

**TURKU AMK** 

TURKU UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES

# Kiertotalousmateriaalien äänenabsorptio – Mitä siitä tiedetään ja miten siihen vaikutetaan



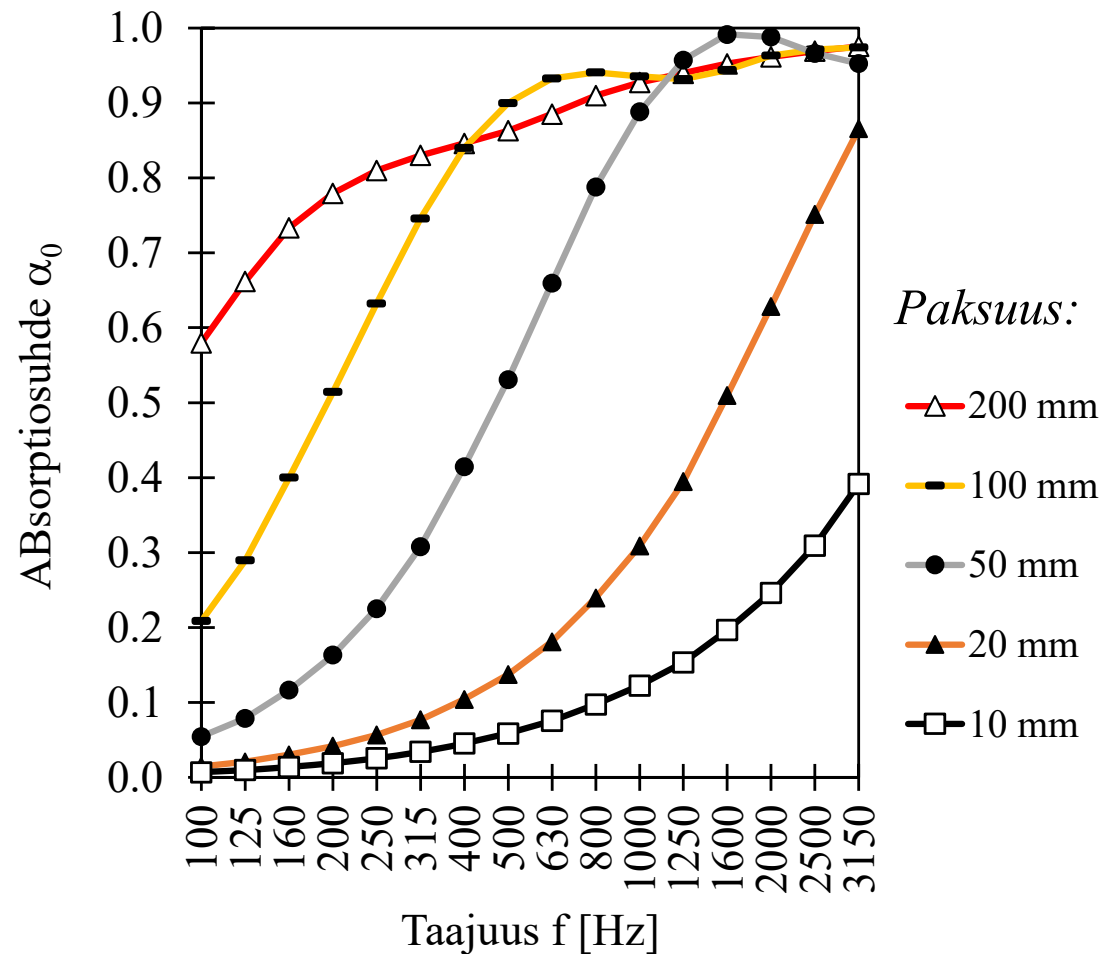
**Valtteri Hongisto**  
[Valtteri.hongisto@turkuamk.fi](mailto:Valtteri.hongisto@turkuamk.fi)  
+358 40 5851 888  
Turun ammattikorkeakoulu  
<https://akustiikka.turkuamk.fi/>



20.1.2026 Turku  
VIHREÄ MELUNTORJUNTA - Bio- ja kiertotalousmateriaalit  
huoneakustiikka- ja äänieristysratkaisuissa

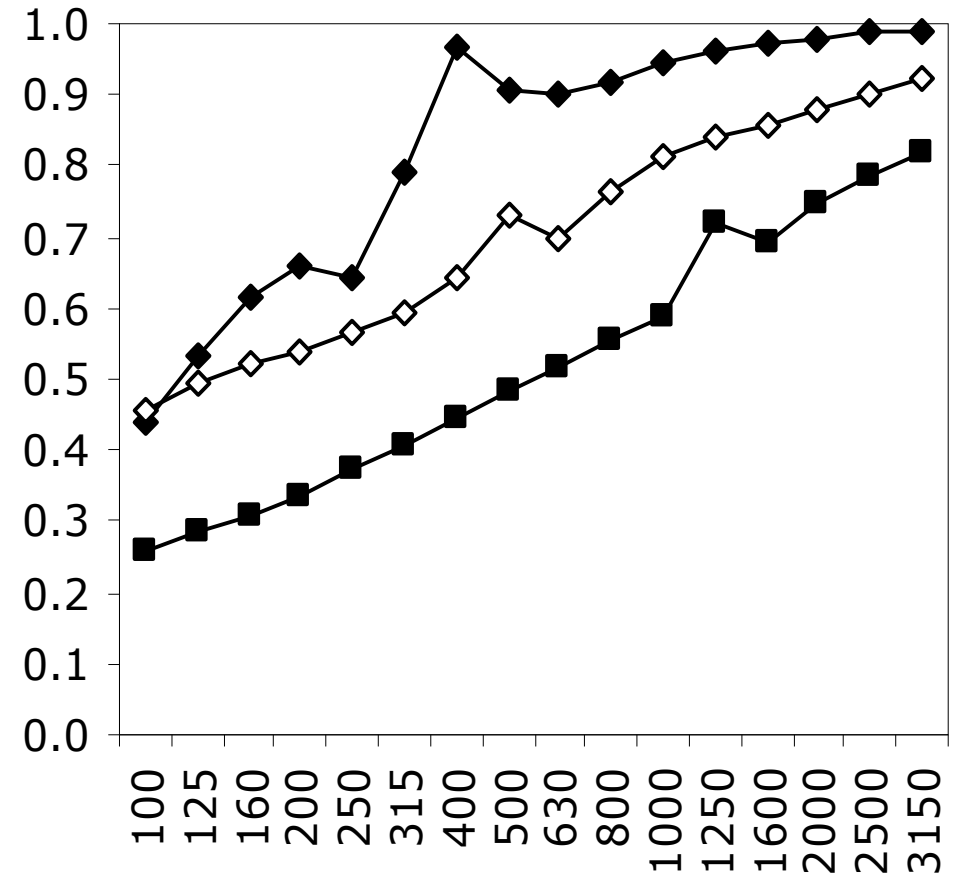
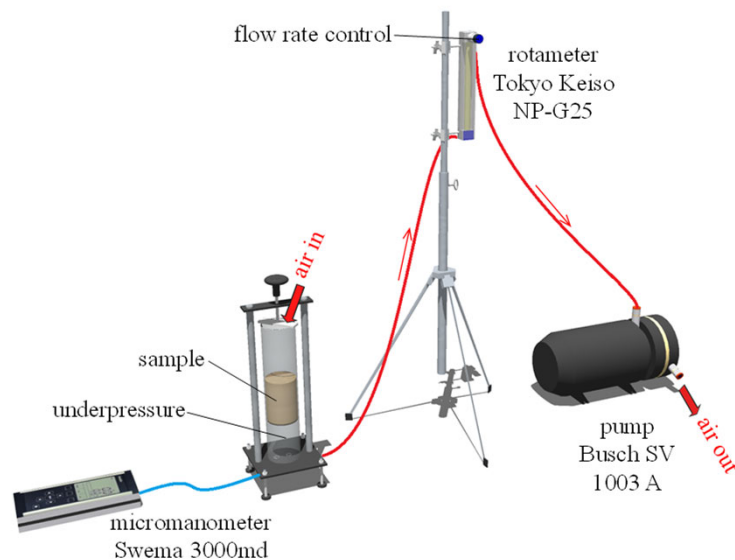
# Huokoisen materiaalin äänenabsorptiosuhde

- Absorptiosuhde paranee, kun
  - virtausvastus on optimaalinen
  - taajuus kasvaa (auttaa tiettyyn rajaan asti muttei sen jälkeen)
  - materiaalin paksuus kasvaa
- Kuvassa on esitetty samasta materiaalista valmistettujen levyjen absorptiosuhde, kun paksuus kasvaa
- Materiaalin virtausvastus on  $9\ 600\ \text{Pa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$



# Huokoinen levy – virtausvastuksen vaikutus

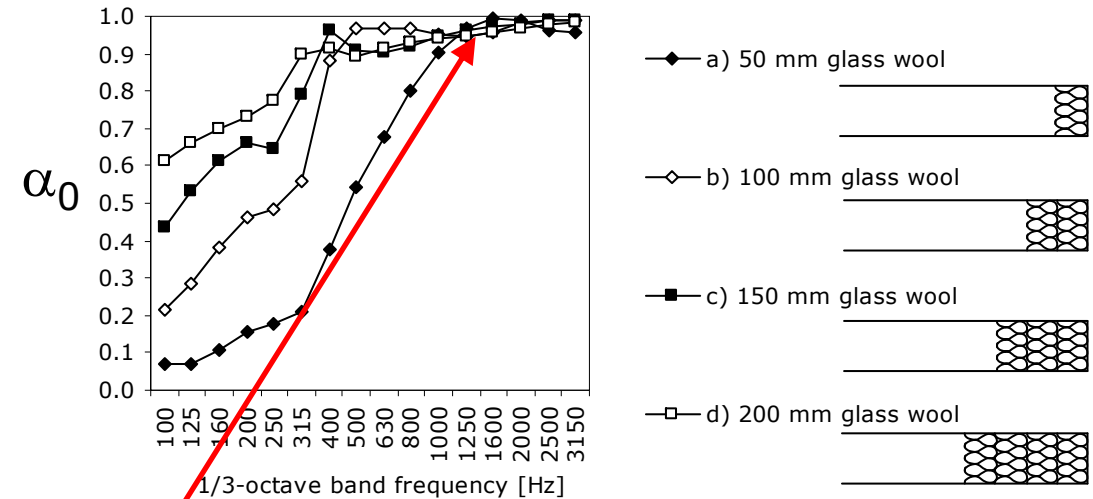
- Jos ilma virtaa helposti materiaalin läpi, absorptio yleensä on hyvä.
- Mittaus ISO 9053-1.  $\phi = 63$  mm kiekkonäyte.
- Arvot villoilla yleensä  $r = 5000 - 250\,000$  Pa·s/m<sup>2</sup>
- Hyvä arvo on 10 000 Pa·s/m<sup>2</sup> paikkeilla
- Mitä suurempi on virtausvastus, sitä kehnompi on absorptio →



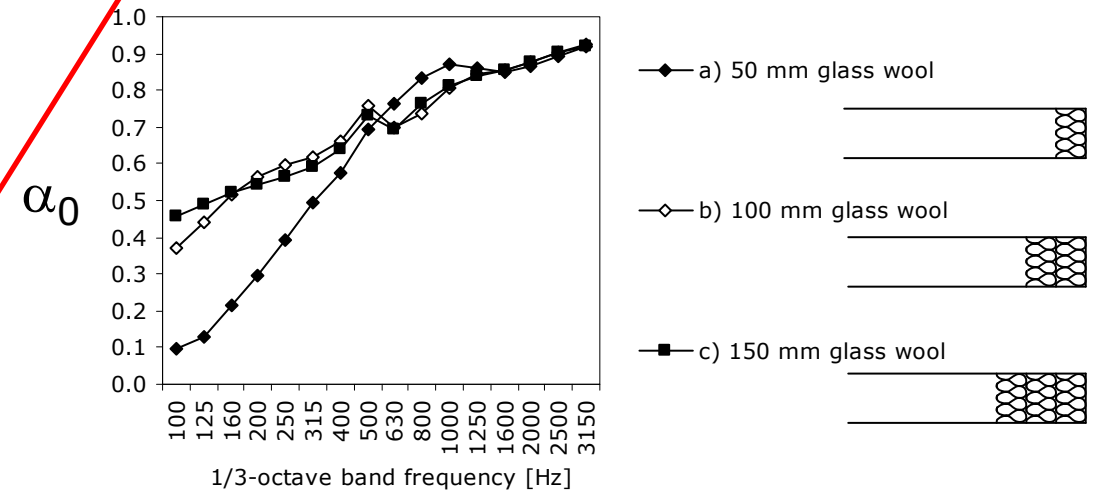
- ◆ a) 150 mm glass wool of 18 kg/m<sup>3</sup>  
Väliseinävilla  $r = 9\,600$  Pa·s/m<sup>2</sup>
- ◇ b) 150 mm glass wool of 76 kg/m<sup>3</sup>  
Lattianalusvilla  $r = 28\,000$  Pa·s/m<sup>2</sup>
- c) 150 mm glass wool of 129 kg/m<sup>3</sup>  
Laivan palovilla  $r = 98\,000$  Pa·s/m<sup>2</sup>

# Huokoinen levy - paksuuden vaikutus

- Mitä paksumpi villa, sitä parempi absorptiosuhde pientaajuuksilla.
- Jos materiaali on itsessään ääntä absorboivaa, maksimiabsorptio saavutetaan taajuudella, jossa materiaalin paksuus vastaa neljäsosaa äänen aallonpituudesta  $\lambda$
- Esimerkiksi 50 mm paksulla villalla maksimiabsorptio saavutetaan 1700 Hz taajuudella, koska
  - Paksuus = 0.05 m
  - Maksimiabsorption antava äänen aallonpituus  $\lambda = 0.2$  m
  - Taajuus  $f = c / \lambda = 340 / 0.2 = \underline{1700 \text{ Hz}}$



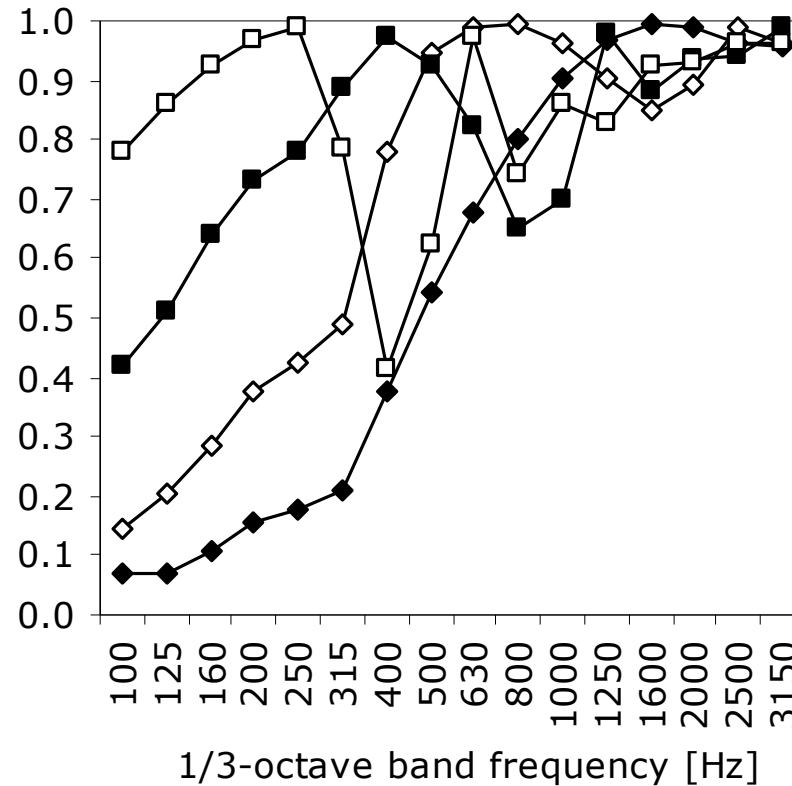
Yläkuva: väliseinävilla.  $\rho = 18 \text{ kg/m}^3$  ja  $r = 9600 \text{ Pa}\cdot\text{s/m}^2$



Alakuva: lattianalusvilla.  $\rho = 76 \text{ kg/m}^3$  ja  $r = 28000 \text{ Pa}\cdot\text{s/m}^2$

# Ilmaraon / alaslaskun vaikutus

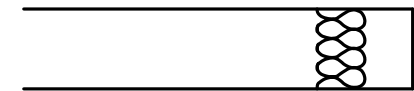
- Laittamalla levyn taakse ilmarako (alaslasku), voidaan bassotaajuuksien absorptiosuhdetta parantaa.
- Standardoidut alaslaskut ovat E-50, E-100, E-200 ja E-400, missä luku on matka levyn etupinnasta takaseinään/koattoon



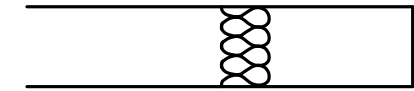
—◆— a) 50 mm glass wool



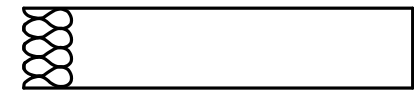
—◇— b) 50 mm glass wool + 50 mm air



—■— c) 50 mm glass wool + 150 mm air



—□— d) 50 mm glass wool + 350 mm air



Type E-400

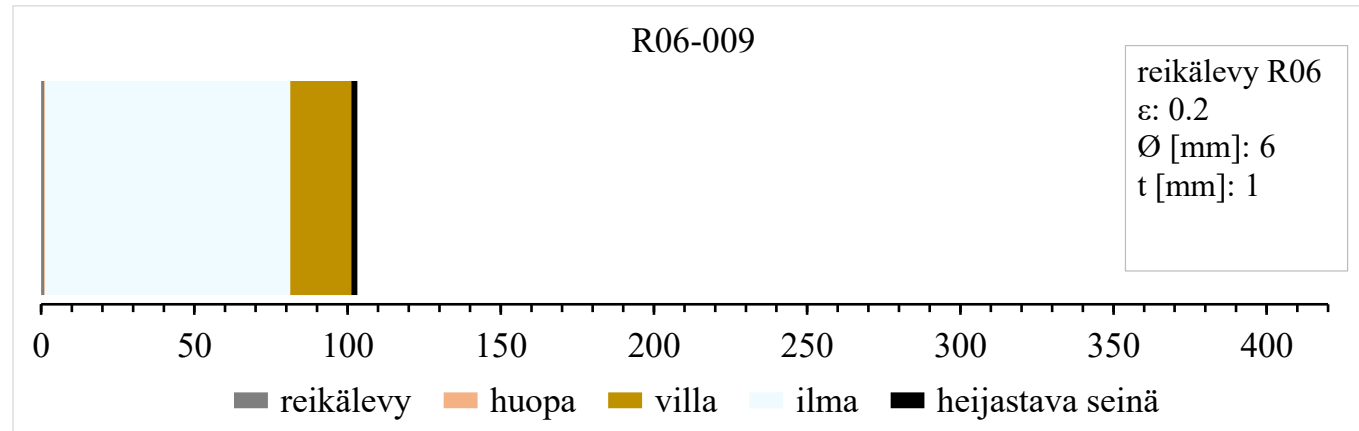
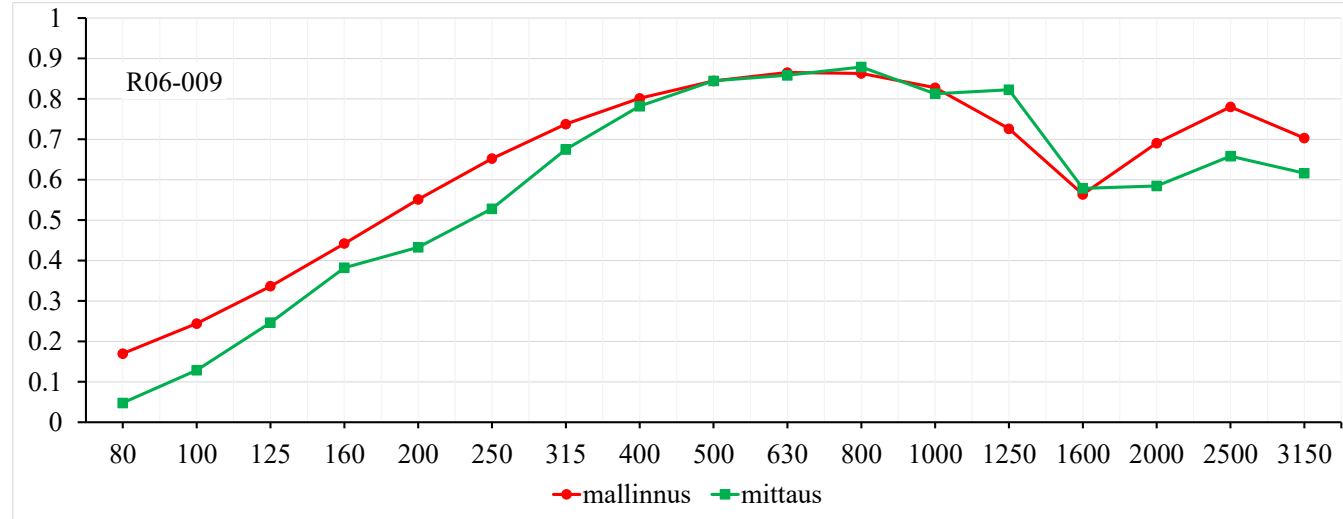


400 mm

väliseinävillä.  $\rho = 18 \text{ kg/m}^3$  ja  $r = 9\,600 \text{ Pa}\cdot\text{s/m}^2$

# Absorptiosuhteen laskentamalli

- Turku AMK on kehittänyt laskentamallin, jonka tarkkuutta on tutkittu huokoisilla materiaaleilla ja erilaisilla reikälevypinnoitteilla.
- Laskentamalli vaatii kerrostiedot:
  - Huokoiset materiaalit: virtausvastus ja paksuus
  - Ilmaraot: paksuus
  - Reikälevyt: reikäsuhte, levyn paksuus, reiän koko
- Tarkkuus on keskimäärin erittäin hyvä; keskivirhe < 0.05
- Mallin avulla voi ennakoida tuloksia ja optimoida mittauksiin valittavia rakenteita
- Kuvassa esimerkki rakenteesta, jossa on ilmarako 80 mm, villa 20 mm ja reikälevy 1 mm (/20% reijitysaste).
- Mittaus ja mallinnus ovat hyvin lähellä toisiaan



# Tekninen haaste tässä projektissa

- Prototyypimateriaalit ovat paksuudeltaan vaihtelevia vaikka niistä joskus tehtävät tuotteet olisivatkin 40 mm paksuja
- Tavoite oli nyt vain tietää, miten hyvä materiaali itsessään on
- Absorptiosuhde kertoo materiaalin absorptio-ominaisuuksista vain, jos materiaalista tehdyn levyn paksuus on suurempi kuin ylimmän tarkasteltavan taajuuden aallonpituuden neljäsosa
- Luokitusmenetelmät, kuten ISO 11654 tai ASTM/NRC, eivät sovellu lainkaan materiaalin hyvyyden arvioimiseen: ne soveltuvat valmiin tuotteen hyvyyden arvioimiseen
- Kirjallisuudessa ei ole menetelmää, miten materiaalin hyvyys arvioitaisiin.
- Me kehitimme siksi sellaisen menetelmän/mittaluvun tässä projektissa.
- Kehittäminen oli mahdollista, koska projektissa mitattiin hyvin erilaisia raaka-aineita ja datan avulla menetelmän tuottamia arvoja ja lisäarvoa tuotekehityksessä voitiin pilotoida yhteistyössä yritysten kanssa

# Uusi materiaalin äänenabsorptiokyvyn arviointimenetelmä: AP method

- Verrataan mitattua absorptiosuhdetta ( $\alpha_{0,Prod}$ ) saman paksuisen ideaalisen huokoisen materiaalin absorptiosuhteeseen ( $\alpha_{0,Ref}$ )
- Määritetään AP [%]:  $AP = \frac{\alpha_{0,Prod}}{\alpha_{0,Ref}}$
- APM [%] on keskiarvo kaistojen 200 – 3150 Hz AP-arvoista
- APM ei riipu paksuudesta!
- Kuvassa esimerkki, miten APM määritetään ja raportoidaan.

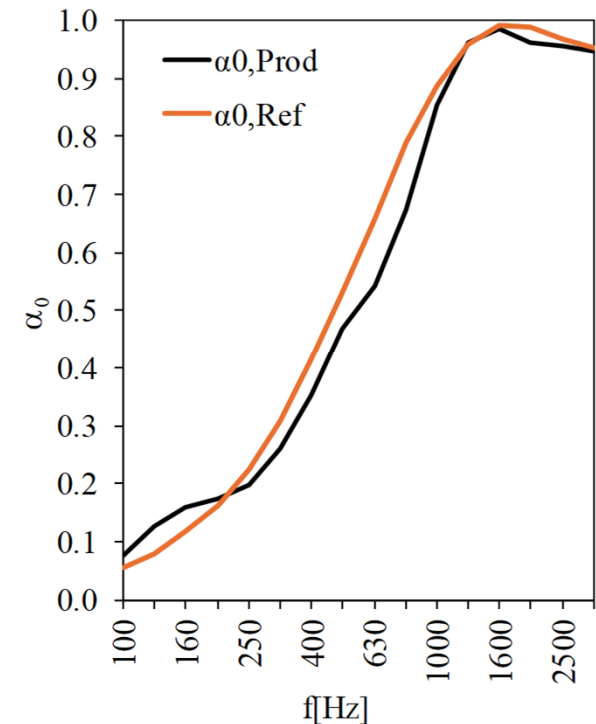
## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

Report: 26-000  
Manufacturer:  
Product:

Total thickness  $d$ : 50 mm

version 8th Dec 2025

	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.08	0.05	141
125	0.13	0.08	160
160	0.16	0.12	137
200	0.18	0.16	107
250	0.20	0.23	88
315	0.26	0.31	85
400	0.35	0.41	85
500	0.47	0.53	88
630	0.54	0.66	82
800	0.67	0.79	85
1000	0.85	0.89	96
1250	0.96	0.96	100
1600	0.98	0.99	99
2000	0.96	0.99	97
2500	0.96	0.97	99
3150	0.95	0.95	99



APM [%]: 93

"Prod" is the measurement result of the Product under inspection. 50 mm.  
 "Ref" describes an ideal porous material having the same thickness  $d$ .  
 "Ref" is based on prediction model by Oliva & Hongisto (Applied Acoustics, 2013).  
 AP expresses, how many percent of "Ref" is achieved with measured result "Prod".  
 If AP is 100%, it means that the Product has equally good performance as an ideal material.  
 APM is the mean value of the APs within 200-3150 Hz.

# AP menetelmän validointi

## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

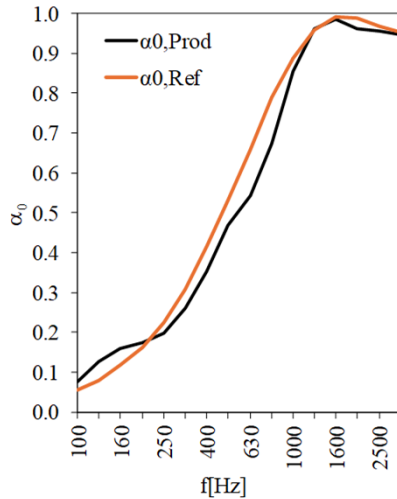


**Report:** SY24-021  
**Manufacturer:** Saint-Gobain Finland Oy  
**Product:** Isover Acoustic 50 mm

**Total thickness  $d$ :** 50 mm

version 8th Dec 2025

	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.08	0.05	141
125	0.13	0.08	160
160	0.16	0.12	137
200	0.18	0.16	107
250	0.20	0.23	88
315	0.26	0.31	85
400	0.35	0.41	85
500	0.47	0.53	88
630	0.54	0.66	82
800	0.67	0.79	85
1000	0.85	0.89	96
1250	0.96	0.96	100
1600	0.98	0.99	99
2000	0.96	0.99	97
2500	0.96	0.97	99
3150	0.95	0.95	99



APM [%]: 93

## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

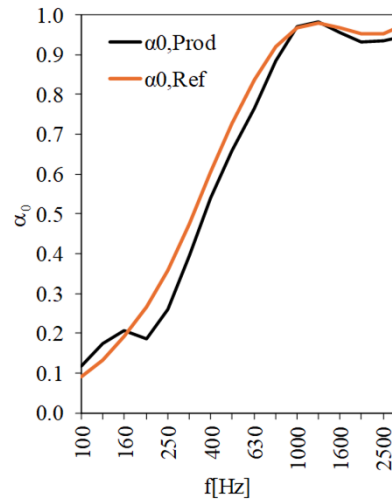


**Report:** SY24-021  
**Manufacturer:** Saint-Gobain Finland Oy  
**Product:** Isover Acoustic 66 mm

**Total thickness  $d$ :** 66 mm

version 8th Dec 2025

	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.12	0.09	128
125	0.17	0.13	133
160	0.21	0.19	107
200	0.19	0.27	70
250	0.26	0.36	73
315	0.40	0.47	83
400	0.54	0.60	89
500	0.66	0.73	91
630	0.76	0.84	91
800	0.88	0.92	96
1000	0.97	0.97	100
1250	0.98	0.98	100
1600	0.95	0.97	99
2000	0.93	0.95	98
2500	0.93	0.95	98
3150	0.95	0.98	97



APM [%]: 91

## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

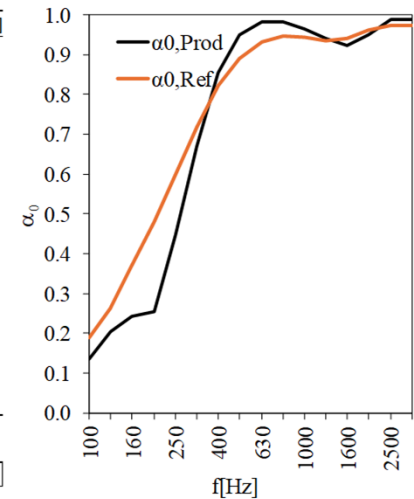


**Report:** SY24-021  
**Manufacturer:** Saint-Gobain Finland Oy  
**Product:** Isover Acoustic 66 mm

**Total thickness  $d$ :** 95 mm

version 8th Dec 2025

	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.13	0.19	72
125	0.21	0.26	78
160	0.24	0.37	66
200	0.26	0.48	53
250	0.45	0.60	75
315	0.67	0.72	93
400	0.86	0.82	104
500	0.95	0.89	107
630	0.98	0.93	105
800	0.98	0.95	104
1000	0.96	0.94	102
1250	0.94	0.94	101
1600	0.92	0.94	98
2000	0.95	0.96	99
2500	0.99	0.97	101
3150	0.99	0.97	102

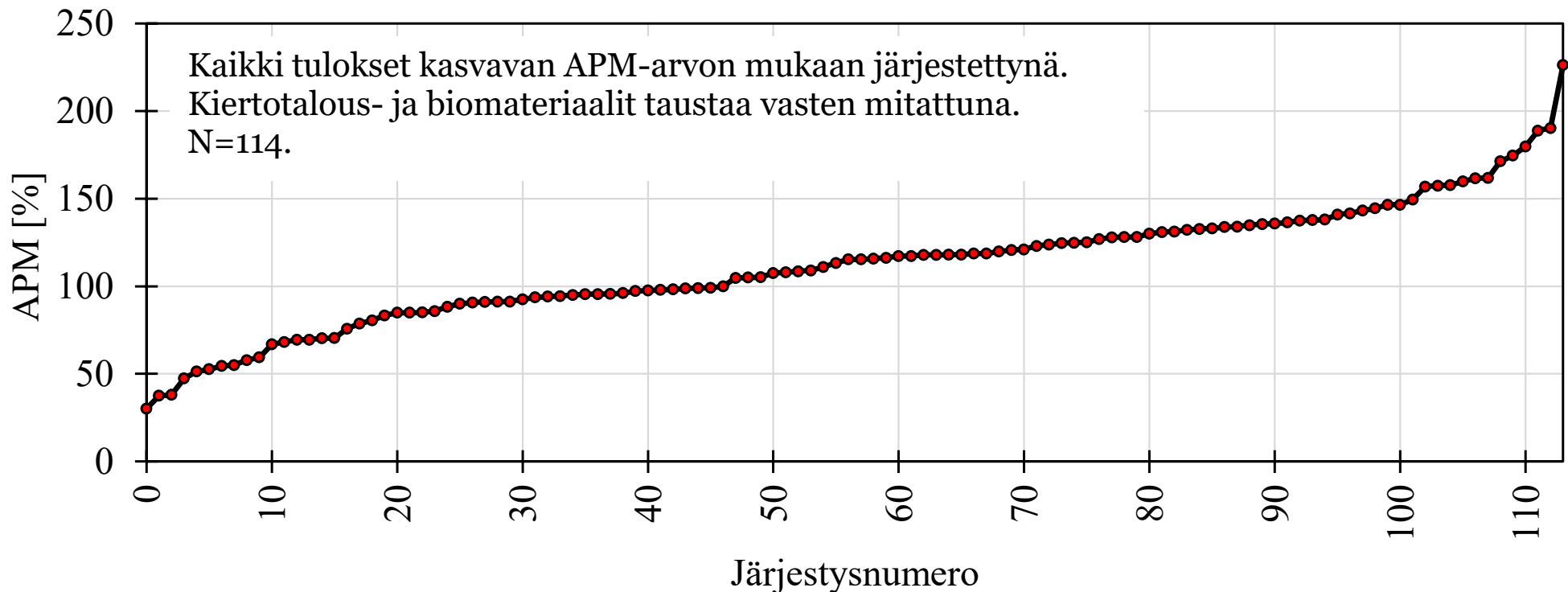


APM [%]: 96

- Mittasimme yllä samaa lasivillamateriaalia 3 eri paksuudella ja APM-arvot olivat liki samat, 91-96%.
- Menetelmä toimii hyvin, koska APM ei riipu materiaalipaksuudesta – mikä oli menetelmän tavoite

# PROJEKTIN APM TULOKSET – Miten pärjää uusiomateriaalit?

- Yhteensä 130 raaka-ainenäytettä tutkittiin
- APM arvot olivat välillä 30 - 220 % eli raaka-aineet olivat hyvin vaihtelevia
- APM=100 % on raja, jonka ylittäminen merkitsee onnistumista.
- Yli puolet testatuista materiaaleista oli parempia kuin tämä raja!
- Kaikki tulokset on saatavilla sivuilla: <https://www.turkuamk.fi/projekti/kira-circularis-kiinteisto-ja-rakennusalan-kiertotalouden-tuotteet-palvelut-ja-innovaatiot/>



# Esimerkki 1

- Ewona Finland Oy:n eräs prototyyppi
- Toimitettiin vain 20.1 mm paksuna, joten absorptiosuhde ei ole silloin hyvä kuin korkeilla taajuuksilla.
- APM 190% erittäin hyvä
- APM metodi mahdollistaa silti näinkin ohuen materiaalin luokittelun
- Oranssi käyrä: 20.1 mm paksu referenssimateriaali
- Musta käyrä: tarkasteltava prototyyppi

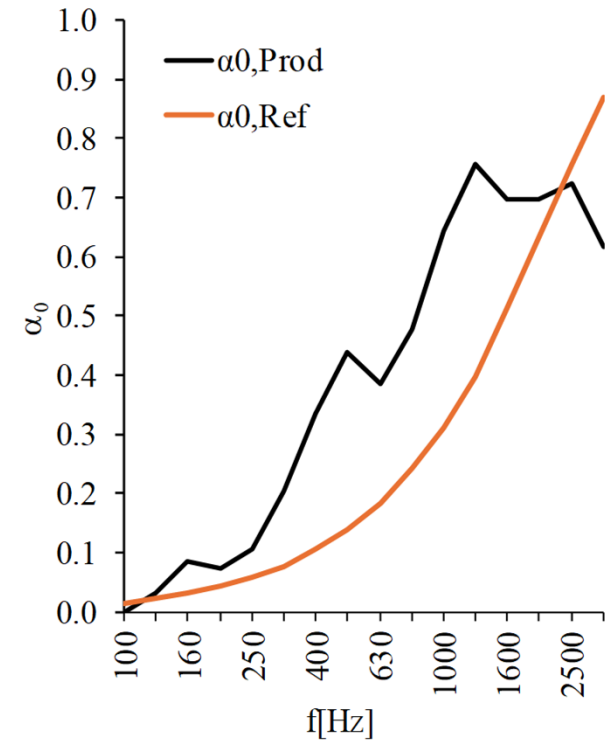
## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

**Report:** 25-302  
**Manufacturer:**  
**Product:** g

**Total thickness d:** 20.1 mm

version 8th Dec 2025

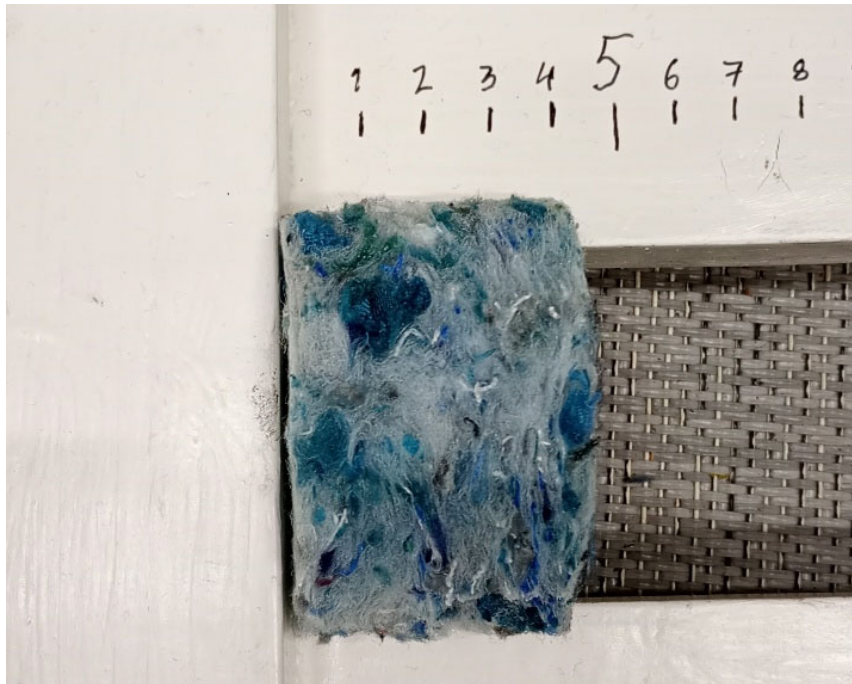
	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.00	0.01	0
125	0.03	0.02	142
160	0.09	0.03	283
200	0.07	0.04	172
250	0.11	0.06	185
315	0.20	0.08	262
400	0.33	0.10	318
500	0.44	0.14	318
630	0.38	0.18	211
800	0.48	0.24	197
1000	0.64	0.31	207
1250	0.76	0.40	190
1600	0.70	0.51	136
2000	0.70	0.63	110
2500	0.72	0.75	96
3150	0.62	0.87	71



**APM [%]: 190**

# Esimerkki 2

- Vilikkala Tradehouse Oy
- 74% APM on lupaava, huomioiden, että kyseessä on ensimmäinen tekstiiliraaka-aineen mitta



## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

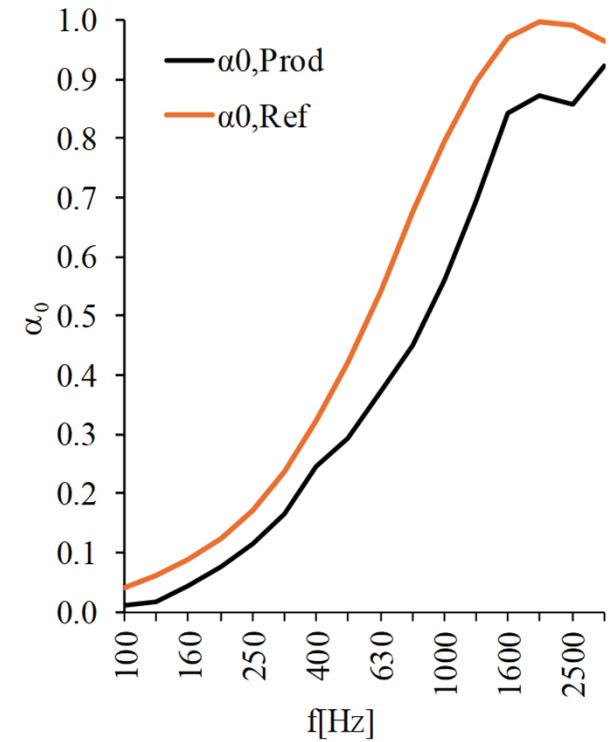
Report: 25-308  
 Manufacturer:  
 Product: a

Total thickness d: **42.5** mm

version 8th Dec 2025

	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.01	0.04	24
125	0.02	0.06	29
160	0.04	0.09	50
200	0.08	0.12	63
250	0.11	0.17	67
315	0.17	0.24	71
400	0.25	0.32	76
500	0.29	0.42	69
630	0.37	0.54	69
800	0.45	0.68	67
1000	0.56	0.80	70
1250	0.69	0.90	77
1600	0.84	0.97	87
2000	0.87	1.00	88
2500	0.86	0.99	87
3150	0.92	0.96	96

APM [%]: **76**



# Esimerkki 3

- Fiberwood Oy:n eräs prototyyppi
- Puukuitu
- 175% APM erittäin hyvä arvo
- Oranssi käyrä: 20 mm paksu referenssimateriaali
- Musta käyrä: tarkasteltava prototyyppi

## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

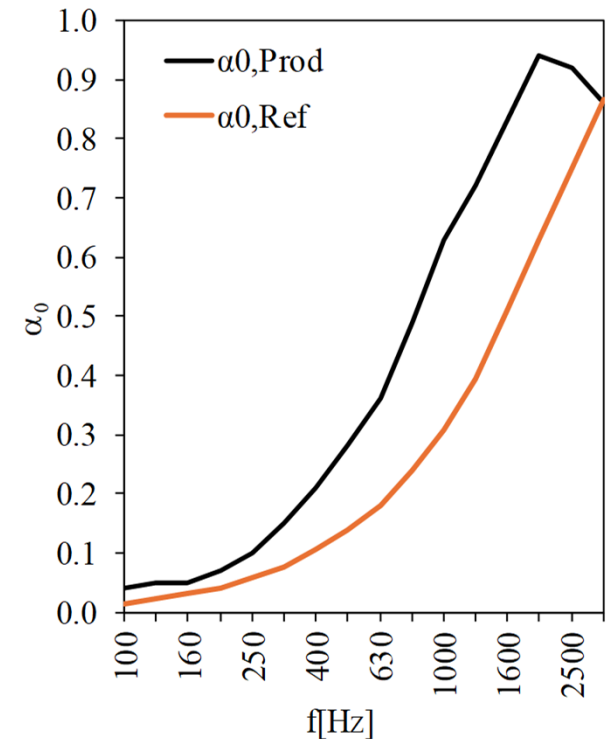
**Report:** 25-317  
**Manufacturer:**  
**Product:** e

**Total thickness  $d$ :** 20 mm

version 8th Dec 2025

	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.04	0.01	273
125	0.05	0.02	239
160	0.05	0.03	165
200	0.07	0.04	168
250	0.10	0.06	177
315	0.15	0.08	195
400	0.21	0.10	202
500	0.28	0.14	204
630	0.36	0.18	199
800	0.49	0.24	205
1000	0.63	0.31	204
1250	0.72	0.39	182
1600	0.83	0.51	163
2000	0.94	0.63	150
2500	0.92	0.75	122
3150	0.86	0.87	99

**APM [%]: 175**



# Esimerkki 4

- Uusioaines Oy:n eräs vahtolasimursketyyppi
- APM arvo 94% erittäin hyvä
- Paksuus/korkeus oli suuri, mikä selittää muita prototyyppejä paremmat arvot bassotaajuuksilla



## TUAS absorption rating of ISO 10534-2 result

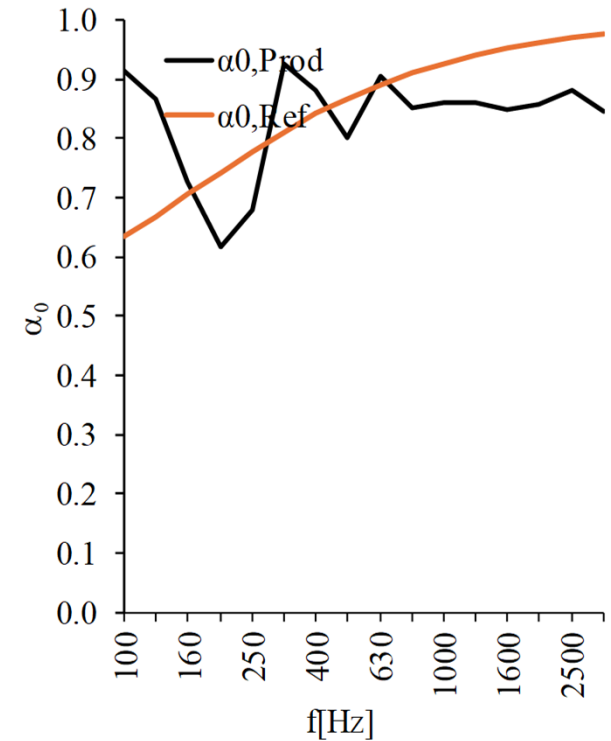
**Report:** 25-301  
**Manufacturer:**  
**Product:** c

**Total thickness d:** 400 mm

version 8th Dec 2025

	$\alpha_{0,Prod}$	$\alpha_{0,Ref}$	AP [%]
100	0.91	0.64	144
125	0.86	0.67	130
160	0.73	0.71	103
200	0.62	0.74	83
250	0.68	0.78	88
315	0.93	0.81	114
400	0.88	0.84	105
500	0.80	0.87	93
630	0.91	0.89	102
800	0.85	0.91	93
1000	0.86	0.93	93
1250	0.86	0.94	91
1600	0.85	0.95	89
2000	0.86	0.96	89
2500	0.88	0.97	91
3150	0.84	0.98	87

**APM [%]: 94**

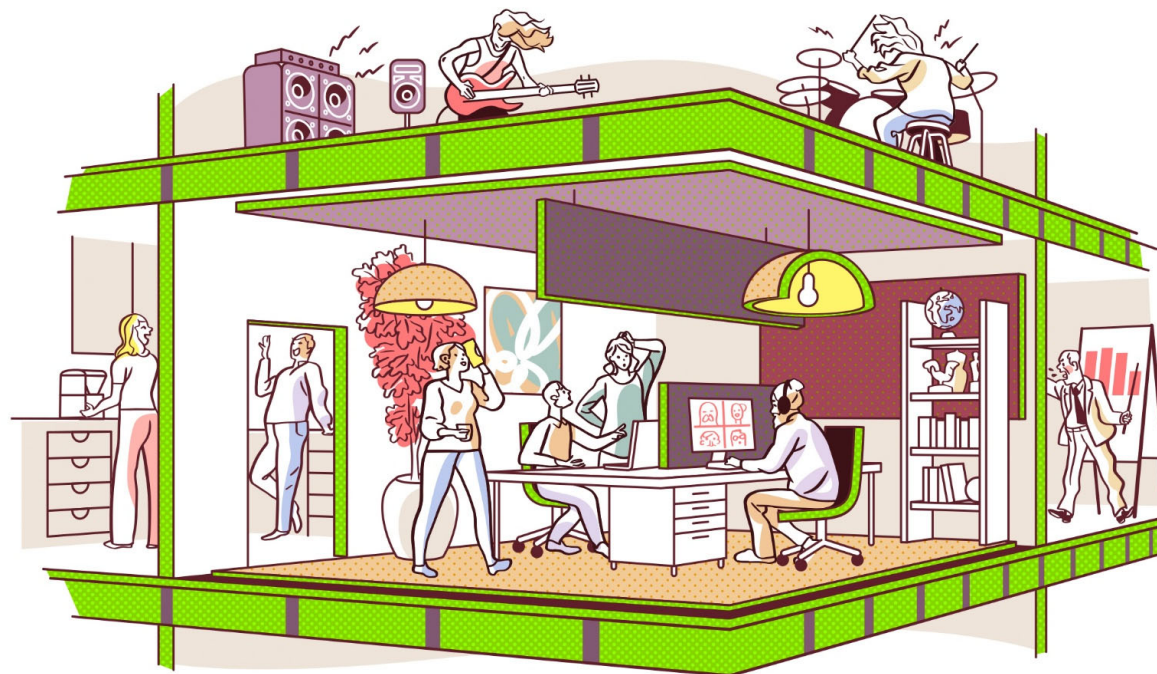


# Projektin vaikuttavuusarviointi

- On luotu uusia verkostoja raaka-ainevalmistajien, akustiikkatuotevalmistajien ja asiakkaiden kesken ja verkostot jatkavat toimintaa projektin jälkeen
- On saatu monipuolinen käsitys suomalaisten uusiomateriaalien äänenabsorptiokyvystä ja potentiaalista. Koko ala voi paremmin eväin kehittyä, kun varsinaiseen tuotekehitysvaiheeseen mennään.
- Luotiin uusi äänenabsorption luokitusmenetelmä APM, jolla projektin mittaustuloksia voidaan rakentavammin tulkita. Menetelmällä on jatkokäyttöä kaikissa prototyypitestauksissa ja se julkaistaan erikseen.

# Kiitos

- KIRA CIRCULARIS –  
Kiinteistö- ja rakennusalan  
kiertotalouden tuotteet, palvelut  
ja innovaatiot
- Projekti on osa EAKR  
Valtakunnallista Vihreän  
siirtymän teemakokonaisuutta



Projektisivut:

<https://www.turkuamk.fi/projekti/kira-circularis-kiinteisto-ja-rakennusalan-kiertotalouden-tuotteet-palvelut-ja-innovaatiot/>



**Euroopan unionin  
osarahoittama**



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



OULUN AMMATTIKORKEAKOULU



Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences

**TURKU AMK**

