

KANSAINVÄLISET YHTEYDET VUODEN 1967 ÄÄNENERISTYSNORMIEN MUOTOUTUMISESSA

”SUORASTAAN RATKAISEVA MERKITYS OMAN NORMITYÖMME KANNALTA”

Mikko Kylliäinen

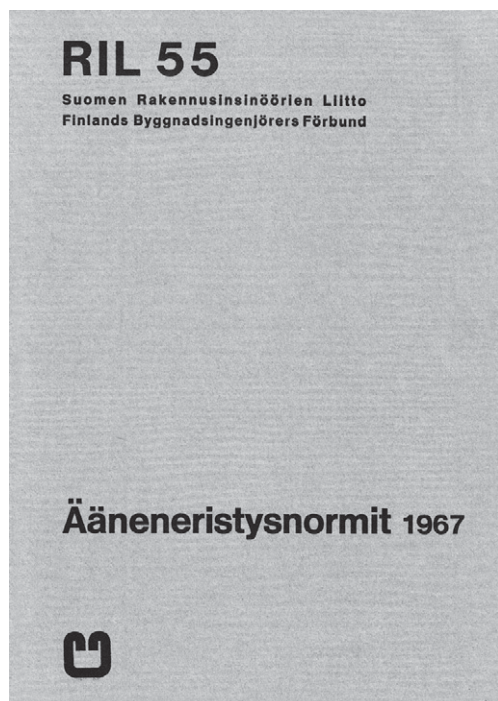
Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry julkaisi vuonna 1967 rakennusten ääneneristysnormit. Niissä asetettiin teknisinä mittalukuina rajat sille, kuinka paljon ilmaäänäen eli puheen, musiikin tai ääntöistölaittein tuotetun äänen pitää vaimentua kulkiessaan esimerkiksi asuinhuoneistosta toiseen, kuinka paljon ääntä huoneistossa sallitaan toisessa huoneistossa rakenteisiin kohdistettavista iskuista, lähinnä kävelystä, ja kuinka paljon ääntä saavat tuottaa rakennuksen erilaiset tekniset järjestelmät, kuten ilmanvaihto tai vesi- ja viemärijärjestelmät.¹

Ääneneristysnormit koskivat monia rakennustyyppisiä kouluista sairaaloihin, mutta tärkein niistä oli asuinrakennus. Asuinrakennusten ääneneristystä ja melua koskevia säädöksiä oli ollut jo ennen ääneneristysnormien julkaisemista,² mutta niiden ongelmana oli ollut se, että ääneneristysvaatimukset oli määritetty sanallisesti: eri osapuolet saattoivat muodostaa käsityksensä tyydyttävästä ääneneristyksestä subjektiivisesti, jolloin ne myös poikkesivat toisistaan. Tällaisten säädösten velvoittavuus koettiin 1950-luvulla puutteelliseksi.³ Ääneneristysnormit poikkesivat aiemmista säädöksistä siinä, että rakennuksilta vaadittavat ääniolosuhteet määriteltiin teknisinä mittalukuina, jolloin vaatimusten toteutuminen voitiin tarvittaessa tutkia mittaamalla.

Ääneneristysnormien julkaisija Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry oli aikaisemmin laatinut monia muita rakennusten ja rakenteiden suunnitteluohjeita sekä käsikirjoja.⁴ Vaikka yhdistyksen julkaisut eivät olleet säädöksiä, ne olivat usein sellaisten asemassa, koska säädökset eivät kattaneet kaikkia rakentamisen osa-alueita. Lisäksi

normien laatimista rahoitti kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriö.⁵ Myös ääneneristysnormit rinnastettiin ainakin osassa maata säädöksiin: esimerkiksi Helsingin kaupungin rakennusvalvontavirasto vaati niiden noudattamista.⁶ Ääneneristysnormeja ja niiden pohjalta laadittua Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa C1, jonka julkaisijana oli aluksi sisäasianministeriö ja myöhemmin ympäristöministeriö, uudistettiin vuosina 1971–1985 kolmesti, mutta asuinrakennuslaitteille määritelty vaatimustaso ei muuttunut. Vuoden 2000 alusta voimaan tulleet rakentamismääräykset korottivat ääneneristysvaatimuksia ensi kerran vuoden 1967 jälkeen,⁷ joten ääneneristysnormit asettivat asuinrakennusten ääniolosuhteille vaatimustason yli 30 vuodeksi – suuri osa suomalaisista on asunut ainakin jossain elämänvaiheessaan tällaisessa rakennuksessa.

Ääneneristysnormien laatimiseksi tarvittiin tietoa muun muassa rakenteiden ääneneristävyydestä, sen mittaamisesta sekä mittalukujen asettamisesta ihmisen kokemusta vastaavalle tasolle. Ääneneristysnormeja ja niitä edeltäneitä normiluonnoksia



laadittaessa Suomessa ei vielä ollut akustiikan oppituolia eikä ajan tasalla olevaa laboratoriota ääneneristysmittauksia varten.⁸ VTT:n rakennusteknillisen laboratorion tutkijat kirjoittivatkin vuonna 1955, että kotimaisten tutkimusten puute pakotti suunnittelijat ja rakentajat käyttämään apunaan ulkomailla tehtyjen tutkimusten tuloksia.⁹ Samoin 1950-luvulla käytössä olleet rakennusten ääneneristävyuden mittaussuunnitelmat oli omaksuttu ulkomailta.¹⁰ Myös ääneneristysnormien esipuheessa vuonna 1967 todettiin ulkomailta saatu tieto normien laatimisen edellytykseksi: ”Pohjoismaissa saadut kokemukset, kansainvälinen yhteistoiminta sekä omassa rakentamisessamme saadut käyttökokemukset ovat kuitenkin työn lähtökohtina tehneet normien laatimisen mahdolliseksi.”¹¹

Kotimaiset mahdollisuudet tehdä rakennusten ääniolosuhteita koskevaa tutkimusta olivat vuotta 1967 edeltävänä aikana rajalliset, joten ääneneristysnormien synty-

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry julkaisi vuonna 1967 ääneneristysnormit.

misen kannalta oleellista on kysymys siitä, mistä niiden perustana oleva tieto on saatu. Koska aikalaisten mielestä muualla kehitetyn teknologian omaksuminen on ollut ääneneristysnormien synnyn kannalta merkittävää,¹² normien perustana olevan tiedon alkuperää selvitetään tutkimalla suomalaisen akustiikan asiantuntijoiden kansainvälisiä yhteyksiä: mitkä olivat tiedon lähtömaat ja millaista tietoa niistä saatiin? Tällaisista prosesseista, joiden tuloksena muualla kehitetty teknologia omaksutaan toisessa maassa, käytetään käsitettä teknologian siirrot.¹³ Ääneneristysnormien synty ensimmäisestä ehdotuksesta julkaisemiseen vei aikaa lähes 20 vuotta, joten mahdollista on tutkia myös teknologian siirroissa tuona aikana tapahtuneita muutoksia.¹⁴ Lähtötilanteen eli 1940-luvun lopulla suomalaisten akustiikan asiantuntijoiden hallussa olleen tiedon lähtömaiden selvittämiseksi tutkimus on ulotettava tätä edeltäneeseenkin aikaan.

TEKNOLOGIAN SIIRTOJEN PIIRTEITÄ

Suomessa syntyi ajatus akustiikan tutkimusta edistävän sekä neuvontaa, valistusta ja lausuntoja antavan kotimaisen seuran perustamisesta syyskesällä 1942. Tuolloin Helsingissä vieraili Yleisradion ahtaaksi käyneet Fabianinkadun tilat korvaavan uuden radiotalon suunnitteluun liittyen saksalainen yleisradiotekniikkaan ja akustiikkaan perehtynyt tohtori Hans Joachim von Braunschweig.¹⁵ Hän esitelmöi rakennusten akustisesta suunnittelusta ja rakennusaineiden akustisista ominaisuuksista. Vuoden lopulla Rakennustaito-lehti julkaisi esitelmän Yleisradion studiopäällikön, diplomi-insinööri¹⁶

Paavo Arnin (1905–1969) kääntämänä.¹⁷

Tohtori von Braunmühlin vierailu Suomeen on esimerkki teknologian siirroista, jotka voivat olla konkreettisesti laitteiden ja koneiden kuljettamista maasta toiseen, mutta erityisesti ne ovat ihmisten välistä vuorovaikutusta ja toimintaa, jonka kautta tieto siirtyy.¹⁸ Esimerkiksi Paavo Arni teki virkansa puolesta sekä kotimaisten järjestöjen edustajana opintomatkoja ulkomaille, osallistui kansainvälisiin konferensseihin ja oli toimihenkilönä kansainvälisissä järjestöissä. Henkilökohtaisten yhteyksiensä avulla hän järjesti ulkomaisten asiantuntijoiden vierailuja Suomeen.¹⁹ Tällaisen toiminnan katsotaan olevan tärkeä osa teknologian siirtoja.²⁰ Arnin julkaisutoiminnasta voidaan päätellä, että hän seurasi ulkomaisia ammatillisia ja tieteellisiä aikakauslehtiä,²¹ jotka muodostavat yhden väylän teknologian siirroille.²²

Syyskesällä 1942 Paavo Arni kutsui koolle Ääniteknillisen Yhdistyksen perustamista suunnittelevan kokouksen.²³ Siihen osallistui hänen entinen esimiehensä, diplomi-insinööri T. K. Laakso (1899–1979), joka vuodesta 1938 oli toiminut lehtorina Tampereen teknillisessä opistossa.²⁴ Yleisradion studioita suunnitellessaan ja rakennuttaessaan he olivat joutuneet perehtymään rakenteiden ääneneristykseen ja huoneakustiikkaan. Molemmat toimivat myös rakennusten akustiikkaa suunnittelevina konsultteina,²⁵ joten heillä lienee ollut myös henkilökohtaista kiinnostusta hankkia ja levittää tietoa akustiikasta. Vaikka teknologian siirrot perustuvat paljolti yksittäisten ihmisten toimintaan, heidän välisiinsä yhteyksiin ja liikkumiseen, siirtojen toteutumiseksi yksittäisten ihmisten toiminta ei kuitenkaan ole riittävä edellytys. Teknologian omaksumiseksi on oltava yleisempi intressi, ja toiminnan pitää olla organisoitua. Lisäksi tarvitaan riittäviä taloudellisia ja muita resursseja.²⁶ Ääneneristysnormien syntymiseen vaikuttanut asiantuntijaorganisaatio oli Ääniteknillinen Yhdistys ry. Sekä Arni että

Laakso olivat pitkään jäseninä yhdistyksen hallituksessa, Arni myös sihteerinä ja puheenjohtajana.²⁷ Kumpikin osallistui – monen muun yhdistyksen jäsenen tavoin – sekä rakennusten ääneneristystä koskevaan kotimaiseen tutkimustyöhön että normien laatimiseen erilaisten toimikuntien jäsenenä silloinkin, kun yhdistys ei suoranaisesti ollut osallisena normityössä.²⁸

Ääneneristysnormit laadittiin komiteatyönä vuosina 1965–1967,²⁹ mutta normien laatiminen oli ollut esillä Ääniteknillisessä Yhdistyksessä ensimmäisen kerran vuonna 1947, jolloin sen johtokunta päätti ehdottaa sisäasianministeriölle normien laatimista.³⁰ Ääneneristysnormien laatiminen edellytti siis kotimaisilta akustiikan asiantuntijoilta pitkään jatkuneita yhteyksiä ulkomaille, mikä on teknologian siirroille tyypillistä.³¹

AKUSTIIKAA KOSKEVAN TIEDON ALKUPERÄ 1940-LUVUN LOPULLA

Rakennusten ja tilojen akustiikkasuunnittelussa 1930-luvulla käytetyt menetelmät perustuivat erityisesti Yhdysvalloissa tehtyyn tutkimukseen.³² Siellä kehitetyt suunnittelumenetelmät ja materiaalit tulivat käyttöön Suomessakin: paljon huomiota rakennusalan ammattilehdissä sai Eduskuntatalo, jonka istuntosalin kupoli verhoiltiin Yhdysvalloista tuoduilla ääntä vaimentavilla rakennuslevyillä.³³ Eduskuntatalon akustiikkaa koskevista selvityksistä vastasi diplomi-insinööri Jaakko Packalén (1886–1935).³⁴ Hän osallistui myös Messuhallin, Helsingin konservatorion konserttisalin ja Yleisradion Fabianinkadun toimitalon akustiikan suunnitteluun.³⁵ Yleisradion puolesta teknillisenä asiantuntijana radiotalon rakennushankkeessa oli T. K. Laakso.³⁶ Radiotalon kellariin rakennettiin akustiikkalaboratorio, jossa tehtyjä rakennusaineiden akustisia ominaisuuksia koskeneita mittauksia Laakso esitteli rakennusalan lehdissä.³⁷ Myös

rakennesuunnittelijana työskennellyt diplomi-insinööri Uno Varjo laati 1930-luvulla akustiikkasuunnitelmia.³⁸

Jaakko Packalén ja Uno Varjo kirjoittivat T. K. Laakson tavoin rakennusten ääniolosuhteiden merkityksestä ja akustiikan suunnittelumenetelmistä artikkeleita rakennusalan ammattilehdissä. Näissä varhaisissa kirjoituksissa ei yleensä ole lähdeluettelointa, mutta artikkelinsa johdannossa vuonna 1931 Packalén totesi Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen urauurtavaksi ja Euroopas-



Diplomi-insinööri Toivo Kustaa Laakso (1899–1979). Kuva teoksesta *Akustinen Seura 40 vuotta 1943–1983*.

sa Saksan käyvän tutkimuksen etunenässä.³⁹ Myös Uno Varjo oli vuosina 1936 ja 1938 julkaisemistaan artikkeleista päätellen hankkinut tietämyksensä akustiikasta näistä maista peräisin olevasta kirjallisuudesta sekä Ruotsista, jossa Kuninkaallinen teknillinen korkeakoulu oli hänen mukaansa aloittanut akustiikan tutkimuksen 1920-luvun puolivä-

lissä.⁴⁰ Ruotsalaisten tutkijoiden tuloksia oli julkaistu myös käännöksinä suomalaisissa ammattilehdissä.⁴¹

Rakentamisen ohjaamiseksi ei välttämättä tarvita viranomaissäädöksiä, vaan rakentamisen laatuun voidaan vaikuttaa esimerkiksi oppikirjoilla tai järjestöjen julkaisemilla ohjeilla. Rakennusinsinööriyhdistys RIY julkaisi 1947 Uno Varjon kirjoittaman oppaan ”Äänen ja muun värähtelyn torjunta huoneenrakennuksessa”. Siinä ei ole lähdeluetteloa, mutta se perustuu nähtävästi jo 1930-luvulla hankittuun tietoon, jota kirjoittaja on täydentänyt tohtori Braunmühlin esitelmästä saamallaan tiedoilla.⁴²

Ensimmäisen rakennusten akustiikkasuunnittelua koskevan suomalaisen oppikirjan, *Käytännöllisen akustiikan perusteet*, julkaisi Paavo Arni vuonna 1949. Oppikirjan lopussa on 42 teosta sisältävä lähdeluettelo. Sen lisäksi Arni on tehnyt listan suositeltavasta kirjallisuudesta, johon kirjassa ei erityisesti kuitenkaan viitata. Suositeltavan kirjallisuuden luettelossa on 19 teosta.⁴³ Arnin kirjan lähteiden alkuperämaat jakautuvat seuraavasti:

Saksa	20 kpl	33 %
Yhdysvallat	10	16
Iso-Britannia	7	11
Ruotsi	6	10
Tanska	6	10
Suomi	6	10
Sveitsi	3	5
Alankomaat	2	3
Norja	1	2

1930-luvulla tärkein akustiikkaa koskevan tiedon alkuperämaa oli ollut Yhdysvallat, jossa kehitetyt perusmenetelmät olivat edelleen käytössä toisen maailmansodan jälkeen – moni on nykyäänkin käytössä. Tämä näkyy Arnin kirjan lähdeluettelossa, jossa toiseksi eniten on Yhdysvalloissa kirjoitettuja lähteitä. Sotaa edeltävään aikaan verrattuna oli kuitenkin tapahtunut muutos, sillä Yhdysvaltain ohi oli lähteiden määrällä

mitattuna noussut Saksa, jossa tapahtuvan tutkimuksen vilkkaus oli ennen sotia kirjoitetuissa artikkeleissa huomattu, mutta jonka tuottamaa tietoa ei vielä ollut käytetty läheskään niin paljon kuin yhdysvaltalaisen tutkimuksen.

Ennen toista maailmansotaa suomalaisten yliopistojen opetuksessa oli yleensä käytetty runsaasti saksalaisia oppikirjoja ja suomalaiset tutkijat olivat tehneet opintomatkoja Saksaan.⁴⁴ Yhdysvaltain merkitys oli kasvanut jo ennen maailmansotaa, ja sodan jälkeen saksalaisen tutkimuksen merkitys suomalaiselle tieteelle ja tekniikan tutkimukselle laski nopeasti.⁴⁵ Suomalaisen tutkimuksen yleisestä linjasta poiketen saksalaisen tutkimuksen merkitys akustiikalle näyttää kasvaneen vasta sodan aikana ja säilyneen tärkeänä sen jälkeenkin. Saksassa tuotettu tieto ei tietenkään heti sodan jälkeen vanhentunut: Yleisradiossa 1942 vierailleen tohtori von Braunmühlin esitelmä on ollut Arnin seitsemän vuotta myöhemmin julkaistun kirjan tärkeä lähde, sillä esitelmän käännös on tunnistettavissa kirjan monessa kohdassa johdannosta alkaen.⁴⁶ Osaltaan saksalaisen tutkimuksen merkitystä tietämykselle akustiikasta selittänee se, että sodan aikana Suomella ei ollut tutkimusyhteistyötä monenkaan muun maan kanssa.⁴⁷

Toinen muutos, joka voidaan nähdä verrattaessa Arnin lähteitä 1930-luvun kirjoituksiin akustiikasta, on pohjoismaisten yhteyksien kasvu. 1930-luvulla ruotsalaisiin tutkijoihin oli jo viitattu, mutta Arnin kirjassa ruotsalaisten ja tanskalaisten lähteiden yhteenlaskettu määrä ylittää yhdysvaltalaisen tutkijoiden kirjoittamien lähteiden määrän ja edustaa 20 % kaikista lähteistä. Sodan aikana yhteydet Ruotsiin olivat olleet suomalaiselle tutkimukselle yleensäkin tärkeitä.⁴⁸ Myös 1942 perustetun Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen (VTT) rakennusteknillinen laboratorio oli harjoittanut yhteistyötä ruotsalaisten rakennusalan tut-

kimuslaitosten kanssa toimintansa alusta saakka.⁴⁹

POHJOISMAISET TUTKIJAYHTEYDET

Vuonna 1943 perustetun Ääniteknillisen Yhdistyksen toiminta kattoi kaikki akustiikan alat soitinrakennuksesta radiotekniikkaan ja fonetiikasta meluntorjuntaan,⁵⁰ mutta rakennusten ääniolosuhteilla oli sen toiminnassa suuri osuus alusta saakka: syksyllä 1943 seuran johtokunnan kokouksessa esitettiin, että ”yhdistyksen tulisi ensin tehdä voimakasta propagandaa akustisten peruskysymysten, erikoisesti äänieristys- ja jälkikaiuntakysymysten selvittämiseksi”.⁵¹ Yhdistyksen kokouksissa sen ensimmäisten 10 toimintavuoden aikana pidetyistä 40 esitelmästä 11 käsitteli rakennusten ääniolosuhteita ja niiden suunnittelua.⁵² Esimerkiksi vuoden 1944 lopulla tanskalainen tekniikan tohtori Per Brüel vieraili Helsingissä ja esitelmöi rakennus- ja huoneakustiikasta.⁵³

Oppikirjassaan vuonna 1949 Paavo Arni totesi valitettavana seikkana, että ääneneristystä koskevia määräyksiä ei Suomessa ole.⁵⁴ Muissa maissa niitä sitä vastoin jo oli: keväällä 1947 yhdistyksen kokouksessa oli esitelmöinyt tanskalainen tekniikan tohtori Vilhelm Lassen Jordan aiheenaan *Nykyistä melua ja ääneneristystä koskevia oikeussääntöjä ja normeja eri maissa*. Esitelmässään Jordan kertoi Saksan, Englannin, Tanskan ja Ruotsin ääneneristystä ja meluntorjuntaa koskevista säädöksistä ja ohjeista. Rakentamisen osalta esitelmä painottui asuinhuoneistojen välille asetettaviin vaatimuksiin ja vaatimusten määrittelyyn eli mittaustapoihin. Laajimmin Jordan referoi Saksan vuodesta 1938 käytössä ollutta DIN-normia sekä Ruotsissa edellisenä vuonna rakentamismääräyksiin sisällytetyjä vaatimuksia asuinhuoneistojen ilma- ja askelääneneristykselle.⁵⁵

Pian tohtori Jordanin vierailun jälkeen Ääniteknillinen Yhdistys toimitti lehdistöl-

le sekä tiedotteen vierailusta että esitelmän suomeksi käännettynä.⁵⁶ Saman vuoden syksyllä yhdistys päätti lähestyä sisäasianministeriötä kirjeellä ”ääniteknillisten normien laatimisesta talojen rakentajille”. Yhdistyksen johtokunnassa käydyssä keskustelussa esitettiin, että näiden normien tulisi sisältää tarkkoja esimerkkejä ja piirustuksia rakennusten toteuttamisesta.⁵⁷ Seuraavana keväänä 1948 ministeriölle lähettämässään esityksessä yhdistys kuvasi kolme rakennuksessa esiintyvää ongelma-aluetta, joihin normeilla voitaisiin vaikuttaa. Ensimmäinen niistä oli asuntojen puutteellinen ääneneristys: ”Varsin tavallista on, että nykyaikaisessa, usean perheen asuintalossa ääneneristys on erittäin huono ja seurauksena on, että asunnosta toiseen tunkeutuu ääntä siinä määrin, että useasti ei voida puhua kodista, vaan ainoastaan asunnosta. Ääneneristykseltään oikein rakennettu talo on jopa harvinaisuus.” Erittäin yleiseksi kirjeessä mainittiin myös huono kuuluvuus esiintymistiloissa ja puhe-saleissa. Kolmas parannuksia vaativa seikka oli meluntorjunta tehdasrakennuksissa.⁵⁸ Sisäasianministeriölle lähettämässään esityksessä Ääniteknillinen Yhdistys ehdotti, että ministeriö asettaisi normien laatimista selvittämään komitean, jossa olisi laaja edustus rakennusalan järjestöistä.⁵⁹ Komitean koostumuksesta käytiin vuoden 1948 aikana keskustelua sisäasianministeriön kanssa, ja vuonna 1953 yhdistyksen kymmenvuotistoimintakertomukseen kirjattiin valtioneuvoston suunnitelleenkin tällaista komiteaa, joskaan ”lähempiä tietoja asiasta ei ole”.⁶⁰

Vuoden 1953 lopulla Ääniteknillisessä Yhdistyksessä vieraili tanskalainen professori Fritz Ingerslev, joka luennoi ääntä vaimentavista materiaaleista sekä asuinrakennusten ääneneristysongelmista. Samassa yhteydessä hän selosti Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnalle aiemmin samana vuonna kansainvälisessä akustiikkakonferenssissa syntynyttä ajatusta pohjoismaisen yhteistyön tehostamiseksi akustiikan alal-

la.⁶¹ Seuraavana vuonna Kööpenhaminassa järjestettiin pohjoismaisille akustiikan asiantuntijoille kokous, jonka tarkoituksena oli kokeilla, olisiko pohjoismaisen yhdistyksen perustamiselle edellytyksiä. Kokouksen osoittauduttua menestykselliseksi päätettiin perustaa Nordiska Akustiska Sällskapet NAS.⁶² Yhdistys aloitti toimintansa vuoden 1955 alusta, ja Ääniteknillinen Yhdistys nimesi sen johtokuntaan edustajakseen Paavo Arnin, joka oli osallistunut jo Kööpenhaminan kokoukseen.⁶³ Pohjoismaiden vanhimpana akustisena seurana Ääniteknillinen Yhdistys sai isännöidäkseen ensimmäisen NAS-konferenssin Helsingissä 1956. Kolmipäiväisen konferenssin ensimmäinen päivä käsitteli huoneakustiikkaa ja ääneneristystä, mikä näyttää olleen vakiintunut käytäntö konferenssin alkuvaiheissa.⁶⁴ Pohjoismaisen akustisen seuran perustamisen myötä suomalaisten akustiikan asiantuntijoiden yhteydet läntisten naapurimaiden kollegoihin saivat järjestäytyneen muodon.

Vuonna 1955 Ääniteknillisessä Yhdistyksessä luennoi Ove Brandt, Kuninkaallisen teknillisen korkeakoulun tutkija Tukholmasta. Hänen kaksipäiväisen vierailunsa aikana kuultiin esitelmät asuinrakennusten ääneneristyksestä saaduista kokemuksista sekä uuden rakennustavan tuomista uusista akustisista ongelmista⁶⁵ – uusi rakennustapa oli tiilestä muuratun pystyrungon korvaaminen betonirakenteilla. Kun Suomeen saatiin 1950-luvun alussa ajan tasalla oleva ääneneristysmittauskalusto ja kun sitä päätettiin kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriön myöntämällä apurahalla käyttämään kotimaisten asuinrakennusten ääneneristystason selvittämiseksi vuosina 1952–1955, mittauksia verrattiin Ruotsissa saatuihin kokemuksiin vastaavista rakenteista.⁶⁶

Ulkomailta saatua tietoa välitettiin rakennusalan ammattilaisille rakennusalan lehdissä. Vuonna 1956 VTT:n rakennusteknillisen laboratorion tutkija Mauri Parjo⁶⁷ antoi Rakennustaito-lehdessä julkaistussa

artikkelissaan ohjeita kerrostalojen ääneneristykseen suunnittelusta ja meluntorjunnasta. Kirjoitus perustui kotimaisiin kokemuksiin ja VTT:n mittaustuloksiin, mutta sen lähteinä oli myös kaksi tanskalaista ja yksi ruotsalainen oppikirja.⁶⁸ Ääniteknillisen Yhdistyksen perustamista suunnittelevassa kokouksessa vuonna 1942 oli keskusteltu eri tahojen hallussa olevien akustiikkaa käsittelevien kirjojen luetteloinnista ja tieteellisten aikakauslehtien tilausten koordinoinnista,⁶⁹ mutta tiedossa ei ole, ryhtyikö yhdistys sittemmin keräämään omaa kirjastoa. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että ulkomaiset asiantuntijat toivat Suomeen saapuessaan mukanaan akustiikkaa käsittelevää tutkimuskirjallisuutta, sillä kaikkien Parjon artikkelin lähteenä olevien pohjoismaisten teosten kirjoittajat⁷⁰ olivat myös vierailleet yhdistyksen kokouksissa esitelmöitsijöinä.

1950-luvun lopulla VTT tutki valmisteilla olleiden ääneneristysnormien vaatimusten

toteutumista kokonaan betonirakenteisessa asuinkerrostalossa. Vuonna 1959 julkaisussa tutkimuksessa esitettiin arvio siitä, millaiset rakenteet täyttäisivät valmisteilla olleen normiehdotuksen vaatimuksen. Arvioon käytettiin sekä mitatussa kerrostalossa saatuja mittaustuloksia että ruotsalaisissa tutkimuksissa esitettyjä tuloksia vastaavista rakenteista.⁷¹ Tutkimuksen lähdeluettelossa mainituista viidestä teoksesta kolme oli ruotsalaisia tutkimusraportteja, yksi yli 20 vuotta vanha saksalainen artikkeli ja yksi kotimainen normiluonnos.⁷²

1960-luvun puolivälissä betonielementtitekniikalla toteutettujen asuinrakennusten osuus kaikista asuinrakennuksista kasvoi Suomessa nopeasti.⁷³ Samaan aikaan Ruotsista saatiin tietoja uusien elementtikerrostalojen ääneneristyksessä todetuista puutteista. Niistä luettiin ilmeisesti ruotsalaisesta tutkimuskirjallisuudesta,⁷⁴ mutta ruotsalaisten tutkijoiden artikkeleita julkaistiin myös

Yli-insinööri Paavo Arni (1905–1969) esittelee Yleisradion kaiutonta huonetta vierailleen.
Kuva: Ruth Träskman 1956 (YLE Valokuva-arkisto).



kotimaisissa lehdissä. Artikkeleissaan ruotsalaiset akustiikan asiantuntijat esittelivät mittauksia sekä seikkoja, joihin betonielementtitalojen suunnittelussa ja toteutuksessa pitäisi kiinnittää huomiota.⁷⁵ Suomessa ei 1960-luvun alussa ollut kotimaisia tutkimustuloksia betonielementtitalojen ääneneristyksestä,⁷⁶ joten ruotsalaisten tutkimustulosten tuleminen julkisuuteen johti siihen, että kotimaiset akustiikan asiantuntijat katsoivat tarpeelliseksi laajan kotimaisen tutkimushankkeen käynnistämisen.⁷⁷ Vuonna 1965 valmistuneeseen tutkimukseen sisältyneiden ääneneristysmittausten perusteella määriteltiin väliseinille ja välipohjille minimipaksuudet, joilla saavutettiin vuonna 1960 julkaistun kotimaisen ääneneristysnormiehdotuksen vaatimukset. Tutkimuksessa esitetyille johtopäätöksille saatiin tukea Ruotsissa raportoiduista mittauksista.⁷⁸

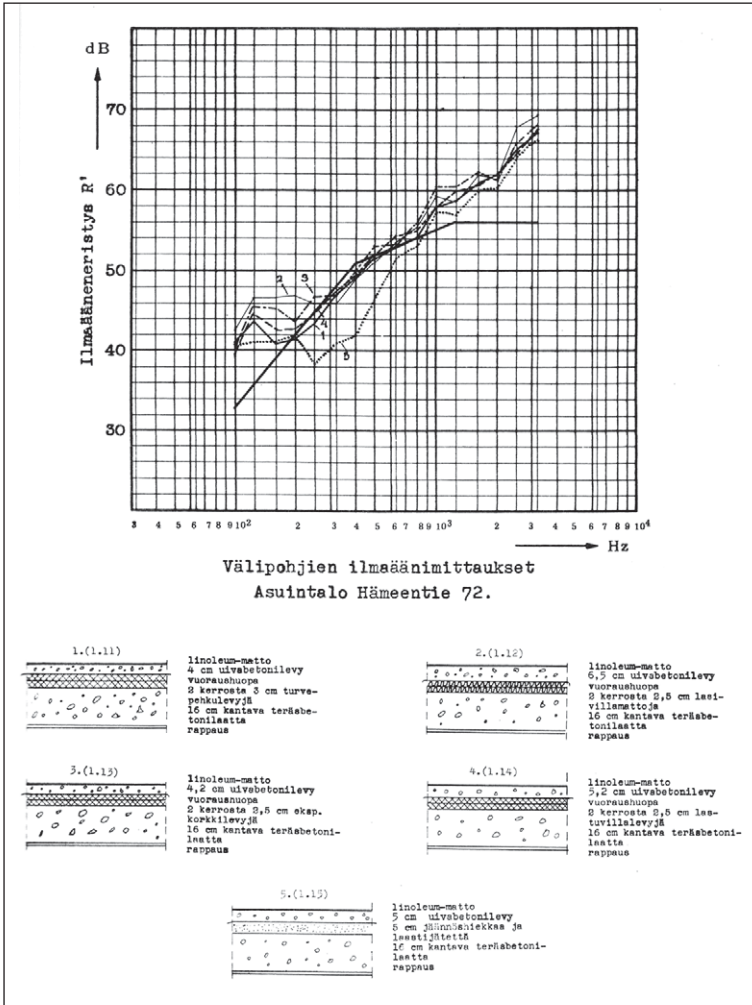
MITTAUSMENETELMIEN SAKSALAINEN ALKUPERÄ

Rakennusten ääniolosuhteita ei ole mahdollista vakioida määrittelemällä vaatimukset tiettyinä rakenneratkaisuina, koska sama lopputulos voidaan saavuttaa hyvin erilaisilla rakennusmateriaaleilla sekä rakennusosilla. Lisäksi rakenteiden vakioiminen estäisi tai ainakin hidastaisi uusien rakennustapojen käyttöönottoa. Näin ollen vaatimukset rakennusten ääniolosuhteille on asetettava suureina, jotka ovat mitattavissa. Toisin kuin rakenteet, näiden suureiden mittausmenetelmät on vakioitava, jotta eri mittajien erilaisissa rakennuksissa ja olosuhteissa toteamat tulokset olisivat vertailukelpoisia. Ääneneristysnormien laatimiseksi suomalaisten akustiikan asiantuntijoiden oli hankittava tietoa erilaisten akustisten suureiden mittausmenetelmistä. Jotta näille suureille voitiin asettaa vaatimukseksi jokin raja-arvo, oli myös selvitettävä, kuinka mitattavat suu-

reet vastaavat ihmisen kokemuksia ääni-ilmioista.

Ääniteknillisen Yhdistyksen lisäksi asuinrakennusten ääniolosuhteisiin oli 1950-luvulle tultaessa alkanut osoittaa kiinnostusta myös Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen rakennusteknillinen laboratorio. Vuonna 1949 se oli yrittänyt selvittää uusien asuinkerrostalojen ääneneristävyttä tekemällä mittauksia Helsingissä Mannerheimintien varrelle rakennetuissa taloissa, mutta puutteellisen mittauskaluston vuoksi tutkimuksessa ei ollut pystytty tuottamaan käytännön rakentamisessa hyödynnettävää tietoa. Ääneneristys oli kuitenkin voitu todeta tutkituissa taloissa niin huonoksi, että aiheen tutkimuksen liittäminen VTT:n tutkimusohjelmaan oli katsottu tarpeelliseksi.⁷⁹

Vuonna 1952 VTT sai yleisten töiden ja kulkulaitosten ministeriöltä määrärahan tutkimukseen, jonka tarkoituksena oli määrittää tuolloin yleisesti käytössä olleiden väliseinä- ja välipohjarakenteiden ääneneristysominaisuudet rakennuksissa tehtävin mittauksin.⁸⁰ Tutkimuksen suorittaakseen saanut ääneneristystutkimustoimikunta otti selvää eri maissa käytössä olevista mittausmenetelmistä, joiden se totesi poikkeavan toisistaan huomattavasti.⁸¹ 1940-luvun lopulla ääneneristysmittaukset oli suositeltu Suomessa tehtäväksi Saksassa vuonna 1936 ehdotetun ja vuonna 1938 DIN-standardissa julkaistun menetelmän mukaisesti.⁸² 1940-luvun kuluessa rakennusakustiikan tutkijat olivat kritisoineet Saksassa standardoituja mittausmenetelmiä, etenkin askelääneneristyksen mittaustapaa,⁸³ joten ääneneristystutkimustoimikunnan oli löydettävä uusi tapa mitata ääneneristystä. 1940-luvun lopulla oli syntynyt kansainvälinen pyrkimys yhdenmukaistaa eri maiden toisistaan poikkeavat mittaustavat, ja Lontoossa 1948 pidetyssä konferenssissa esitettiin luonnos kansainväliseksi mittausstandardiksi.⁸⁴ Ehdotus kansainväliseksi mittausstandardiksi



Asuinhuoneistojen välillä mitattuja ilmäääneneristävyyksiä VTT:n 1952–1955 tekemästä kerrostalojen ääneneristystutkimuksesta. Kuva teoksesta *Kerrostalojen ääneneristystutkimus* (1955).

valmistui seuraavana vuonna, ja Saksa uusi pian oman mittaustandardinsa sen pohjalta. Ääneneristystutkimustoimikunta katsoi aiheelliseksi olettaa, että kansainvälinen standardiehdotus tulisi hyväksymään, joten se päätti noudattaa tutkimukseensa sisältyvien mittausten toteutuksessa Saksan uutta DIN-standardia.⁸⁵

Aiemmin käytössä ollut mittausmenetelmä oli perustunut siihen, että äänen taajuudesta riippuvista akustisista suureista oli määritetty keskiarvoja. Tällöin oli mahdol-

lista, että jollakin taajuudella esiintyvä poikkeuksellinen huono ääneneristävyys tasoittui keskiarvoon niin, että sitä ei havaittu. Kansainvälisessä standardiehdotuksessa lähdettiin siitä, että mitattu suure esitetään aina käyränä taajuuden suhteen.⁸⁶ Standardiehdotus ei ottanut kantaa siihen, mitkä olisivat sopivat raja-arvot ääneneristävyydelle rakennuksissa. Saksan liittotasavallassa sitä vastoin jatkettiin tutkimus- ja standardointityötä niin, että vuonna 1953 julkaistussa normiluonnoksessa esitettiin taajuusriippu-

vaisina käyrinä eli niin sanottuina vertailukäyrinä myös vähimmäisarvot ilmaääneneristävyydelle ja enimmäisarvot askeläänten voimakkuudelle.⁸⁷

Saksalainen tapa asettaa rakennusten ääneneristykselle raja-arvot perustui rakennuksissa tehtyihin mittauksiin ja asukkaiden haastatteluihin.⁸⁸ Ääneneristystutkimustoimikunta halusi kuitenkin saada käsityksen siitä, kuinka jokin mittauksin saatu tekninen mittaluku vastaa asukkaiden kokemuksia asuntonsa ääneneristyksestä Suomessa. Toimikunta teki mittauksia useissa kerrostaloissa, joista se valitsi yhden asukashaastatteluja varten. Tehtyjen mittausten, asiantuntijoiden rakennuksissa tekemien havaintojen ja asukkaiden käsitysten perusteella VTT laati rakennusten ääneneristävyydelle ohjearvot, jotka julkaistiin toimikunnan laatimassa tutkimusraportissa.⁸⁹ Ilmaääneneristävyydelle asetetut raja-arvot vastasivat Saksan vaatimuksia, sillä niitä pidettiin fysiologisesti perusteltuina, mutta askelääneneristävyydelle toimikunta katsoi tarpeelliseksi asettaa Suomessa ankarammat rajat, jotka vastasivat Ruotsissa käytössä olleita vaatimuksia.⁹⁰

Ääneneristystutkimustoimikunnan työn tuloksena syntyi käsitys 1950-luvun alkupuolella käytetyn rakennustekniikan tuottamasta ääneneristyksestä asuinrakennuksissa ja ongelmista, joita riittävän ääneneristyksen toteutumisessa on. Samalla asiantuntijoiden käyttämä mittaustapa vakiintui, kun toimikunta otti käyttöön saksalaisen, kansainväliseen standardiehdotukseen perustuvan uudistetun mittausten menetelmän ja laati ohjeina suomalaisen sovelluksen saksalaisesta tavasta asettaa asuinrakennuksille ääneneristysvaatimukset. VTT ja muutkin ääneneristysmittauksia tehneet asiantuntijat käyttivät näitä ohjeita koko 1950-luvun ajan.⁹¹ Vuoteen 1964 mennessä VTT:n kerrotaan tehneen noin 1000 ääneneristysmittausta rakennuksissa.⁹²

RAKENTAMISMÄÄRÄYSTEN YHTENÄISTÄMINEN POHJOISMAIDEN NEUVOSTON TOIMINNASSA

Suomi liittyi Pohjoismaiden neuvoston jäseneksi vuoden 1955 lopulla ja osallistui seuraavan vuoden alussa Kööpenhaminassa ensi kertaa neuvoston istuntoon.⁹³ Pohjoismaiden neuvosto oli vuodesta 1953 valmistellut jäsenmaidensa rakennuslainsäädännön ja -standardoinnin yhtenäistämistä tavoitteenaan yhteisten rakennusaine- ja elementtimarkkinoiden muodostuminen. Teknillisiäkin etuja katsottiin saavutettavan, sillä yhteismarkkinoilla teknillisten uutuuk-sien toivottiin leviävän nopeammin maasta toiseen. Kussakin maassa voitaisiin tällöin myös helpommin hyödyntää muissa maissa tehtyjä tutkimuksia ja käytännön kokemuksia. Suomi kutsuttiin mukaan rakentamismääräysten yhtenäistämistä valmistelleen valiokunnan työhön, ja kesällä 1956 Rakennushallituksen rakennusosaston johtaja Beato Kelopuu (1910–1971) osallistui valiokunnan kokoukseen Oslissa.⁹⁴

Edellisenä vuonna Suomessa valmistuneen kerrostalojen ääneneristystutkimuksen yhtenä johtopäätöksenä oli ollut se, että ääneneristysnormitustyö olisi saatava aloitetuksi mahdollisimman pian: ”Niin kauan kuin meillä ei ole virallisia ääneneristysminimivaatimuksia, ei suunnittelijoita ja rakennuttajia voida velvoittaa rakentamaan kerrostaloja, joissa olisi riittävän hyvä ääneneristys siitäkään huolimatta, että ne eivät vastoin yleistä käsitystä tule nykyisiä rakennuksiamme sanottavasti kalliimmiksi.”⁹⁵ Suomen liittyessä Pohjoismaiden neuvostoon kaikissa muissa jäsenmaissa oli jo laadittu kansalliset ääneneristysmääräykset, joten neuvoston asettama rakentamismääräysten yhtenäistämistä kehittävä valiokunta oli päättänyt aloittaa työnsä valitsemalla yhdeksi neljästä käsiteltävästä aiheesta ääneneristyksen.⁹⁶ Ääneneristysmääräysten yhtenäistämistä varten asetettiin toimikunta,⁹⁷

jonka suomalaisiksi jäseneksi tuli VTT:n rakennusteknillisen laboratorion professori Heimo Rahtu (1906–1985).⁹⁸

Vuodesta 1957 pohjoismaisen toimikunnan rinnalla työskenteli kotimainen toimikunta, joka sai vuoden 1958 lopussa valmiiksi ehdotuksensa suomalaisiksi ääneneristysmääräyksiksi.⁹⁹ Toimikunta oli saanut työtään varten rahoituksen vuoden 1958 loppuun saakka, minkä vuoksi se oli kiirehtinyt saamaan työnsä päätökseen määräaikaan mennessä, vaikka pohjoismaista ehdotusta ei ollut vielä valmiina. Koska Suomessa haluttiin kuitenkin seurata mahdollisimman pitkälle tulevaa pohjoismaista määräysehdotusta, kotimainen toimikunta anoi ja sai työnsä lisärahoitusta vuoden 1960 loppuun saakka.¹⁰⁰

Pohjoismaisen ääneneristystoimikunnan työtä hidasti se, että eri maiden edustajat eivät saavuttaneet yhteisymmärrystä askelääneneristyksen mittauksista. Keväällä 1959 Kööpenhaminassa pidetyssä toimikunnan kokouksessa onnistuttiin löytämään kompromissiratkaisu, jonka kaikkien maiden edustajat katsoivat voivansa hyväksyä. Ruotsin edustaja ilmoitti kuitenkin jo kokouksessa ehdotuksen käyttöönoton vaativan omassa maassaan joidenkin vuosien siirtymäajan, koska ehdotus merkitsi vaatimusten kiristymistä silloisiin ruotsalaisiin vaatimuksiin nähden. Toimikunnan syksyllä pitämässä seuraavassa kokouksessa Helsingissä kompromissiehdotus sittenkin hylättiin: Tanskan edustaja perusteli hylkäämistä sillä, että ehdotukselle ei ollut rakennusteknisiä eikä fysiologisia perusteita. Suomalaiset akustiikan asiantuntijat eivät katsoneet tanskalaisessa määräysehdotuksessa olleen askelääneneristyksen mittauksena soveltuvan käytettäväksi Suomessa, koska se perustui Tanskassa yleiseen, mutta Suomessa harvinaiseen välipohjarakenteeseen.¹⁰¹

Pohjoismaiden neuvoston tavoitteena ollut yhtenäisten ääneneristysmääräysten julkaiseminen jäi erimielisyyksien vuoksi

saavuttamatta, sillä kussakin neuvoston jäsenmaassa julkaistiin vuosina 1959 ja 1960 omat kansalliset määräykset tai määräysehdotukset. Niissä määriteltyihin mittaus- tapoihin ja etenkin askelääneneristävyyden mittaluvun laskemiseen jäi eroja, jotka aikalaisiantuntijoiden mukaan häiritsivät pohjoismaista yhteistyötä rakennusalalla, koska mittaus- ja tutkimustulosten vertailu oli mahdollista vain tekemällä erilaisia muuntolaskelmia.¹⁰²

Ruotsissa julkaistiin uudet säädöstasoiset ääneneristysmääräykset vuonna 1960.¹⁰³ Suomessa kotimaisen normitoimikunnan työn tuloksia ei otettu säädöstasoisiksi määräyksiksi, vaan toimikunnan laatima ehdotus ääneneristysmääräyksiksi julkaistiin VTT:n tutkimusraporttisarjassa myös vuonna 1960.¹⁰⁴ Vaikka Pohjoismaiden yhteinen tavoite oli jäänyt saavuttamatta, pohjoismaisen yhteistyö ei kuitenkaan ollut suomalaisen toimikunnan työn kannalta merkityksetöntä, sillä se oli vaikuttanut tapaan, jolla kotimainen toimikunta suositteli rakennuksissa tehtävät ääneneristysmittaukset suoritettaviksi.¹⁰⁵

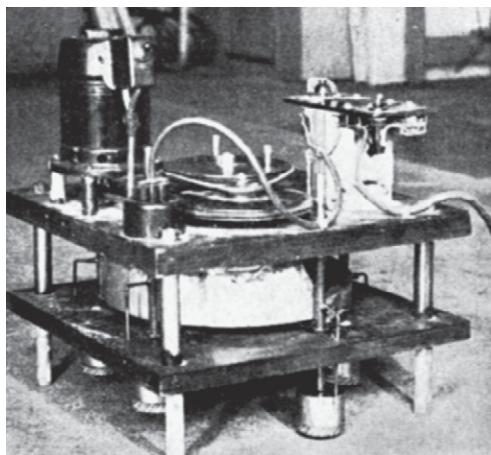
KANSAINVÄLINEN STANDARDOINTITYÖ

Suomalaisia ääneneristysmääräyksiä valmistellut toimikunta oli seurannut omassa työssään pohjoismaisen toimikunnan ohella myös kansainvälistä kehitystä.¹⁰⁶ Saksan liittotasavallassa, jossa ääneneristysnormit oli uusittu edellisen kerran vuonna 1953 kansainvälisten suositusten pohjalta, oli julkaistu ääneneristysnormeista uusi versio vuonna 1959. Kun saksalaiset vuonna 1953 olivat päätyneet esittämään sekä mittausloksen että ääneneristysvaatimuksen käyrinä, uudistetuissa normeissa näistä käyristä sekä mitatuista arvoista johdettiin yksi luku, jonka perusteella erilaisia rakenneratkaisuja oli mahdollista helposti vertailla. Tällä yksinkertaisella tavalla katsottiin olevan niin

suuria etuja käytännön suunnittelutyössä, että kotimainen toimikunta päätti sisällyttää sen omaan normiehdotukseensa. Tätä puolsi myös se, että mittauksiin ja ihmisten haastatteluihin perustuvana saksalaisista tapaa mitata ja arvostella ääneneristystä pidettiin fysiologisesti perusteltuna. Erona saksalaisiin vaatimuksiin nähden oli se, että kotimaassa vuosina 1952–1955 toteutetun tutkimuksen perusteella askelääneneristysvaatimus asetettiin saksalaisia vaatimuksia ankarammaksi.¹⁰⁷

VTT:n vuonna 1960 julkaisemaan ehdotukseen ääneneristysmääräyksiksi sisältyi vaikutteita sekä pohjoismaisen ääneneristystoimikunnan työstä että saksalaisista ääneneristysnormeista. Näiden molempien taustalla vaikutti lisäksi kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n¹⁰⁸ standardointityö, jonka työn tulokset kotimainen toimikunta myös otti huomioon.¹⁰⁹ 1960-luvulle tultaessa tutkimustyö oli edennyt niin, että monia kokonaisuuksia akustiikan alueella oli mahdollista vakioda kansainvälisiksi standardeiksi. Esimerkiksi askelääneneristysmittauksissa äänilähteenä käytettävästä kojeesta, joka oli kehitetty jo 1930-luvulla, laadittiin kansainvälinen standardiehdotus vuonna 1960.¹¹⁰ Kansainvälisen yhteistyön merkitystä alalle kuvaa vuonna 1964 julkaistu Akustisen Aikakauslehden pääkirjoitus, jossa kuvailtiin alan edistymistä kymmenessä vuodessa: ”Mittausvälineet alkavat jo olla kaikissa sivistysmaissa uusien standardien mukaan valmistettuja ja sängen monipuolisia. Samoin mittaustulosten ilmaisussa käytetään yhdenmukaisia kansainvälisiä menetelmiä. Yhä lisääntyvä kansainvälinen yhteistyö luo siten jatkuvasti akustiikka-alalla toimiville uutta kiinteää pohjaa ja työskentelyvarmuutta.”¹¹¹

Kansainvälisen standardointityön edistyessä ajatus Pohjoismaiden yhtenäisistä ääneneristysmääräyksistä heräsi uudelleen, ja pohjoismaisen toimikunnan työ käynnistettiin jälleen.¹¹² Se päättyi kuitenkin taas



Askelääneneristysmittauksissa äänilähteenä käytetty askeläänikoje. Kuva Paavo Arnin oppikirjasta Käytännöllisen akustiikan perusteet (1949).

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.¹¹³ Todettuaan Ruotsin noudattavan kansainvälistä standardointia omia ääneneristysmääräyksiä uusiessaan toimikunta päätti tehdä Suomessa samoin, jotta uudet määräykset olisivat mahdollisimman yhdenmukaiset Ruotsin kanssa yhteistyön mahdollistamiseksi sekä tutkimuksessa että rakennusmarkkinoilla.¹¹⁴

Kansainvälinen standardointityö 1960-luvulla ei enää johtanut suuriin muutoksiin teknisten mittalukujen tai mittaustapojen määritelmässä, vaan Suomessa 1950-luvun alkupuolelta käytössä olleet mittaustapojen

telmät säilyivät pääpiirteissään entisellään. Mittaustuloksista johdettujen, tilojen välistä ääneneristävyttä kuvaavien tunnuslukujen esitystapa yksinkertaistui vuoden 1960 määräys ehdotuksesta. Kun Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n ääneneristysnormitoimikunta pyysi vuoden 1966 syksyllä lausuntoja normiehdotuksesta,¹¹⁵ suomalaiset akustiikan asiantuntijat saattoivat tyytyväisinä todeta aiemmin tehdyn ratkaisun noudattaa DIN-normeissa esitettyjä mittaustapoja pohjoismaisten ehdotusten sijasta onnistuneeksi: ”Toimenpide oli ilmeisesti Suomen kohdalta oikeaan osunut, koska kansainväliseen suositukseen näyttää tulevan juuri tämä meillä jatkuvasti käytetty vertailukäyrän muoto.”¹¹⁶

Kansainvälisen standardointityön suurin merkitys suomalaiselle normityölle oli uuden tiedon sijasta ehkä siinä, että nyt voitiin todeta mittaustapojen tulleen kansainvälisesti vakioituksi, ja aiemmin ehdotusten tasolle jääneiden normiluonnosten sijasta saatettiin julkaista laajan hyväksynnän saanut ohje, joka ei vielä ollut säädöstasoinen, mutta jonka taustalla oli kulkulaitosten ja yleisten töiden ministeriön rahoitus.¹¹⁷ Lausuntokierroksen jälkeen Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry julkaisi Ääneneristysnormit vuonna 1967.

TEKNOLOGIAN SIIRTOJEN LÄHTÖMAAT ÄÄNENERISTYSNORMEJA LAADITTAESSA

Ääneneristysnormien laatiminen edellytti tietoa siitä, millainen ääneneristävyys asuin-kerrostalossa on riittävä ja miten sille asetetaan rajat. Jotta vaatimusten asettaminen olisi ollut mahdollista, suomalaisten akustiikan asiantuntijoiden oli selvitettävä myös, kuinka vaatimukset täyttävä rakennus suunnitellaan ja toteutetaan. Koska kotimaiset tutkimusresurssit olivat rajalliset, asiantuntijat hankkivat eri tavoin ulkomailta tietoa

akustiikasta ja rakennustekniikasta. Teknologian omaksumista muualta eli teknologian siirtoja pidetäänkin erityisen tärkeinä sellaisille maille, joilla ei ole riittäviä voimavaroja teknologian kehittämiseksi itse.¹¹⁸

Äänitekniillisen Yhdistyksen ehdottaessa ääneneristysnormien laatimista 1940-luvun lopulla tärkeimmät akustiikkaa koskevan tiedon lähtömaat olivat Saksa, Yhdysvallat sekä Pohjoismaat, erityisesti Ruotsi ja Tanska. Suuri osa tiedosta oli hankittu jo 1930-luvulla, jolloin edelläkävijänä oli ollut Yhdysvallat. Yhdysvalloista saadun tiedon merkitys oli kuitenkin 1940-luvun lopulla jo vähenemässä, eikä Yhdysvalloissa tehtyyn tutkimukseen viitattu 1950-luvulla enää lainkaan ääneneristysnormien tai asuinrakennusten ääneneristävyiden yhteydessä.

Sotaa seuranneina vuosina Saksasta peräisin olleen tiedon merkitys korostui, mutta 1950-luvulla saksalainen tutkimus ei enää ollut merkittävää, kun suomalaiset asiantuntijat etsivät tietoa rakenteiden tai rakennusten ääneneristysominaisuuksista. Sitä vastoin Suomessa otettiin käyttöön Saksassa standardoitu tapa mitata ääneneristävyksiä rakennuksissa. Saksalaisten menetelmien taustalla vaikutti myös kansainvälinen standardointityö, mutta menetelmät omaksuttiin Saksan kautta. 1950-luvun alkupuolella ääneneristävyksien mittaustapa vakiintui Suomessa, kun suomalainen tutkimustoimikunta laati sovelluksen saksalaisesta tavasta asettaa asuinrakennuksille ääneneristysvaatimukset. Saksalaisten muuttaessa käytäntöjään 1950-luvun lopulla uudistukset otettiin Suomessa nopeasti käyttöön.

Suomalaisilla akustiikan asiantuntijoilla oli ollut yhteyksiä muissa Pohjoismaissa työskenteleviin tutkijoihin jo 1930-luvulla tai ainakin he olivat seuranneet naapurimaissa suoritettua tutkimusta. Äänitekniillisen Yhdistyksen yhteydet Pohjoismaihin muodostuivat heti yhdistyksen tultua perustetuksi. 1940-luvulla tietoa rakennusmateriaalien akustisista ominaisuuksista ja raken-

teiden akustisesta käyttäytymisestä saatiin varsinkin tanskalaisten tutkijoiden välityksellä, mutta 1950-luvulla seurattiin erityisesti ruotsalaista tutkimusta, joka koski eri tavoin rakennetuissa asuinkerrostaloissa toteutunutta ääneneristävyyttä. Ruotsissa saatuja tuloksia sovellettiin laadittaessa kotimaisia suosituksia sopivista betonirakenteiden paksuuksista. Uusien rakennejärjestelmien ääneneristysominaisuuksista saatiin ensimmäisenä tietoa Ruotsista, ja ruotsalaiset kokemukset betonielementtirakentamisesta vaikuttivat siihen, että 1960-luvulla VTT käynnisti betonielementtitalojen ääneneristystä koskevan laajan tutkimushankkeen. Ruotsissa julkaistusta tutkimuskirjallisuudesta haettiin tukea myös kotimaisissa tutkimuksissa 1950- ja 1960-luvuilla esitetyille johtopäätöksille.

Pohjoismaista yhteistyötä harjoitettiin paitsi tutkijoiden ja yhdistysten puitteissa, myös valtiollisella tasolla Pohjoismaiden neuvoston kautta. Neuvoston tavoitteena oli yhtenäistää rakentamismääräyksiä yhteisten rakennusmarkkinoiden muodostamiseksi ja teknillisten uutuuksien leviämisen helpottamiseksi. Liityttyään neuvoston jäseneksi vuonna 1955 Suomi sai kutsun osallistua normityöhön. Yhtenäisiä ääneneristysmääräyksiä ei kuitenkaan saatu laadituksi, koska pohjoismaiset akustiikan asiantuntijat olivat erimielisiä ääneneristävyyksien mittaustavoista. 1960-luvun puolivälissä Suomi seurasi Ruotsin esimerkkiä laatia ääneneristysnormit valmisteilla olleen kansainvälisen mittausstandardiluonnoksen pohjalta.

1940-luvun lopulta vuoteen 1967 ulottuvalla jaksolla Ruotsista saadun tiedon merkitys suomalaisille akustiikan asiantuntijoille ja ääneneristysnormien julkaisemiseen tähtäävälle työlle tuli jatkuvasti merkittävämmäksi ja muista maista saadun tiedon merkitys väheni. Myös 1960-luvulla normitoimikuntien jäseninä toimineet pitivät itse yhteyksiä Ruotsiin erittäin tärkeinä. Esitellessään lausuntokierroksella ollutta

normiehdotusta Akustisessa Aikakauslehdessä vuonna 1966 akustiikan asiantuntijat Alpo Halme ja Mauri Parjo totesivat: ”Onhan Ruotsissa aivan kokonaan toista luokkaa olevat taloudelliset ja teknilliset mahdollisuudet myös ääneneristystutkimusten suorittamiseen kuin meillä, ja sillä valmiilla aineistolla, joka sieltä on saatavissa, on tällä hetkellä suorastaan ratkaiseva merkitys oman normityömme kannalta.”¹¹⁹

Kirjoittaja on tekniikan lisensiaatti ja akustiikan asiantuntija.

¹ RIL 55-1967.

² Kylliäinen & Hongisto 2007, s. 23.

³ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto.

⁴ Rantamo 2009, s. 156-157 ja 161.

⁵ Mäkiö et al. 1990, s. 204-219; Mäkiö et al. 1994, s. 255-256; Rantamo 2009, s. 156-162.

⁶ Ampuja 2007, s. 151.

⁷ Kylliäinen & Keronen 1999, s. 17-18. Ampuja 2007, s. 151.

⁸ Laakso 1965, s. 1-3; Jauhiainen 1983, s. 18; S.n. 1964a, s. 1-2; Karjalainen 2009, s. 36-37.

⁹ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto.

¹⁰ Ibid., s. 2-5; Rahtu 1959, s. 631.

¹¹ RIL 55-1967, s. 2.

¹² Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto; Halme & Parjo 1966, s. 3.

¹³ Myllyntaus 1990, s. 56-16; Michelsen 1999, s. 162-164; Grönberg & Nilson 2006, s. 10.

¹⁴ Ääniteknillisen Yhdistyksen kirje sisäasianministeriön kunta-asian osastolle 6.3.1948, C1 Saapunut ja lähtenyt posti 1944-1978, ASark; RIL 55-1967.

¹⁵ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen suunnittelukokouksesta 25.8.1942, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942-1962, ASark; Ilmonen 1996, s. 83-84. Sota-ajan hanke uuden radiotalon rakentamiseksi viivästyi, ja Yleisradio sai uusia tiloja vasta kymmenen vuoden päästä.

¹⁶ Nykänen 2007a, s. 304-305; Rantamo 2009, s. 130. Diplomi-insinöörin nimike tuli käyttöön 1940-luvun alussa tarkoittamaan Teknillisessä korkeakoulussa tutkintonsa suorittaneita henkilöitä. Aiemmin heistä käytettiin nimikettä insinööri. Selvyyden vuoksi tässä esityksessä käytetään nykyisiä nimikkeitä.

¹⁷ von Braunmühl 1942.

- ¹⁸ Myllyntaus 1990, s. 57 ja 101; Michelsen 1999, s. 162.
- ¹⁹ B1–B2 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1972, ASark; Arni 1948; Borenius 1983, s. 16; Beranek 2008, s. 81; Halme 2009, s. 30. Paavo Arnin yhteydet ulottuivat Pohjoismaiden ja Saksan lisäksi ainakin Sveitsiin ja Yhdysvaltoihin.
- ²⁰ Hughes 1983, s. 405; Myllyntaus 1992, s. 4–8; Grönberg & Nilson 2006, s. 19.
- ²¹ Arni 1949, s. 226–228 (kirjallisuusluettelo).
- ²² Hughes 1983, s. 49–51 ja 405; Myllyntaus 1992, s. 4–8 ja 46; Grönberg & Nilson 2006, s. 19. Jo mainittujen lisäksi teknologian siirtojen väyliä ovat esimerkiksi messut, näyttelyt, patenttien ostaminen ja asiantuntijoiden siirtyminen maasta toiseen.
- ²³ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen suunnittelukokouksesta 25.8.1942, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark; Pöytäkirja Akustinen Seura ry:n hallituksen kokouksesta 5.5.1970, B2 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1963–1972, ASark. Akustinen Seura ry toimi vuoteen 1970 saakka nimellä Ääniteknillinen Yhdistys ry.
- ²⁴ Kuusela 1983, s. 14; Ilmonen 1996, s. 48 ja 87.
- ²⁵ Borenius 1983, s. 16; Ilmonen 2003, s. 382–383; Laakso 1939, s. 14–15; Kuusela 1983, s. 14.
- ²⁶ Hughes 1983, s. 14 ja 51; Grönberg & Nilson 2006, s. 20.
- ²⁷ Lahti et al. 1993, s. 123.
- ²⁸ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto; Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960, s. 3–4; RIL 55–1967, s. 3.
- ²⁹ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen hallituksen kokouksesta 16.3.1965, B2 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1963–1972, ASark; RIL 55–1967, s. 2–3.
- ³⁰ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnan kokouksesta 1.10.1947, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark; Laakso 1964, s. 15. Vähintään ideatasolla on ilmeisesti esitetty ajatus asuntojen ääniolosuhteita koskevista määräyksistä vuonna 1934, mutta tuolloin ei ole vielä ollut Ääniteknillisen Yhdistyksen kaltaista järjestöä, joka olisi ryhtynyt asiaa ajamaan.
- ³¹ Michelsen 1999, s. 163.
- ³² Thompson 2004, passim.
- ³³ Hakala-Zilliacus 2002, s. 168–169.
- ³⁴ Packalén 1931a, s. 86; Sirén 1931, s. 184; Penttala 1990, s. 18–19; Rantamo 2009, s. 54–55.
- ³⁵ Schroderus 1935, s. 6; Hytönen & Luukkonen 1935, s. 125; Niskanen 2008, s. 104.
- ³⁶ Lyytinen 1996, s. 87.
- ³⁷ Laakso 1937a ja 1937b.
- ³⁸ Hytönen & Luukkonen 1939, s. 113; Rantamo 2009, s. 238 ja 250.
- ³⁹ Packalén 1931b, s. 495.
- ⁴⁰ Varjo 1936, s. 226; Varjo 1938, s. 802–803 ja 808.
- ⁴¹ Kreüger 1927 ja 1930; Sager 1930.
- ⁴² Varjo 1947 vrt. Varjo 1936 ja 1938; Varjo 1947, s. 13 vrt. Medberg 1939, s. 252; Varjo 1947, s. 10–11 vrt. von Braunmühl 1942, s. 320–321.
- ⁴³ Arni 1949, s. 226–228 (kirjallisuusluettelo).
- ⁴⁴ Hietala 2002, s. 531.
- ⁴⁵ Ibid., s. 530–531 ja 537–541; Nykänen 2007b, s. 72–73.
- ⁴⁶ ks. esim. Arni 1949, s. 11–12, 84–88, 101–102, 122, 155–162, 166, 175–179, vrt. von Braunmühl 1942, s. 315–318, 319–320, 336–340, 342–344.
- ⁴⁷ Michelsen 2002, s. 196–197.
- ⁴⁸ Ibid., s. 197.
- ⁴⁹ Michelsen 1993, s. 101.
- ⁵⁰ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen perustavasta kokouksesta 29.3.1943, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark.
- ⁵¹ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnan kokouksesta 26.10.1943, ibid.
- ⁵² Ääniteknillinen Yhdistys ry:n 10-vuotistoimintakertomus 20.4.1953, ibid.
- ⁵³ Pöytäkirja Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnan kokouksesta 30.11.1944, ibid.
- ⁵⁴ Arni 1949, s. 165.
- ⁵⁵ Ääniteknillisen Yhdistyksen sihteerin Paavo Arnin kirje 29.3.1947, C1 Saapunut ja lähtenyt posti 1944–1978, ASark.
- ⁵⁶ Ibid.
- ⁵⁷ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnan kokouksesta 1.10.1947, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark.
- ⁵⁸ Ääniteknillisen Yhdistyksen kirje sisäasianministeriön kunta-asian osastolle 6.3.1948, C1 Saapunut ja lähtenyt posti 1944–1978, ASark.
- ⁵⁹ Ibid.
- ⁶⁰ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnan kokouksesta 9.11.1948, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark; Ääniteknillinen Yhdistys ry:n 10-vuotistoimintakertomus 20.4.1953, ibid.
- ⁶¹ Lampio 1993, s. 8; Arni 1964, s. 2.
- ⁶² Arni 1964, s. 2.
- ⁶³ Pöytäkirja Ääniteknillisen Yhdistyksen johtokunnan kokouksesta 12.4.1955, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark.
- ⁶⁴ Arni 1964, s. 2–3.
- ⁶⁵ Ääniteknillisen Yhdistyksen toimintakertomus vuodelta 1955, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark.
- ⁶⁶ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto ja s. 14.
- ⁶⁷ Meincke & Lytter 1999, s. 237.
- ⁶⁸ Parjo 1956, s. 262.
- ⁶⁹ Ptk Ääniteknillisen Yhdistyksen suunnittelukoko-

uksesta 25.8.1942, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark.

- ⁷⁰ Parjo 1956, s. 262. Kirjoittajat olivat Ove Brandt, Fritz Ingerslev ja Per Brüel.
- ⁷¹ Parjo 1959, s. 13–15.
- ⁷² Ibid., s. 37.
- ⁷³ Hytönen & Seppänen 2009, s. 325.
- ⁷⁴ Halme 1964, s. 5; Parjo 1965b, s. 1–2; Järvinen 1966, s. 500.
- ⁷⁵ Kihlman 1963, s. 927–928; Ingemansson 1964, s. 24–27; Andersson 1966, s. 9.
- ⁷⁶ Halme 1964, s. 5.
- ⁷⁷ Parjo 1965b, s. 1–2.
- ⁷⁸ Parjo 1965a ja 1965b; Parjo 1966, s. 6.
- ⁷⁹ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto; Michelsen 1993, s. 157.
- ⁸⁰ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto.
- ⁸¹ Ibid., s. 2.
- ⁸² Gastell 1936; Gösele 1949, s. 66; Arni 1949, s. 165, 191–192 ja 224–225.
- ⁸³ Ingerslev, Nielsen & Larsen 1947, s. 987; Kylliäinen 2007, s. 130.
- ⁸⁴ Beranek 1949, s. 264.
- ⁸⁵ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, s. 2.
- ⁸⁶ Ibid., s. 5.
- ⁸⁷ Ibid., s. 18; Laakso 1960, s. 97; Fasold 1965, s. 284.
- ⁸⁸ Kylliäinen 2007, s. 131–132.
- ⁸⁹ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, s. 17–18.
- ⁹⁰ Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960, s. 8; Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, s. 18.
- ⁹¹ Parjo 1956, s. 260; Rahtu 1959, s. 631; Laakso 1960, s. 96; Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960, s. 8.
- ⁹² S.n. 1964a, s. 1. Laboratoriomittauksia VTT oli tehnyt vuodesta 1952 Yleisradion vuokralaisena.
- ⁹³ Meinander 1999, s. 322–323.
- ⁹⁴ Julkunen 2008, s. 184; Kelopuu 1956, s. 535–536.
- ⁹⁵ Kerrostalojen ääneneristystutkimus 1955, johdanto.
- ⁹⁶ Kelopuu 1956, s. 578.
- ⁹⁷ Ibid., s. 579.
- ⁹⁸ Michelsen 1993, s. 419; Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960, s. 3.
- ⁹⁹ S.n. 1963, s. 5; Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960, s. 7.
- ¹⁰⁰ Ibid., s. 7; Ptkt Ääniteknillisen Yhdistyksen johdotokunnan kokouksesta 4.9.1958, 20.2.1959 ja 8.2.1960, B1 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1962, ASark.
- ¹⁰¹ Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960, s. 7–8.
- ¹⁰² Halme & Parjo 1966, s. 3.

- ¹⁰³ Kihlman 1963, s. 927; Parjo 1965b, s. 1.
- ¹⁰⁴ Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960.
- ¹⁰⁵ Ibid., s. 18–23.
- ¹⁰⁶ Ibid., s. 9.
- ¹⁰⁷ Ibid., s. 8.
- ¹⁰⁸ International Organization for Standardization.
- ¹⁰⁹ Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi 1960, s. 10 ja 18.
- ¹¹⁰ Kylliäinen 2003, s. 15–17.
- ¹¹¹ S.n. 1964b, s. 2.
- ¹¹² Halme & Parjo 1966, s. 3.
- ¹¹³ Ibid., s. 3; Ptkt Ääniteknillisen Yhdistyksen hallituksen kokouksesta 16.3.1965, B2 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1963–1972, ASark.
- ¹¹⁴ Halme & Parjo 1966, s. 3.
- ¹¹⁵ Ptkt Ääniteknillisen Yhdistyksen hallituksen kokouksesta 30.8.1966, B2 Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1963–1972, ASark.
- ¹¹⁶ Halme & Parjo 1966, s. 3.
- ¹¹⁷ Ampuja 2007, s. 151.
- ¹¹⁸ Michelsen 1993, s. 10.
- ¹¹⁹ Halme & Parjo 1966, s. 3.

LÄHTEET

Arkistolähteet

Akustinen Seura ry:n arkisto (ASark)
Pöytäkirjat, vuosi- ja toimintakertomukset 1942–1970
Saapunut ja lähtenyt posti 1944–1967

Painetut lähteet

- ANDERSSON, Börje. 1966. Kevyiden väliseiniin vaikutus asuntojen ääneneristykseen. Akustinen Aikakauslehti. Nro 3, s. 9–11.
- ARNI, Paavo. 1948. Äänilaboratorioista. Teknillinen Aikakauslehti. Nro 11, s. 240–244.
- ARNI, Paavo. 1949. Käytännöllisen akustiikan perusteet. Helsinki, Kustannusosakeyhtiö Otava.
- ARNI, Paavo. 1964. Pohjoismaiden Akustinen Seura 10-vuotias. Akustinen Aikakauslehti. Nro 2, s. 1–2.
- BERANEK, Leo. 1949. A report on the International Conference on Acoustics, London 1948. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 21, s. 264–269.
- BERANEK, Leo. 2008. Riding the waves – A life in sound, science, and industry. Cambridge, The MIT Press.
- von BRAUNMÜHL, Hans Joachim. 1942. Huoneiden ja rakenteiden akustiikasta. Rakennustaito. Nro

- 24, s. 315–324 ja nro 25–26, s. 335–346. Suom. Paavo Arni.
- Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi. 1960. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos, tiedotus 42.
- FASOLD, Wolfgang. 1965. Untersuchungen über den Verlauf der Sollkurve für den Trittschallschutz im Wohnungsbau. *Acustica*. Vol. 15, s. 271–284.
- GASTELL, A. 1936. Schalldämmungsmessungen in der Praxis und Vorschläge zur Normung des Schallschutzes von Wohnungstrennwänden und Decken. *Akustische Zeitschrift*. Band 1, s. 24–35.
- GÖSELE, K. 1949. Zur Meßmethodik der Trittschalldämmung. *Gesundheitsingenieur*. Nro 70, s. 66–70.
- HALME, Alpo. 1964. Elementtirakentaminen ja ääneneristys. *Akustinen Aikauslehti*. Nro 1, s. 5–8.
- HALME, Alpo ja PARJO, Mauri. 1966. Ehdotus ääneneristysmääräyksiksi. *Akustinen Aikauslehti*. Nro 4, s. 3–7.
- HYTÖNEN, Aarne & LUUKKONEN, Risto-Veikko. 1935. Messuhalli – ensimmäinen rakennusvaihe. *Arkkitehti*, s. 121–126.
- HYTÖNEN, Aarne & LUUKKONEN, Risto-Veikko. 1939. Keskinäisen Vakuutusyhtiö Suomen uutisrakennus ja toimitalon muutostyö. *Arkkitehti*, s. 103–113.
- INGEMANSSON, Stig. 1964. Är ljudisoleringen i våra byggnader tillräcklig? *Akustinen Aikauslehti*. Nro 2, s. 24–27.
- INGERSLEV, Fritz, NIELSEN, A. Kjerbye & LARSEN, Falck. 1947. The measuring on impact sound transmission through floors. *The Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 19, s. 981–987.
- JÄRVINEN, Armas. 1966. Uivien levylattioiden ääneneristyskyky. *Rakennustekniikka*. Nro 6, s. 500–501.
- KELOPUU, Beato. 1956. Pohjoismaat yhtenäistävät rakennusalan määräyksiään. *Rakennustaito*. Nro 19, s. 535–537 ja nro 20–21, s. 578–581.
- Kerrostalojen ääneneristystutkimus. 1955. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos, rakennusteknillinen laboratorio.
- KIHLMAN, Tor. 1963. Ilmäänen huone-eristys asuintaloissa. *Rakennustaito*. Nro 22, s. 927–931 ja nro 23–24, s. 980–985.
- KREÜGER, Henrik. 1927. Rakennuskonstruktioiden ääneneristys. *Rakennustaito*. Nro 15, s. 185–186.
- KREÜGER, Henrik. 1930. Väliseiniä ääneneristys. *Rakennustaito*. Nro 15–16, s. 248–250.
- LAAKSO, T. K. 1937a. Rakennusten akustisista kysymyksistä. *Teknillinen Aikauslehti*. Nro 7–8, s. 259–276.
- LAAKSO, T. K. 1937b. Rakennusten ääneneristyksestä. *Rakennustaito*. Nro 4, s. 55–61.
- LAAKSO, T. K. 1939. Hotelli Aulangon akustiikkakäsittely. *Arkkitehti*. Nro 1, s. 14–15.
- LAAKSO, T. K. 1960. Ääneneristystutkimuksia Tapiolan asuinrakennuksissa. *Rakennustaito*. Nro 4–5, s. 96–109.
- LAAKSO, T. K. 1964. Häiritseekö melu asumisrauhaanne? *Akustinen Aikauslehti*. Nro 2, s. 15–17.
- LAAKSO, T. K. 1965. Akustiikan opetus. *Akustinen Aikauslehti*. Nro 2, s. 1–3.
- LAHTI, Tapio, LINJAMA, Jukka, OLKINUORA, Pekka & SJÖBERG, Mikko (toim.). *Akustinen Seura* 50 vuotta. Helsinki, Akustinen Seura ry.
- LAMPIO, Eero. 1993. Arkistojen kertomaa Seuran 50-vuotistaipaleelta. Lahti, Tapio, Linjama, Jukka, Olkinuora, Pekka & Sjöberg, Mikko (toim.). *Akustinen Seura* 50 vuotta. Helsinki, Akustinen Seura ry, s. 7–14.
- MEDBERG, Victor. 1939. Ääneneristystapoja. *Rakennustaito*. Nro 16, s. 251–257.
- MEINCKE, Pirkkoliisa & LYTTER, Marjatta (toim.). 1999. RIL Matrikkeli 2000. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- PACKALÉN, Jaakko. 1931a. Eduskuntatalon rakennusteknisestä puolesta. *Arkkitehti*, s. 86–89.
- PACKALÉN, Jaakko. 1931b. Huoneakustiikasta. *Teknillinen Aikauslehti*. Nro 10, s. 495–501.
- PARJO, Mauri. 1956. Kerrostalojen melun torjunnasta. *Rakennustaito*. Nro 8, s. 230–233 ja nro 9, s. 258–262.
- PARJO, Mauri. 1959. Betonikerrostalon ääneneristystä koskevia tutkimuksia. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos, tiedotus 32.
- PARJO, Mauri. 1965a. Kalustetun asuinhuoneen jälkikaiaunta-aika ja äänenabsorptio. *Akustinen Aikauslehti*. Nro 4, s. 7–9.
- PARJO, Mauri. 1965b. Uusien ja erikoisesti elementtirakenteisten asuinrakennusten ääneneristys. Helsinki, Valtion teknillinen tutkimuslaitos.
- PARJO, Mauri. 1966. Asuntokerrostalojemme ääneneristys. *Akustinen Aikauslehti*. Nro 2, s. 4–7.
- RAHTU, Heimo. 1959. Talojemme ääneneristysominaisuuksien normittaminen. *Rakennustaito*. Nro 21, s. 631–635.
- RIL 55-1967, Ääneneristysnormit 1967 (2. korj. p.). 1968. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- SAGER, John-Henry. 1935. Häiritseviä ääniä rakennuksissa ja keinoja niiden poistamiseksi. *Rakennustaito*. Nro 11, s. 213–217.
- SCHRODERUS, Eino. 1935. Huoneakustiikasta. *Arkkitehti*. Nro 1, s. 6–12.
- SIRÉN, J. S. 1931. Eduskuntatalo – muutamia muis-tiinpanoja rakennusajalta. *Rakennustaito*. Nro 12–13, s. 171–185.
- S.n. 1963. 20 vuotta ääniteknikan hyväksi. *Akustinen Aikauslehti*. Nro 3–4, s. 5.

- S.n. 1964a. Rakennusakustiikan laboratoriotilat. Akustinen Aikakauslehti. Nro 1, s. 1–2.
- S.n. 1964b. Mietteitä Pohjoismaisen Akustisen Seuran 10-vuotiskokouksen nykyisellä. Akustinen Aikakauslehti. Nro 3, s. 2.
- VARJO, Uuno. 1936. Huonerakennusten äänen eristyksistä. Teknillinen Aikakauslehti. Nro 5–6, s. 226–229.
- VARJO, Uuno. 1938. Huoneakustiikka ja äänen eristys. Lindberg, Carolus (toim.). Keksintöjen kirja: Rakennustaide ja rakennustekniikka. Helsinki, Werner Söderström Osakeyhtiö, s. 799–808.
- VARJO, Uuno. 1947. Äänen ja muun värähtelyn torjunta huoneenrakennuksessa. Helsinki, Rakennusinsinööriyhdistyksen julkaisuja A11.
- Tutkimuskirjallisuus**
- AMPUJA, Outi. 2007. Melun sieto kaupunkielämän välttämättömyytenä: melu ympäristöongelmana ja sen synnyttämien reaktioiden kulttuurinen käsittely Helsingissä. Helsinki, Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Bibliotheca Historica 110.
- BORENIUS, Juhani. 1983. Diplomi-insinööri Paavo Arni. Pekkarinen, Jussi, Nuotio, T. Juhani & Lahti, Tapio (toim.). Akustinen Seura 40 vuotta 1943–1983. Helsinki, Akustinen Seura ry, s. 16–17.
- GRÖNBERG, Per-Olof & NILSON, Tomas. 2006. Inledning. Berglund, Bengt, Grönberg, Per-Olof & Nilson, Tomas (toim.). Historiska perspektiv på tekniköverföring 1800–2000. Göteborg, Chalmers tekniska högskola, s. 9–27.
- HAKALA-ZILLIACUS, Liisa-Maria. 2002. Suomen Eduskuntatalo (2. p.). Helsinki, Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, Toimituksia 875.
- HALME, Alpo. 2009. Musiikki- ja puhesalien akustisen suunnittelun vaiheita 1900-luvulla. Tekniikan Waiheita. Nro 2, s. 19–35.
- HIETALA, Marjatta. 2002. Kansainväliset yhteydet. Tommila, Päiviö & Tiitta, Allan (toim.). Suomen tieteen historia 4: Tieteen ja tutkimuksen yleinen historia 1880-luvulta lähtien. Porvoo, Werner Söderström Osakeyhtiö, s. 525–555.
- HUGHES, Thomas P. 1983. Networks of power – Electrification in Western society, 1880–1930. Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- HYTÖNEN, Yki & SEPPÄNEN, Matti. 2009. Tehdään elementeistä – Suomalaisen betonielementtirakentamisen historia. Helsinki, SBK-säätiö.
- ILMONEN, Kari. 1996. Tekniikka – kaiken perusta. Yleisradion historia – 3. osa. Helsinki, Yleisradio Oy.
- ILMONEN, Kari. 2003. Paavo Arni. Suomen Kansallisbiografia 1. Helsinki, Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, s. 382–383.
- JAUHIAINEN, Tapani. 1983. Professori Jaarli Jauhiainen. Pekkarinen, Jussi, Nuotio, T. Juhani & Lahti, Tapio (toim.). Akustinen Seura 40 vuotta 1943–1983. Helsinki, Akustinen Seura ry, s. 18.
- JULKUNEN, Jutta. 2008. Kyhäysopista rakennus- ja ympäristötekniikkaan – Teknillisen korkeakoulun rakennusosasto 1861–2007. Espoo, Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja ympäristötekniikan osasto.
- KARJALAINEN, Matti. 2009. Akustiikan opetuksen historiaa Suomessa. Tekniikan Waiheita. Nro 2, s. 36–44.
- KUUSELA, Albert M. 1983. Diplomi-insinööri T. K. Laakso. Pekkarinen, Jussi, Nuotio, T. Juhani & Lahti, Tapio (toim.). Akustinen Seura 40 vuotta 1943–1983. Helsinki, Akustinen Seura ry, s. 14–15.
- KYLLIÄINEN, Mikko. 2003. Uncertainty of impact sound insulation measurements in field. Tampere, Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Research Report 125.
- KYLLIÄINEN, Mikko. 2007. Miksi askelääneneristyksen arviointi on niin vaikeaa? Akustiikkapäivät. Espoo, 27.–28.9., Akustinen Seura ry, s. 130–135.
- KYLLIÄINEN, Mikko & HONGISTO, Valtteri. 2007. Rakennusten akustinen suunnittelu: akustiikan perusteet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry, RIL 243-1-2007.
- KYLLIÄINEN, Mikko & KERONEN, Asko. 1999. Lisärakentamisen rakennetekniset mahdollisuudet lähiöiden asuinkerrostaloissa. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu. Talonrakennustekniikan laboratorio, julkaisu 97.
- LYYTINEN, Eino. 1996. Perustamisesta talvisotaan. Yleisradion historia – 1. osa. Helsinki, Yleisradio Oy, s. 11–128.
- MEINANDER, Henrik. 1999. Tasavallan tiellä. Helsinki, Schildts Kustannus Oy.
- MICHELSEN, Karl-Erik. 1993. Valtio, teknologia, tutkimus – VTT ja kansallisen tutkimusjärjestelmän kehitys. Espoo, Painatuskeskus Oy.
- MICHELSEN, Karl-Erik. 1999. Viides sääty – Insinöörit suomalaisessa yhteiskunnassa. Helsinki, Tekniikan Akateemisten Liitto TEK ry ja Suomen Historiallinen Seura SHS ry.
- MICHELSEN, Karl-Erik. 2002. Tiede rauhan ja sodan vuosina. Tommila, Päiviö & Tiitta, Allan (toim.). Suomen tieteen historia 4: Tieteen ja tutkimuksen yleinen historia 1880-luvulta lähtien. Porvoo, Werner Söderström Osakeyhtiö, s. 148–219.
- MYLLYNTAUS, Timo. 1990. The gatecrashing apprentice – Industrializing Finland as an adopter of new technology. Helsinki, Helsingin yliopiston talous- ja sosiaalihistorian laitoksen tiedonantaja nro 24.
- MYLLYNTAUS, Timo. 1992. Technology transfer and the contextual filter in the Finnish setting – Transfer channels and mechanisms in an historical perspective. Helsinki, Elinkeinoelämän tutkimuslaitos, keskustelunaiheita no. 416.

MÄKIÖ, Erkki et al. 1990. Kerrostalot 1940–1960. Helsinki, Rakennustietosäätiö.

MÄKIÖ, Erkki et al. 1994. Kerrostalot 1960–1975. Helsinki, Rakennustietosäätiö.

NISKANEN, Riitta. 2008. Missä soitto soi – Musiikki-tilat Suomessa. Helsinki, Multikustannus Oy.

NYKÄNEN, Panu. 2007a. Kortteli sataman laidalla – Suomen Teknillinen Korkeakoulu 1908–1941. Helsinki, Werner Söderström Osakeyhtiö.

NYKÄNEN, Panu. 2007b. Otaniemen yhdyskunta – Teknillinen korkeakoulu 1942–2008. Helsinki, Werner Söderström Osakeyhtiö.

PENTTALA, Vesa. 1990. Betonitekniikan 100 ensimmäistä vuotta Suomessa. Vähäkallio, Pentti et al. (toim.). Betoni Suomessa 1860–1960. Helsinki, Suomen Betoniyhdistys ry, s. 9–30.

RANTAMO, Esa. 2009. Taidolla ja tiedolla – keskiajan mestareista rakennusalan diplomi-insinööreiksi. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

THOMPSON, Emily. 2004. The soundscape of modernity: architectural acoustics and the culture of listening in America, 1930–1933 (2. p.). Cambridge, The MIT Press.

THE ENGINE OF INDUSTRY.

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaisuhyötysuhteeseen. Wärtsilän osakkeet on listattu NASDAQ OMX Helsingissä.

WÄRTSILÄ® on rekisteröity tavaramerkki.

ENERGY
ENVIRONMENT
ECONOMY



WARTSILA.COM