kasvattaa mittaustulosten keskihajontaa [25].

Ääneneristävyyden vaatimustason kasvu tarkoitti myös sitä, että välipohjien ja väliseinien rakennepaksuudet kasvoivat. 1950- ja 1960-luvuilla väliseinät olivat tyypillisesti 160 mm paksuja, mutta 1970-luvun lopulla väliseinien paksuus oli keskimäärin noin 180 mm. Nykyään käytetään yli 200 mm paksujakin väliseiniä. Paikalla valetun betonivälipohjan paksuus on kasvanut väliseiniä enemmän: 1960-luvulla käytettiin 150 mm paksuja välipohjalaattoja, mutta nykyisin paikallavalulaattojen paksuus on yleensä 240–300 mm. Välipohjien väliseiniä suurempi rakennepaksuuden kasvu johtuu siitä, että askelääneneristävyydelle asetetut vaatimukset ovat kasvaneet enemmän kuin ilmaääneneristävyydelle asetetut [25].

Ääneneristysmääräysten nykytilanne

Uuno Varjon ja hänen kollegoidensa työ johti siihen, että asuinrakennusten ääneneristävyyteen ryhdyttiin kiinnittämään huomiota. Ääneneristävyyttä koskeneiden ohjeiden ja säädösten myötä asuinhuoneistojen ääneneristävyyden parani, mikä on ollut yhteiskunnallisesti ja kansanterveydellisesti merkittävä seikka. Jo 1950-luvulta saakka uusien suomalaisten asuinrakennusten akustinen laatu on ollut korkeimmalla tasolla Euroopassa ja on sitä edelleen [25].

Tällä hetkellä Suomen rakentamismääräyskoelmaan osa C1 on vuonna 1998 annettuna yksi vanhimmista voimassa olevista rakentamismääräyskokoelman osista [23]. Maankäyttö- ja rakennuslain sekä rakentamismääräyskokoelman uudistamisen myötä myös ääneneristystä koskevat määräykset uudistetaan. Nykyisten ääneneristysmääräysten ongelma ei ole se, että vaatimustaso ei riittäisi tuottamaan riittävän hyviä ääniolosuhteita. Ongelma sitä vastoin on se, että tietyissä tilanteissa 60 vuotta vanhat mittausten menetelmät ja mittaluvut, joiden juuret juontavat osittain 1930-luvulle asti, eivät kuvaa tarkoituksenmukaisella tavalla asuinrakennusten ääniolosuhteita.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 uudistamisen tieteellistä perustaa on luotu Työterveyslaitoksen, Tampereen teknillisen yliopiston ja Turun yliopiston vuosina 2012–2014 toteuttamassa, Tekesin, ympäristöministeriön ja kahdeksan yrityksen rahoittamassa tutkimushankkeessa ”Ääneneristävyyden käyttäjälähtöinen kehittäminen”, joka on laajin Suomessa toteutettu ääneneristävyyttä koskeva tutkimus. Siinä on myös ensi kertaa Suomessa selvästi kytketty tekniset mittaluvut muista huoneistoista kuuluvan asumismelun kokemiseen sekä kerrostaloasukkaille tehtyihin kyselytutkimuksiin että laboratoriossa tehdyn kuuntelukokein [26–27]. Askelääneneristävyyteen liittyviä oleellisia tutkittuja seikkoja ovat olleet mitattava taajuusalue mittauserävarmuuksineen sekä todellisten askeläänten ja mittalukujen yhteys [28–29].

Lähteet

- [1] Rantamo, E. 2009. Taidolla ja tiedolla – keskiajan mestareista rakennusalan diplomi-insinööreiksi. Helsinki, Suomen Rakennusinsinööriliitto RIL ry.
- [2] Varjo, U. 1936. Rakenneseosien ääneneristyskysyvistä. Rakentajain kalenteri 1937. Helsinki, Rakentajain Kustannus Oy, s. 155–161.
- [3] Kylliäinen, M. 2009. Kansainväliset yhteydet vuoden 1967 ääneneristysnormien muotoutumisessa. Tekniikan Waiheita. Nro 3, s. 29–47.
- [4] Kylliäinen, M. 2009. Tämä akustiikka on niin uutta! Akustiikkapäivät 2009. Vaasa, 14.–15.5. Akustinen Seura ry, s. 36–41.
- [5] Laakso, T. K. 1937. Rakennusten akustisista kysymyksistä. Teknillinen Aikakauslehti. Nro 7–8, s. 259–276.
- [6] Laakso, T. K. 1937. Rakennusten ääneneristyksestä. Rakennustaito. Nro 4, s. 55–61.
- [7] Arni, P. 1949. Käytännöllisen akustiikan perusteet. Helsinki, Kustannusosakeyhtiö Otava.

- [8] Varjo, U. 1936. Huonerakennusten äänen eristyksistä. Teknillinen Aikakauslehti. Nro 5–6, s. 226–229.
- [9] Varjo, U. 1937. Huoneakustiikasta. Rakennustaito. Nro 12, s. 216–219.
- [10] Varjo, U. 1938. Huoneakustiikka ja äänen eritys. Teoksessa: Lindberg, C. (toim.). Keksintöjen kirja: Rakennustaide ja rakennustekniikka. Helsinki, WSOY, s. 799–808.
- [11] Varjo, U. 1947. Äänen ja muun värähtelyn torjunta huoneenrakennuksessa. Helsinki, Rakennusinsinööriyhdistyksen julkaisu A11.
- [12] Packalén, Jaakko. 1931. Eduskuntatalon rakennusteknisestä puolesta. Arkkitehti, s. 86–89.
- [13] Packalén, Jaakko. 1931. Huoneakustiikasta. Teknillinen Aikakauslehti. Nro 10, s. 495–501.
- [14] Laakso, T. K. 1964. Häiritseekö melu asumisrauhaamme? Akustinen Aikakauslehti. Nro 2, s. 15–17.
- [15] Kerrostalojen ääneneristystutkimus. 1955. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos, rakennusteknillinen laboratorio.
- [16] DIN 52210: 1952. Bauakustische Prüfungen – Luftschalldämmung und Trittschallstärke – Bestimmung am Bauwer und im Laboaratorium.
- [17] DIN 52211: 1953. Bauakustische Prüfungen – Schalldämmzahl und Norm-Trittschallpegel – Einheitliche Mitteilung und Bewertung von Meßergebnissen.
- [18] Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi. 1960. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos, tiedotus 42.
- [19] RIL 55-1967, Ääneneristysnormit. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- [20] Ampuja, O. 2007. Melun sieto kaupunkielämän välttämättömyytenä: Melu ympäristöongelmana ja sen synnyttämien reaktioiden kulttuuriin käsitteily Helsingissä. Helsinki, Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Bibliotheca Historica 110.
- [21] Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1-1975: Ääneneristys – Määräykset. 1975. Helsinki, sisäasiainministeriö.
- [22] Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1-1985: Ääneneristys – Määräykset. 1985. Helsinki, ympäristöministeriö.
- [23] Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1-1998: Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa – Määräykset ja ohjeet. 1998. Helsinki, ympäristöministeriö.
- [24] Lietzén, J. & Kylliäinen, M. 2014. Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden vertailu vanhojen mitaustulosten perusteella. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristöhallinnon ohjeita 1/2014.
- [25] Lietzén, J. & Kylliäinen, M. 2013. Asuinkerrostalojen ääneneristävyyden kehittyminen Suomessa vuosina 1955–2008. Tekniikan Waiheita. Nro 1, s. 5–23.
- [26] Hongisto V., Suokas, M. & Mäkilä, M. 2015. Satisfaction with sound insulation in residential dwellings – the effect of wall construction, Building and Environment. Vol. 85, s. 309–320.
- [27] Hongisto, V., Oliva, D. & Keränen, J. 2014. Subjective and objective rating of airborne sound insulation – living sounds. Acta Acustica united with Acustica. Vol. 100, s. 848–863.
- [28] Kylliäinen, M. 2014. The measurement uncertainty of single-number quantities for rating the impact sound insulation of concrete floors. Acta Acustica united with Acustica. Vol. 100(4), s. 640–648.
- [29] Lietzén, J., Kylliäinen, M., Kovalainen, V. & Hongisto, V. 2013. Evaluation of impact sound insulation of intermediate floors on the basis of tapping machine and walking. Proceedings of the 42nd International Congress on Noise Control Engineering Internoise 2013. Innsbruck, September 15–18, paper no. 189.

Rakenneosien ääneneristyskyvystä.

Dipl. ins. U. Varjo.

Rakennusten eri osien ääneneristyskyvyn määrittäminen perustuu kokeellisen tutkimustyön nojalla saavutettuihin tuloksiin. Ensinnä on ollut tarpeen määrittellä erilaiset äänihäiriöt äänen fysikaalisten lakien mukaan ja sen jälkeen kokeilemalla tutkia erilaisten rakennusaineiden äänenjohtamis- tai -eristämiskykyä.

Äänen voimakkuuden yksikkönä käytetään joko phonia tai decibeliä. Edellistä käyttävät saksalaiset, jälkimmäistä amerikkalaiset. Yksi phoni on 1/130 ja yksi decibeli 1/123 äänen kuuluvaisuuden koko asteikosta, jolla ymmärretään äänen voimakkuutta, täydestä hiljaisuudesta alkaen korvan eroittamaan kivun tunteeseen saakka. Sävelkorkeus on tällöin $n = 1000$ värähdystä sekunnissa. On eroitettava äänen fysikaalinen ja korvan eroittama voimakkuus, jotka ovat toisiinsa logaritmisessa suhteessa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jos äänen fysikaalinen voimakkuus esim. kasvaa suhteessa 1 : 100, niin ihmiskorva eroittaa tämän kasvamisen ainoastaan suhteessa 1 : 2. Äänen voimakkuuden fysikaalisena mittana ilmaistaan sen intensiteetti L , joka on

$$L = \frac{P^2}{c \gamma}$$

P = äänen paine dyn/cm² (= μB)

c = „ nopeus

γ = väliaineen tiheys.

Myös käytetään mittana äänen tiheyslukua E , joka on

$$E = \frac{L}{c} = \frac{P^2}{c^2 \gamma}$$

Äänen voimakkuuden alarajan, eli korvan eroittaman heikoimman äänen intensiteetin määrittämiseksi käytetään Ruotsissa ja Saksassa arvoa $P = 0.000\ 316 \mu B$.

Äänen intensiteettitasolla tarkoitetaan sitä phoni- tai decibelilukua, jonka äänen voimakkuus on kuuluvaisuusrajan yläpuolella.

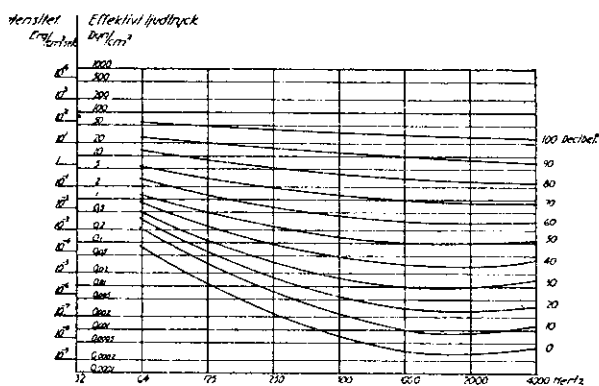
Muutamien tavallisten äänien voimakkuus.

Taulu 1.

0. Lentokonemoottori, niittivasara	105 db
1. Kova huuto huoneessa, jossa on kovat seinät	100 „
2. Juna tunnelissa, auton torvi lähimatalla	95 „
3. Suuri orkesteri	90 „
4. Katurautatie	85 „
5. Moottoripyörä, raitiotiet. Kovaääninen radiomusiikki	80 „
6. Kovaääninen puhelu huoneessa	75 „
7. Kirjoituskoneiden naputus, kamarimusiikki	70 „

8. Vedenlasku kylpyammeeseen	65 db
9. Tav. puhelu huoneessa, tavallinen radiomusiikki	60 „
10. W. Cm huuhtelu	55 „
11. Vedenlasku pesualtaaseen	50 „
12. Mataläääninen puhelu huoneessa	45 „
13. Kuiskaus „	30 „
14. Matala kuiskaus „	25 „
15. Rauhallinen puisto	20 „
16. Lehtien kahina kevyessä tuulessa	10 „

Jos tunnetaan jonkun puhtaan äänen värähdysluku ja intensiteetti, niin voidaan n. s. *kingsburykäyrien* avulla (kuva 1) määrätä äänen intensiteettitaso



Kuva 1.

teen läpäisemä ääni on heikompi tunnettua samanlaista normaaliääntä.

Jos on laskettava intensiteettitaso huoneessa, johon viereisestä huoneesta tunkeutuu äänihäiriö, niin voidaan käyttää kaavaa:

$$R_2 = R_1 - D + 10 \log \frac{F}{\sum ka}$$

R_2 = mitattava intensiteettitaso db.

R_1 = äänen intensiteettitaso vier. huoneessa.

D = ääneneristysluku.

F = väliseinän pinta-ala.

k = äänen imeytymiskerroin.

a = sen huoneen osapintoja, johon ääni tunkeutuu.

Taulu 2.

Erilaisissa huoneissa suurin sallittava äänen voimakkuus.

Äänifilmiateljeissa y. m. s.	10 db
Lääkärin vastaanottohuoneissa	10 „
Radiostudioissa	12 „

Huoneessa, jossa on heikko sairas	10 db
” ” sairas	15 ”
Makuuhuoneissa	20 ”
Teattereissa, kirkoissa	20 ”
Luentosaleissa	25 ”
Elokuvasaleissa	30 ”
Rauhallisessa työhuoneessa	15 ”
Tavallisessa ”	25 ”

Taulu 3.

Kun ääneneristysluku ilmaääniä vastaan on:

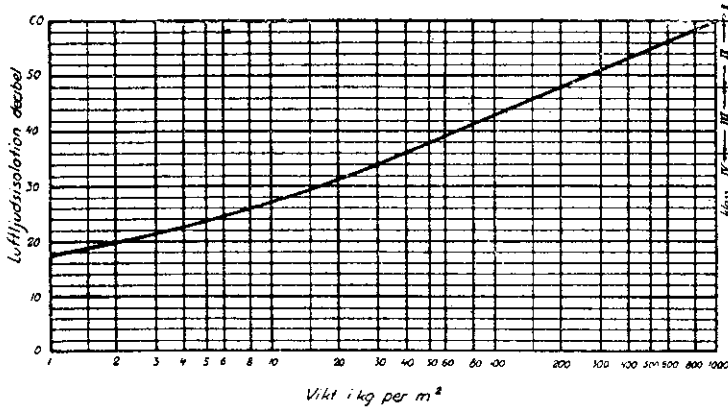
yli 60.1 db, on eristyskyky erittäin hyvä.
60.1—48.1 ” ” ” hyvä.
48.0—36.1 ” ” ” tavallinen.
36.0—0 ” ” huono.

Taulu 1.

Muutamien tavallisten rakennusaineiden äänen imeytymiskertoimia.

Avoin akkuna	1.00
Hiottu marmori	0.010—0.015
Betoni	0.015—0.020
Tiilimuuuri	0.020—0.030
Rappaus tiiliseinällä	0.025—0.030
” ja tikutus puuseinällä	0.030—0.035
Lasiruudut	0.025—0.030
Puupaneli ja puulattia	0.050—0.070
Korkkimatto	0.10 —0.13
Kokosmatto	0.16 —0.18
Pehmeä matto	0.20 —0.30
Verhot	0.20 —0.30
Celotex ja insuliitti	0.25 —0.30
Acousti-Celotex	0.20 —0.90
Karvahuopa	0.30 —0.45
Kankaalla päällystetyt tuolit (lattiapintaa)	0.15 —0.20
Yleisö ” ”	0.92 —0.96
Öljymaalaus kehyksineen	0.28
Lämmitys- ja ilmekanavien aukot	0.50
Näyttämöaukko	0.25 —0.45
Piano (kpl)	0.60
Nainen	0.54
Mies	0.48
Puupenkki, selkänoja (5 paikkaa)	0.039
Kirkonpenkki, sijaa kohti	0.186

Tasa-aineisten rakenneosien ääneneristyskyky voidaan likimääräisesti määrätä käyrästä kuvassa 2, joka esittää ääneneristyslukua tasa-aineisen rakenneosan yksikköpainon funktiona.



Kuva 2.

Yhden äänihäiriön poistamiseen ei kannata ryhtyä, jos useampia kuuluu samanaikaisesti, vaan on ne kaikki poistettava. Varsinkin heikon häiriön hävittäminen ei hyödytä, jos vahvempi kuuluu samanaikaisesti.

Äänellisesti ei voiteta mitään, jos hyvin eristävä ohut, mutta raskas rakenneosaa korvataan huonommin eristävällä kevyellä, mutta paksummalla.

Kun tasa-aineisen rakenneosan ääneneristysluku on, kuten kuvasta 2 voidaan päättää, likimain suoraan verrannollinen yksikköpainon logaritmiin, niin johtuu tästä, ettei esim. seinäpaksuuden pieni lisäys juuri sanottavasti vaikuta ääneneristyksen paranemiseen.

Jos useampia tasa-aineisia kerroksia liitetään toisiinsa ilman välirakoa tai kevyistä aineista tehtyä välilevyä, niin ei myöskään sanottavaa parannusta aikaansaada.

Jos halutaan saada hyvin eristetty huone, on sen kaikki rakenneosat huolellisesti eristettävä. Siten on esim. kaikki pienetkin aukot tarkoin tukittava, putkien läpiviennit tiivistettävä ja ovenraot tilkittävä huopatiivisteillä. Ilmanvaihtokanavia ei saa yhdistää ilman ääntävaimentavia laitteita lähempänä kuin 10 metrin keskinäisellä etäisyydellä. Akkunoiden ja ovien puutyön on oltava erittäin huolellista. Niinsanottuina ohuina väliseiniä käytetään ilmaraolla tai kevyellä välitäytteellä, esim. korkilla varustettua seinärakennetta. Välikattorakenteena käytetään mielellään raskaalla täytteellä varustettua 2-levyholvia, ylälevyn päällä vielä erikoinen eristyskerros esim. hienoa hiekkaa tai koksikuonaa päällysbetoneineen ja pehmeine lattiapäällystyksineen.

Putkijohtoja ei saa asettaa työ- ja makuuhuoneiden seiniin ja ne on varustettava ääntävaimentavilla hanoilla. Putket on eristettävä tarkoituksenmukaisesti. Mieluinmin pannaan kaikki putkijohtot erikoisiin eristettyihin keskuskanaviin, korjausmahdollisuudet huomioonottaen.

Taulu 5.

Rakenncosa	Paino kg/m ²	Ilmaäänieristys db.		
		n = 100— 300	n = 300— 1000	n = 1000— 3000
<i>Akkunoita.</i>				
1 ruutu, d = 3 m/m 8 × 8 dm.	7	22	29	36
1 „ 6 „ „ „	14	27	33	36
2 ruutua, 3 „ „ c c 28 m/m	14	23	39	50
„ „ „ „ „ 50 m/m..	14	28	43	53
„ „ „ „ „ 100 m/m	14	36	45	55
4-ruutuinen akkuna, ruudut 4 × 4 dm, d = 3 m/m, välipuut tavall.				
ruudut c c 50 m/m.	—	27	41	50
2 akkun., kuten ylläraud. c c 28 m/m.	—	24	34	45
Samoin, ruudut c c 50 m/m	—	28	39	50
<i>Väliseiniä.</i>				
4 m/m kartonki	2.4	14	18	29
„ „ puukuitulevy kova.....	3.8	17	22	32
13 „ „ huokoinen.....	3.5	15	21	31
2 kpl. 13 m/m huok. puukuitulevyä				
1 sm ilmarako	7.0	20	27	49
2 m/m rautalevy	15.5	28	32	41
100 m/m kaasubetoni	100	39	37	51
70 m/m koksikuonalevyt r. m. p.*)	115	42	37	49
120 „ tiiliseinä	250	42	45	56
25 sm tiiliseinä r. m. p.	460	—	59	—
38 sm „ „	660	—	64	—
180 m/m massas. ilman ilmarakoa	150	41	46	74
210 m/m massas. ilmaraon kanssa	150	38	52	76
2 kpl. rapattua 50 m/m koksikuonalevyä ilmaraon kanssa	145	46	44	51
70 m/m koksikuonalevy, 13 m/m rapattu puukuitulevy m. p. ripalustalla	160	40	54	> 79
Kuten edellinen, mutta 13 m/m rapattu puukuitulevy toisella puolen	145	52	59	> 82
2 kpl. koksikuonalevyjä ilma- raolla, jossa ruohomatto, 13 m/m rapattu puukuitulevy m. p.	205	61	73	> 80
<i>Ovia.</i>				
Lamelliovi 42 m/m	21.5	27	28	33

*) r. m. p. = rappaus molemmin puolin.

	Paino kg/m ²	Ilmaäänieristys db.		
		n =	n =	n =
		100— 300	300— 1000	1000— 3000
Kaksois- 42 m/m kuten yllä, 1 m/m ilmarako	43	34	32	10
Kuten yllä 50 m/m ilmarako	„	38	36	50
„ „ 100 „ „	„	41	38	48
„ „ 150 „ „	„	43	47	52
„ „ molemmat sisäsivut pei- tet. 13 m/m puukuitulevyllä....	50	47	48	59
Kaksinkert teräslevy, d = 2 m/m, välissä 60 m/m kapokkimatto ..	33	44	59	67
Yksinkert. peiliovi 45 m/m	15	28	28	31
Ristiinliimattu täyte 22 m/m	17	25	29	32
<i>Välikattoja.</i>				
Ylälevyholvi, d = 10 sm, levyllä 17 sm koksikuonaa ja hiekkaa, peitteenä 4 sm betoni ja 2 sm teräshionta, alapuoli rap.		635	30	55
Alalevyholvi d = 10 sm, rautakannatta- jat, alalevyllä 24 sm koksikuonaa ja hiekkaa, peitteenä 6 sm betoni, alus- pahvi ja korkkimatto, h = 40 sm, ala- puolella 1.5 sm rappaus		700	43	57
Alalevyholvi d = 10 sm, rautakannatta- jat, alalevyllä 23 sm koksikuonaa, per- manto tammiparketti puukorokkeilla, tuettu alalevyyn; alapinnan muottilau- dat jätetty paikoilleen niiden päällä 3 sm tikutus ja rappaus, h = 43.5 sm		565	51	64
Raudoittamaton betoniholvi I-palkkien varassa, 10 sm koksikuonaa, 1” puu- permanto 3” × 3 1/2” puukorokkeilla, alap. rivat, verkko ja rappaus, h = 43.0 sm.		450	54	59
Ylälevyholvi d = 8 sm, puupermanto 1 1/4” levyyn tuetuilla 3” × 3 1/2” korokkeilla, täytekorokkeen paksuu- delta koksikuonaa. Alap. 1” paneli, 3” tikutus ja rappaus h = 45.5 sm.		515	50	65
Puuvälikatto, kantavat piirut 3” × 8” c e 600 permanto 1 1/4” lankuista, alus- huopa ja korkkimatto, täytteenä 12 sm kalkinsek. hiekkaa. Alapintana 3” × 5” c e 600 piirujen kannattama 3/4” paneli, jolla 3 sm tikutus ja rappaus		265	57	64

Makuu- ja työhuoneet on järjestettävä rakennuksen hiljaisiin osiin, ei konehuoneiden eikä hissien läheisyyteen. Hissikuilut on varustettava äänieristyksellä, samoin hissikoneistot. Tuuletus- ja pumppukoneistot eristetään johtoverkosta kimmoisilla välikappaleilla. Kylpyammeiden jalat ja koneiden alustat varustetaan samoin kimmoisilla äänieristyslevyillä.

Taulussa 5 esitetään muutamien akkuna-, ovi- ja välikatto-tyyppien ääneneristyslukuja eri värähdyslukujen vallitessa.

Taulu 6.

Erilaisiin rakenneosiin vaadittavia ääneneristyslukuja.

n = 1 000 H.

Ulkoseinät	60 db	
Väliseinät:		
1. Eri huoneistojen välillä	55 „	
2. „ konttori- „ „	60 „	
3. Hotellihuoneiden „	60 „	
4. Lääkärin vastaanottohuoneessa	60 „	
5. Asuntojen saman. huoneiden välillä	30 „	
6. „ huoneiden ja keittiön „	40 „	
7. „ makuu- ja kylpyh. „	40 „	
8. Sairaaloiden huoneen ja eteisen välillä	60 „	
9. „ huoneiden välillä	40 „	
	Ilma-	Kolahdus-
Välikatot:	äänät	äänät
1. asuintaloissa	50	40
2. Yleisissä taloissa	60	30
3. Kouluissa	65	25
4. Sairaaloissa	65	25
Ovet: Yksinkertaiset	30	
„ kaksinkertaiset	50	
Akkunat: yksinkertaiset	25	
„ kaksinkertaiset	40	

(Prof. H. Kreuger'in ja saksal. mukaan).