

Onko rakennusten korjaaminen terveellisiksi kannattavaa rakennusten käyttäjien, omistajien ja kansantalouden näkökulmista?

Prof. Ulla Haverinen-Shaughnessy, Dos., TkT



Sisältö / muita kysymyksiä

- Millä korjausten onnistumista mitataan?
- Voidaanko olettaa, että rakennusten korjaaminen parantaa (kaikkien) käyttäjien oireet?

Korjaaminen terveelliseksi

- Mitä pitäisi korjata?
- Miten pitäisi korjata?
- Mitä korjaaminen maksaa?
 - Kuka maksaa?
- Mitä hyötyä korjaamisesta?
 - Kuka hyötyy?



ROTI 2025 -raportti

[//ril.fi/wp-content/uploads/2025/03/ROTI.raportti_2025_low_Suojattu.pdf](https://ril.fi/wp-content/uploads/2025/03/ROTI.raportti_2025_low_Suojattu.pdf)

Rakennettuun ympäristöön sijoitettu 83% Suomen kansallisvarallisuudesta valtion, kuntien ja asukkaiden toimesta.

RAKENNUKSET

540 mrd €

Tekninen arvo yhteensä

109 mrd €	Asuinkerrostalot
170 mrd €	Erilliset pientalot
36 mrd €	Rivi- ja ketjutilat
52 mrd €	Teollisuus- ja varastorakennukset
66 mrd €	Julkiset rakennukset
50 mrd €	Liike- ja liikenteen rakennukset
23 mrd €	Muut rakennukset
22 mrd €	Toimistorakennukset
12 mrd €	Kesäököt

LIIKENNEVERKOT

69 mrd

Arvo yhteensä

18 mrd €	Maantiet
18 mrd €	Yksityiset
20 mrd €	Kuntien metro, ra
9 mrd €	Rautatiet
2 mrd €	Merikuljetusväylä 20
2 mrd €	Lentoken
	Pyörätiet
	Sillat 15 €

YHDYSKUNTATEKNIikka

50 mrd €

Arvo yhteensä

3 mrd €

MATKAPUHELIN- JA LAAJAKAISTALIITTYMÄT

Matkapuhelinliittymät 9,2 milj kpl
Laajakaistaliittymät mobiili 9,2 milj kpl
Laajakaistaliittymät kiinteä 2,0 milj kpl
Lankapuhelinliittymät 0,17 milj kpl

16 mrd €

ENERGIAVERKOT

Sähköverkko (kanta, siirto, jakelu) 430 000 km
Kaukolämpöverkosto 16 000 km
Kaasuverkko 3 300 km

yli **1** mrd €

JÄTEHUOLTO

Kaatopaikat 145 kpl
Jätteenpolttolaitokset 1
Biologiset kierrätyslaitokset
Jätteen putkikeräys 9 kpl

30 mrd €

VESIHUOLTO

6 mrd € Ve

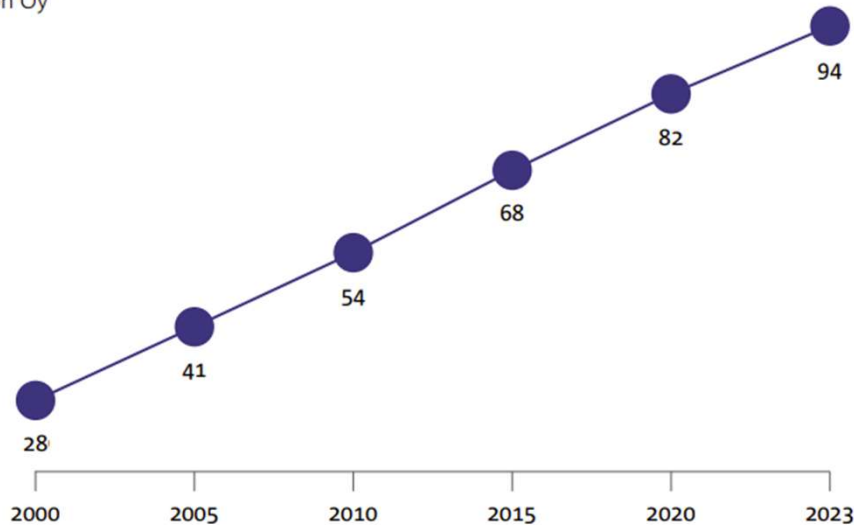
24 mrd € Ve

Vesijohdot 112 000 km
Jätevesiviemärit 53 000
Tonttivesijohdot noin 1
Tonttiviemärit noin 12
Hulevesi 11 000 km



ROTI 2025

Lähde: Forecon Oy



Talokannan korjausvelan kehitys miljardia € vv. 2000-2023

Korjausvelka muodostuu rakennuksen nykykunnan arvon ja optimikuntotason arvon erotuksesta, jos nykykunto on alle 75 prosentin optimikuntotason.

- Korjausrakentamisen kokonaisarvo on noin **9,4 miljardia euroa v. 2015**
- Trendinä on, että korjaustarve kasvaa seuraavalla kymmenvuotiskaudella, jolloin vuosina 2026–2035 se yltää 11,3 miljardiin euroon. Kasvu johtuu 1980-luvun rakennusten korjaustarpeen kasvusta.
- **Noin 7 % kokonaisarvosta kohdistuu kosteusvaurioiden korjauksiin. Tämä osuus kattaa sekä näkyvät että piilevät vauriot, jotka voivat vaatia laajoja rakenteellisia toimenpiteitä**
- VTT ja TAMK selvittivät asuinrakennusten kosteusvaurioiden korjaustoiminnan laajuuden osana Suomen asuinrakennuksen korjaustarve –tutkimusta v. 2026. Selvityksen perusteella **asuinrakennusten** kosteusvaurioiden korjaamiseen käytetään Suomessa vuosittain **400 miljoonaa euroa**, joka on 5 % koko korjausrakentamisesta. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T274.pdf>



Korjaaminen liittyy usein energiatehokkuuteen, jolla merkittäviä ilmastohyötyjä

- 1. Energiankulutuksen ja CO₂-päästöjen vähentyminen:** korjauksissa parannetaan usein eristystä, ikkunoita, ilmanvaihtoa ja lämmitysjärjestelmiä -> vähentää lämmitys- ja jäähdytysenergian tarvetta.
 - Esim. kerrostalojen energiaparannukset voivat vähentää energiankulutusta jopa yli 50 %.
 - Vaikuttaa merkittävästi kansallisiin ilmastotavoitteisiin, koska rakennussektori vastaa n. 30–40 % kokonaisenergiankulutuksesta ja 20–30 % päästöistä.
- 2. Uusiutuvan energian integrointi:** korjausten yhteydessä voidaan asentaa aurinkopaneeleja, lämpöpumppuja tai muita uusiutuvan energian ratkaisuja.
 - Vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja pienentää kasvihuonekaasupäästöjä.
- 3. Kestävä materiaalien käyttö:** korjausten yhteydessä voidaan suosia vähäpäästöisiä ja kierrätettäviä rakennusmateriaaleja, mikä vähentää ilmastovaikutuksia.
 - Esim. luonnonmateriaalien käyttö vähentää sementin ja muovien tuotannon hiilidioksidipäästöjä.
- 4. Pitkän aikavälin ilmastohyödyt:** kun rakennus on energiatehokas ja terveellinen, sen käyttöikä pitenee, mikä vähentää tarvetta uudisrakentamiseen.
 - Vähemmän luonnonvarojen kulutusta ja päästöjä rakentamisen aikana.



Korjausten vaikutukset

Ympäristöterveyden motto:
"Jokaisella tulee olla oikeus turvalliseen ja terveelliseen elinympäristöön"

- Varallisuus, arvo
- Käyttökustannukset
- Ilmasto
- Terveys
- Rakennuksen omistajan, käyttäjän ja kansantalouden näkökulmat



Rakennusten omistajat

Taloudellinen vaikutus omistajalle:

Parempi sijoitetun pääoman tuotto, pienemmät ylläpitokustannukset ja kiinteistön arvon kasvu.

1. **Kiinteistön arvon nousu:** Hyvin ylläpidetyt ja terveelliset rakennukset houkuttelevat enemmän vuokralaisia ja ostajia.
2. **Huoltokustannusten vähentyminen:** Korjaamalla ongelmia ajoissa (esim. kosteus- tai homevauriot) voidaan välttää kalliimmat vauriot ja peruskorjaukset tulevaisuudessa.
3. **Vuokralaisten pysyvyys:** Terveellisissä tiloissa ihmiset viihtyvät paremmin, mikä vähentää vuokralaisten vaihtuvuutta.

Yhdysvaltalaisen selvitysten mukaan

- Parantamalla ilmanlaatua, valaistusta ja lämpömukavuutta rakennuksessa saavutetaan tuottavuuden ja vuokratuottojen kasvu
- Fitwell / WELL sertifioidut rakennukset voivat tuottaa 4,4–7,7 % korkeampaa vuokratuottoa neliometriä kohti verrattuna rakennuksiin, joissa ei ole vastaavia sertifikaatteja



Rakennusten käyttäjät

Taloudellinen vaikutus:
Vähemmän sairaspäiviä ja terveydenhoitokustannuksia

1. Terveysten parantuminen

Kestäviä ja terveellisiä periaatteita noudattavat korjaukset -> rakennuksissa on parempi ilmanlaatu, mikä vähentää hengityselinsairauksia, allergioita ja muita terveysvaikutuksia

[Breysse ym. 2011](#), "Health Outcomes and Green Renovation of Affordable Housing"

2. Tuottavuus ja hyvinvointi

Työpaikoilla ja kouluissa terveelliset tilat lisäävät työtehoa ja oppimiskykyä, vähentävät poissaoloja ja parantavat yleistä hyvinvointia

[Fisk 2000](#), "Estimates of potential nationwide productivity and health benefits from better indoor environments: an update"

[Wyon 2004](#), "The effects of indoor air quality on performance and productivity"



Kansantalous

Kansallisvarallisuus
Ilmastovaikutukset
Terveysvaikutukset
Tuottavuus

Vaikutus kansantaloudelle:
Pitkällä aikavälillä merkittäviä säästöjä terveydenhuollossa ja tehokkaampi työvoiman käyttö.

1. **Kansallisvarallisuuden arvon säilyttäminen**
2. **Energia- ja ympäristöhyödyt:** Monesti terveellisten rakennusten korjaukset liittyvät myös energiatehokkuuden parantamiseen, mikä vähentää energiakustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä → EU:n ilmastotavoitteiden saavuttaminen / taloudelliset seuraamukset
3. **Terveydenhuoltokustannusten väheneminen:** Vähemmän sairauksia → vähemmän kustannuksia julkiselle terveydenhuollolle
4. **Työkyvyn ja tuottavuuden kasvu:** Terveelliset rakennukset vähentävät poissaoloja ja työkyvyttömyyttä → talouskasvu ja tuottavuuden nousu



Terveys- vaikutusten arviointi

s. 6-8 & 18-20 perustuen
O. Hännisen materiaaleihin

– **Terveys**

- sairastuvuus: lääkkeiden käyttö, sairauspäivät, päivystyskäynnit, sairaalahoidot
- kuolleisuus: ennenaikainen kuolleisuus, menetetyt elinvuodet

– **Tuottavuus**

- akateeminen suorituskyky; tuottavuus; menetetyt koulu-/työpäivät

– **Arvot**

- maksuhalukkuus; markkinakustannukset
- [terveen] elinvuoden arvo



Terveyden rahallistettu kustannus ja arvo

- **Maksuhalukkuuden arviointi (hypoteettinen raha)**
 - Tilastollisen elämän arvo (VSL): 10-12 miljoonaa dollaria
 - Elinvuoden arvo (Value of Life Year, VOLY):
 - EXternE 2005 (krooninen): Keskiarvo 125 250 euroa, mediaani 55 800 euroa
 - NEEDS 2006 EU15 + Sveitsi 41 000 €, uudet jäsenmaat 33 000 €, EU25 40 000 €
- **Markkinaehtoinen arvio (konkreettisten asioiden todelliset kustannukset)**
 - vs. bruttokansantuote EU:ssa n. 36kEUR



DALY (*disability-adjusted life years*)

- Tarkoittaa menetettyjä toimintakykyisiä elinvuosia eli elinvuosia, jotka eletään alhaisemmassa toimintakyvyssä sairauden vuoksi, ts. yhtä DALY-arvoa voidaan ajatella sairauden vuoksi menetettynä elinvuotena.
- DALY-arvolla voidaan seurata väestön terveydentilaan vaikuttavia tekijöitä paremmin kuin seuraamalla pelkkää elinaikaa tai elinajan odotetta tai pelkkää kuolleisuutta eri syistä.



Korjaaminen terveelliseksi

Mitä pitäisi korjata?

- Tilanne Suomessa
- Suurimmat tautitaakan aiheuttajat
- Mihin rakennustyyppeihin korjaustarpeet kohdistuvat



Eniten terveystahaitta aiheuttavat ympäristöaltisteet Suomessa

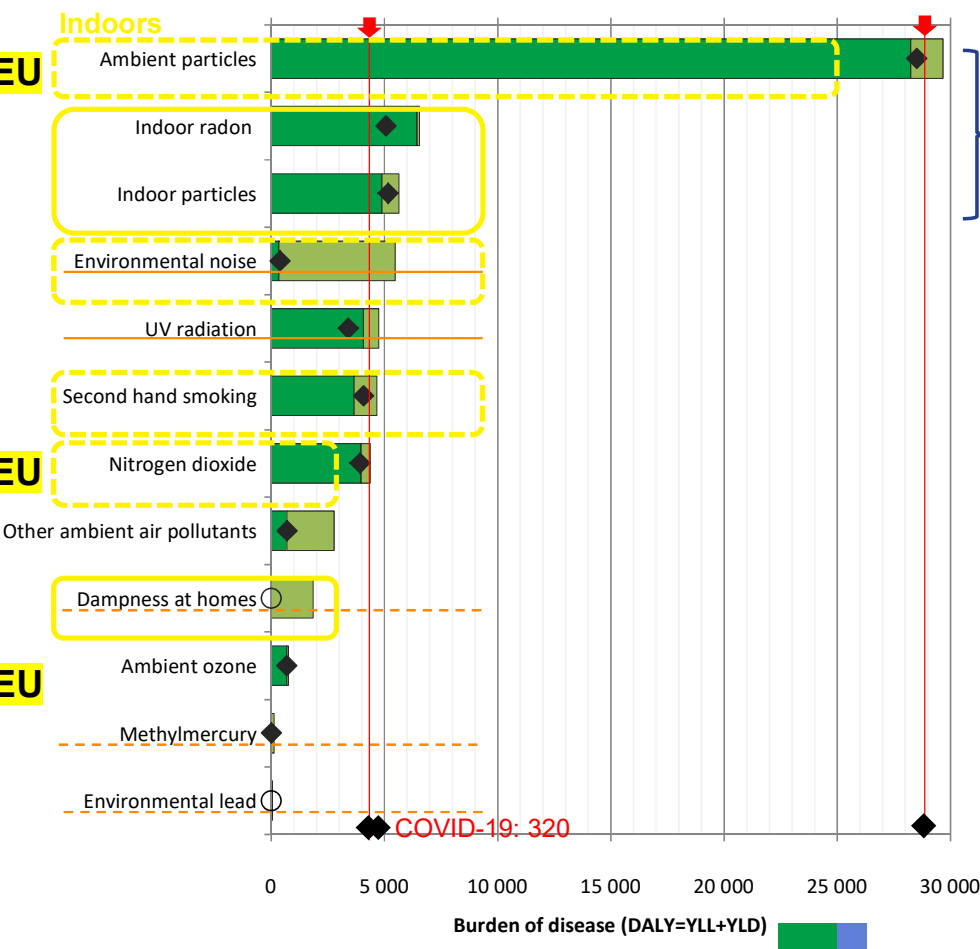
V. 2015 auto-onnettomuudet
Aiheuttivat 270 kuolemaa



Mortality (deaths per year)



GBD estimaatti alkoholin aiheuttamille
Kuolemille v. 2015 1700



Ilmansaasteet hallitsevat: TOP3 on

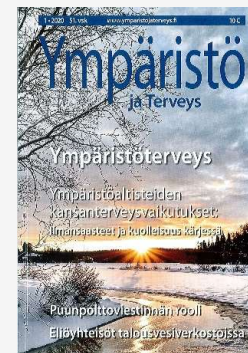
- Ulkoilman hiukkaset
- Sisäilman radon ja hiukkaset
- Kotien kosteusvauriot sijalla 9

Näiden 12 tekijän kokonaistaakka ~ 3100
ennenaikaista kuolemaa

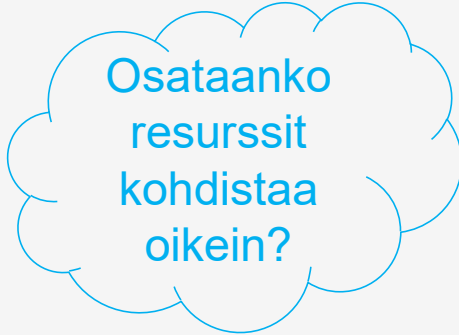
vs 270 auto-onnettomuuksissa
vs 1700 alkoholin takia
vs 5000 tupakoinnin vuoksi

n. 320 COVID19 vuoksi

Hänninen O, Lehtomäki H, Korhonen A, 2020.
Ilmansaasteet ja kuolleisuus kärjessä,
tautitaakka yli kaksinkertainen:
Ympäristöaltisteiden kansanterveysvaikutukset.
Ympäristö ja Terveys-lehti, 1/2020 ss. 6-13.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202002246282> (2020-02-24)



Y&T 2020 nr 1





Pienhiukkaset

- **Asumisterveysasetuksen (2015) mukaiset toimenpiderajat ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyvät vain harvoin**
- Pitoisuudet Suomessa keskimäärin $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hänninen ym. 2004, Du ym. 2016)
- **> 60 % sisäympäristön aiheuttamasta tautitaakasta on arvioitu aiheutuvan sisäilmaan kulkeutuneista ulkoilman saasteista (Hänninen ym. 2020)**
- **Asuinrakennuksissa tehtyjen tutkimusten mukaan ulkoilman pienhiukkasista suodattuu karkeasti noin 50 % (Hänninen ym. 2013)**
- Suodattumista voidaan tehostaa parantamalla rakennusten vaipan ilmatiiviyttä ja korvausilman suodatusta
- **Ilmanvaihto vaikuttaa pitoisuuksiin monitahoisesti**
- **Rakennuksen käyttäjät voivat vaikuttaa pitoisuuksiin**
- Sulkemalla ikkunat kun ulkoilman pitoisuudet ovat korkeat; rajoittamalla tarpeen mukaan pitoisuuksia nostavia toimenpiteitä (lakaiseminen, ruuanlaitto, kynttilät, yms.)



Radon

- **Asunnoissa keskimääräinen radonpitoisuus oli 96 Bq/m³ vuonna 2006 tehdyn otantatutkimuksen perusteella (Mäkeläinen ym. 2009)**
 - 3 %:ssa asunnoista > 400 Bq/m³
 - Uusien pientalojen otannassa radonpitoisuudet selkeästi pienemmät (Kojo ym. 2017)
- **Päiväkotien keskimääräinen radonpitoisuus oli 81 Bq/m³ vuosina 2014-2015 tehtyjen mittausten perusteella (Kojo ym. 2016)**
 - 2 %:ssa päiväkodeista > 400 Bq/m³
- **Koulujen keskimääräinen radonpitoisuus oli 87 Bq/m³ (Kojo ym. 2017)**
 - 11% kouluista > 400 Bq/m³
- **Muun tyyppisten rakennusten radonpitoisuuksista ei kattavasti tietoa**
- **Pitoisuuksiin vaikuttavat vuodenaika, sijainti, alapohjaratkaisut, tiiviys, korkeusasema (huom. kellarit), ilmanvaihto**



Kosteusvauriot

- Aikaisemman arvion mukaan merkittäviä kosteusvaurioita esiintyy Suomessa 7–10 prosentissa pien- ja rivitalojen, 6–9 prosentissa kerrostalojen, 12–18 prosentissa koulujen ja päiväkotien, 20–26 prosentissa hoitolaitoksien ja 2,5–5 prosentissa toimistojen kerrosalasta (Reijula ym. 2012)
- Rajoitetusti uutta tietoa yleisyydestä, joitakin viitteitä on yleistilanteen paranemisesta (kuten ongelmien paremmasta hallitsemisesta kunnissa)
- **Rakennusten kunnossapidon ja käytön merkitys suuri**
 - Mm. ongelmien havaitseminen ja niihin puuttuminen ajoissa, mielellään jo ennen aistinvaraisesti havaittavia vaurioita

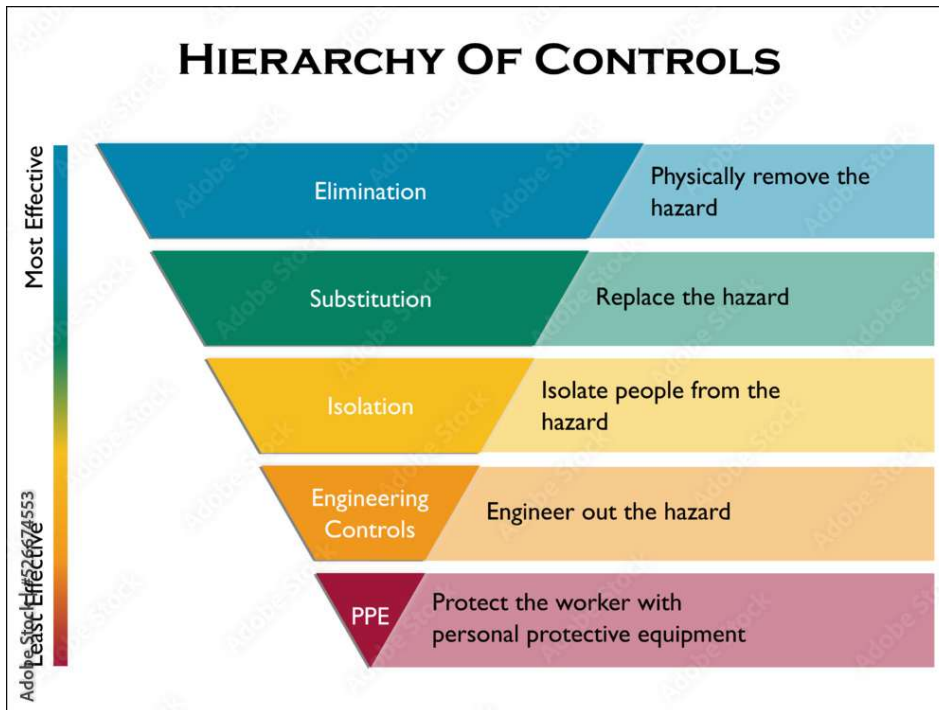
Rakennusten kosteus- ja homeongelmat

EDUSKUNTA

EDUSKUNTA



Miten pitäisi korjata?



- Epäpuhtauksien poistaminen, pitoisuuksien alentaminen
- Ulkoilman suodatus
- Ilmatiiviys
- Ilmanvaihdon optimointi

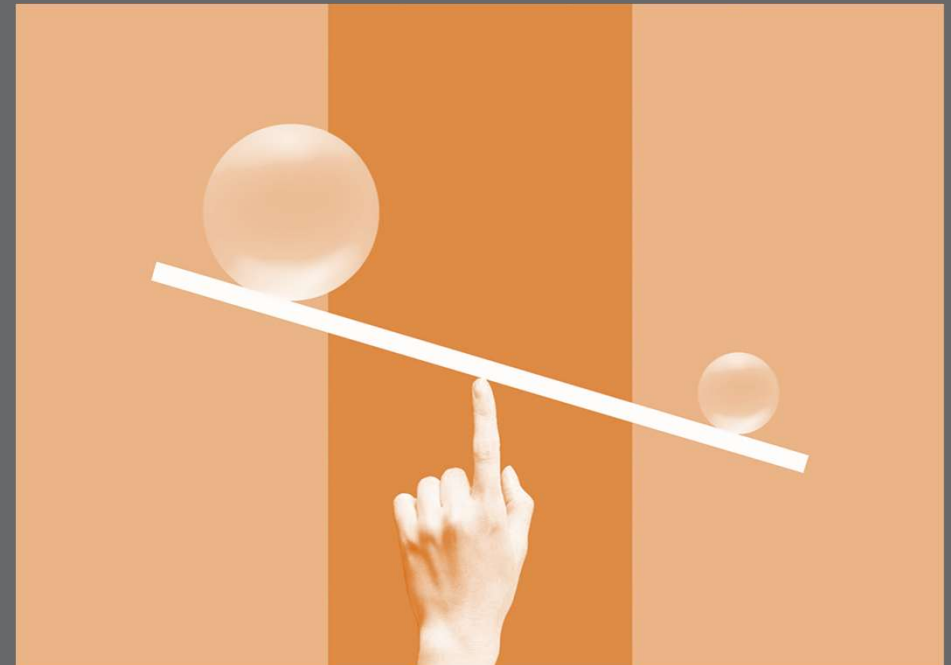
<https://sl.bing.net/kMjSf5QJWFw>



Mitä korjaaminen maksaa?

Mitä hyötyä korjaamisesta?

- Arvon säilymisen, kestävyys ja terveellisyysnäkökulmista



Kustannus – hyöty



Asuntojen korjauskustannuksia

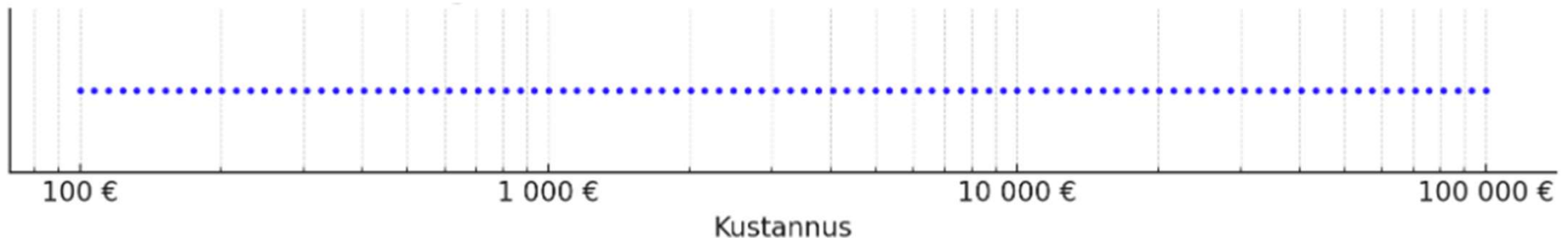
Korvausilmaventtiilit

Rakenteiden tiivistäminen

Radonkorjaukset (radonimuri / kaivo)

Koneellinen ilmanvaihto
lämmöntalteenotolla

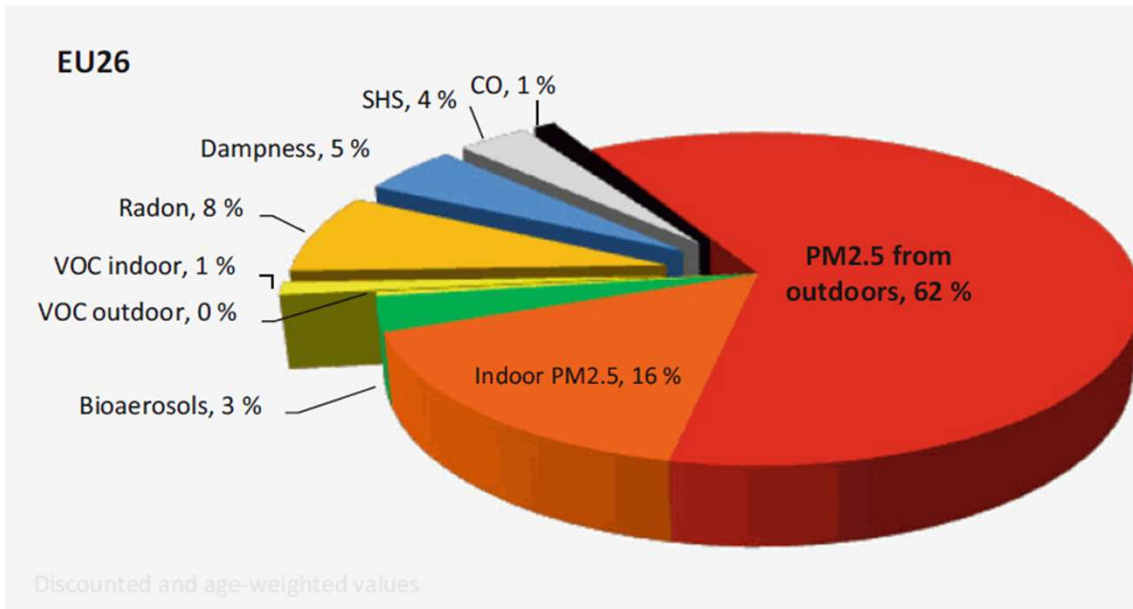
----- Kosteusvauriokorjaukset-----



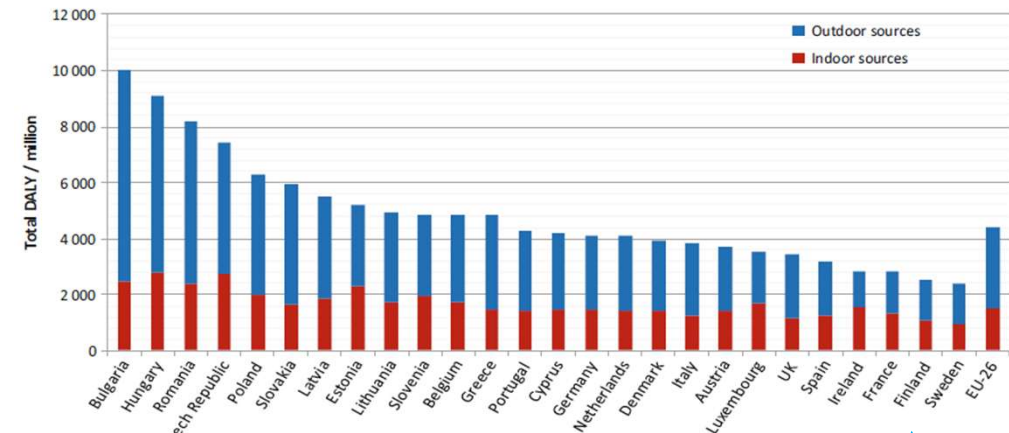
Millä toimenpiteillä saavutetaan suurimmat hyödyt suhteessa kustannuksiin?



HealthVent tutkimus: sisäilma-altisteiden tautitaakka



Kuva 1. Tulokset 26 EU maista v. 2010. Kokonaistautitaakka 2.1 miljoonaa DALYa (Hänninen & Asikainen 2013, Asikainen ym. 2016)



Kuva 2. Kansallinen tautitaakka jaettuna sisä- ja ulkoilman lähteisiin (Hänninen & Asikainen 2013)



Ilmanvaihdon optimointi (HealthVent)

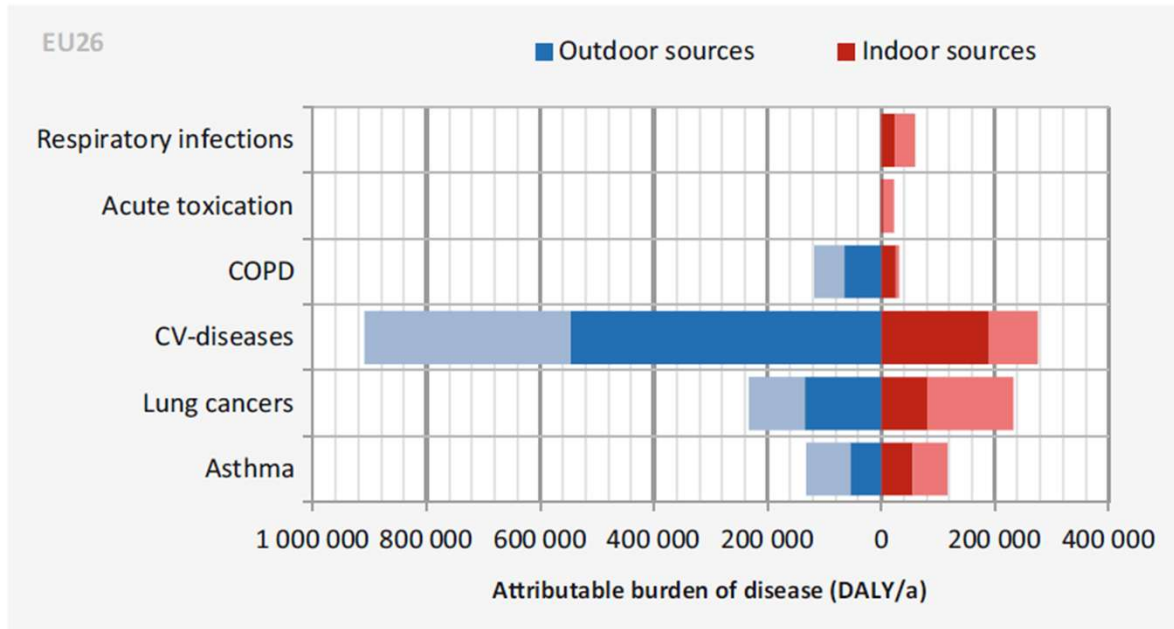


Fig. 11 Contribution of main disease categories to the burden of disease in EU26 caused by indoor exposures to pollutants originating from outdoor (blue) and indoor (red) air (Hänninen and Asikainen 2013). The estimated maximum reduction is shown in the lighter shade by disease category. (COPD = chronic obstructive pulmonary disease, CV = cardiovascular diseases) (Hänninen and Asikainen 2013)

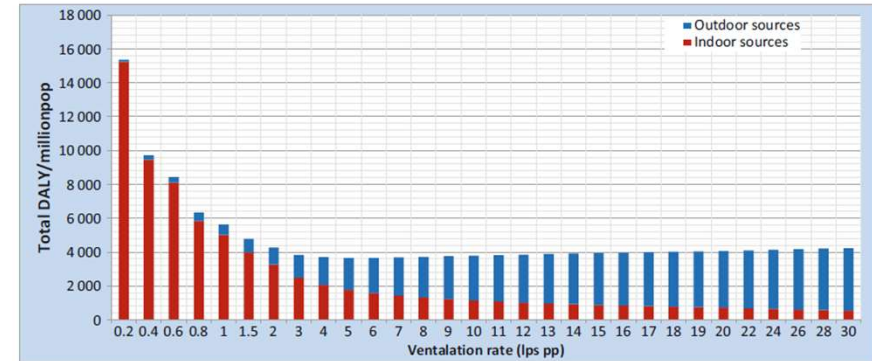


Fig. 9 Burden of diseases due to indoor air exposures as function of modified ventilation level. At low ventilation rates the indoor source contribution peak; as ventilation rate increases the indoor emissions are effectively diluted and the infiltration of ambient air pollution gradually increases (Hänninen and Asikainen 2013)

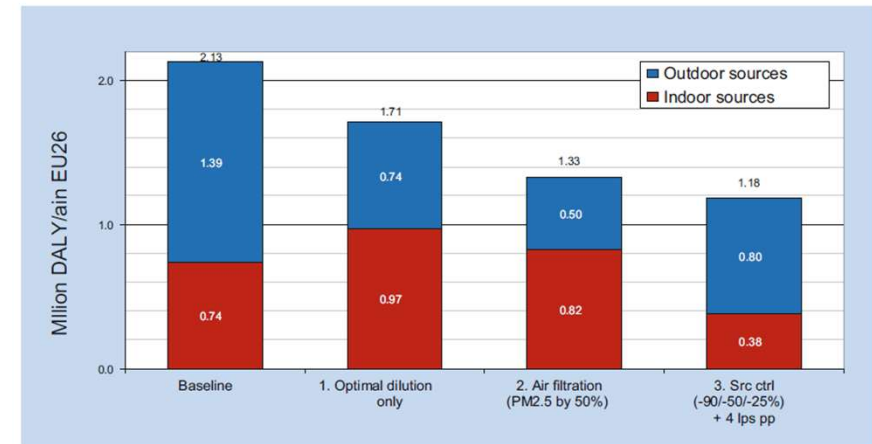


Fig. 10 Baseline burden was compared with three alternative reduction scenarios (Hänninen and Asikainen 2013; Carrer et al. 2018)



Ilmanvaihdon optimointi (HealthVent)

- Vaikuttaa kustannustehokkaalta tavalta pienentää PM altistuksen terveysvaikutuksia
- HealthVent suositukset (Carrer ym. 2018):
 - WHO:n määrittelemiä ilmanlaatuohjeita ulkoilmasta käytetään vertailukohtana määritettäessä sisäilman epäpuhtauksien sallittuja tasoja.
 - Lähteiden hallinnan tulisi olla ensisijainen strategia sisäilma-altistuksen hallinnassa.
 - Ilmanvaihto on täydentävä strategia rakennusten sisäilman laadun parantamiseksi.
 - Ehdotetaan, että perusilmanvaihto asetetaan 4 l/s henkilöä kohti; korkeampaa ilmanvaihtoa tulisi käyttää vain, jos WHO:n ohjeita ei noudateta.
- **Huom. infektioriskiä ei ole välttämättä huomioitu kattavasti, WHO (2021) suosittaa 10 l/s henkilöä kohti COVID-19 kontekstissa**
- **Vaikutukset tuottavuuteen / oppimiseen?**



Radon kustannus– hyötyanalyysi Tanskan pientaloissa

Petersen, M.L. and Larsen, T., 2006.
Cost–benefit analyses of radon
mitigation projects. *Journal of
environmental management*, 81(1),
pp.19-26.

Tanskan rakennusmääräykset:

- 200–400 Bq/m³ → yksinkertaiset korjaustoimet
- 400 Bq/m³ → tehokkaammat toimet
- 4,6 % asunnoista ylittää viitearvon
- Keskimääräinen pitoisuus: 57,7 Bq/m³

- **Tavoite:** arvioida valtiollisen radon-torjunnan kustannus–hyötyä
- **Tulokset:**
 - Noin **300 kuolemaa/vuosi** johtuu radonista
 - Toimilla estettäisiin **alle 30 kuolemaa/vuosi**
 - Kustannukset ylittävät terveyshyödyt **62 miljoonalla eurolla** (6 % korko)
- **Johtopäätös:** ei ole taloudellisesti kannattavaa vähentää radonia nykyisillä kustannus- ja arvo-oletuksilla
- **Herkkyysanalyysin mukaan johtopäätös muuttuu, jos**
 - korkokanta $\leq 4,3 \%$,
 - kuoleman eston arvo $\geq 2,54$ milj. €, tai
 - korjauskustannukset pienenevät



Radonin torjunta Kanadassa

Gaskin, J., Coyle, D., Whyte, J., Birkett, N. and Krewksi, D., 2019. A cost effectiveness analysis of interventions to reduce residential radon exposure in Canada. *Journal of environmental management*, 247, pp.449-461.

- **Tavoite: Arvioida kustannustehokkuus Kanadan väestölle (2012)**
- 16 toimenpideskenaariota: olemassa olevissa asuinrakennuksissa verrattu rakentamisvaiheessa tehtäviin ehkäiseviin toimiin
- Life-table -analyysi käyttäen viimeisimpiä kanadalaisia radon-tutkimuksia sekä Kanadan kuolleisuus- ja elämänlaatatietoja, 1,5% diskonttaus
- **Tulosten perusteella radonin vähentäminen uudisrakentamisessa on kustannustehokasta kaikkialla Kanadassa**
- **Radonin vähentäminen olemassa olevissa asunnoissa on kustannustehokasta korkean radonin alueilla.**
- vastaava tilanne Suomessa?



Kodin ilmanvaihto ja radon Englannissa Mallinnus- tutkimus

Milner, J., Shrubsole, C., Das, P., Jones, B., Ridley, I., Chalabi, Z., Hamilton, I., Armstrong, B., Davies, M. and Wilkinson, P., 2014. Home energy efficiency and radon related risk of lung cancer: modelling study. *Bmj*, 348.

Tavoite: Tutkia kodin ilmanvaihdon vähentämisen vaikutusta radonin aiheuttamiin keuhkosityöpäkuolemiin, johtuen energiansäästötoimiin kotitalouksissa

- Hallitsemattoman ilmanvaihdon vähentäminen ohjeiden mukaisesti -> lisääntynyt ilmatiiveys ilman kompensoivaa ilmanvaihtoa -> radon +56,6 % (21,2 Bq/m³ → 33,2 Bq/m³)
- 4700 menetettyä elinvuotta/vuosi
- **Suurin osa asunnoista alle kustannustehokkaan radonkorjauksen kynnyksen, vaihtoehdoiksi jää**
- Poistoilmanvaihdon lisääminen, joka voi vähentää kuormaa, mutta heikentää energiansäästöä
- Kokonaan koneellinen ilmanvaihto lämmöntalteenotolla → alentaa radonia ja ylläpitää energiatehokkuutta
- **Energiansäästön terveys- ja ympäristöhyödyt on tasapainotettava sisäilman laadun kanssa**

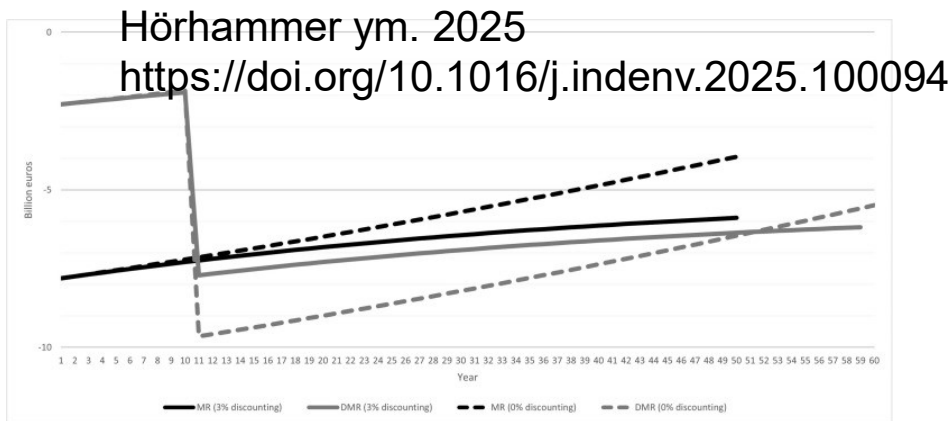


Asuin- rakennusten kosteus- vaurioiden korjaaminen Suomessa – kustannukset ja hyödyt

- Ympäristöä säästävät ja terveyttä edistävät rakennukset muuttuvassa ilmastossa: kustannusten ja hyötyjen vertailu (BALANCE)
- Yhteistyössä Helsingin, Tampereen ja Oulun yliopistot & THL
- Suomen Akatemia



Balance

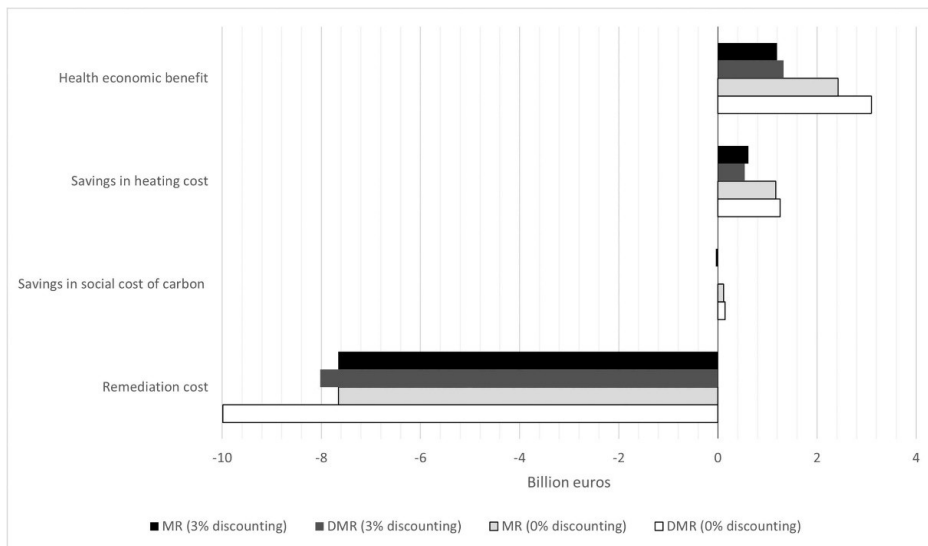


Kuva 1. Välittömän (MR) ja viivästyneen (DMR) korjaamisen kustannushyötyjen kertyminen rakennuskannassa

- Balance-tutkimuksessa kehitettiin integroitu lähestymistapa kestävien korjausratkaisujen tunnistamiseen.
- Tutkimuksessa vertailtiin kahta korjausstrategiaa ulkoseinien kosteusvaurioiden korjaamiseksi:
 - MR: Välitön korjaaminen nykymääräysten mukaiseksi (energiatehokkailla materiaaleilla) €7,7 miljardia
 - DMR: välitön ilmatiiveyden parantaminen tiivistämällä -> 10 v viivästynyt korjaaminen €8,0 miljardia
- Hyödyt
 - Terveys: 1,2 miljardia euroa (molemmat)
 - Lämmitys: 0,6 miljardia euroa (MR)
- Nettohyöty
 - MR: -5,9 miljardia euroa
 - DMR: -6,4 miljardia euroa



Balance




Kuva 2. Välittömän (MR) ja viivästyneen (DMR) korjaamisen kustannukset ja hyödyt Suomen rakennuskannassa.

- Hyödyt eivät kompensoi korjauskustannuksia 50 v. tarkastelujaksolla
- Ilmastovaikutus vähäinen molemmilla vaihtoehdoilla
- Herkkyystarkastelut suhteessa korjauskustannuksiin: ± 20 prosentin muutos korjauskustannuksissa muutti nettohyötyä lähes €5bn.
- Huom. rakennuksen arvon muuttumista ei arvioitu



Millä korjausten onnistumista mitataan?



Indoor Environments
Volume 2, Issue 3, September 2025, 100116

Long-term impacts of energy retrofits on indoor air quality and climate – Follow-up results of a sample of Finnish apartment buildings

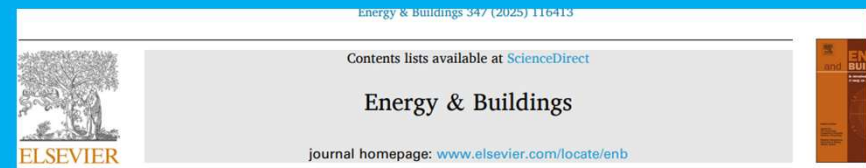
Virpi Leivo ^a ✉, Minna Kempe ^{b c}, Ulla Haverinen-Shaughnessy ^{a b c}

^a Tampere University, Faculty of Built Environment, Finland
^b Oulu University, Faculty of Technology, Civil Engineering Research Unit, Finland
^c National Institute for Health and Welfare, Environmental Health Department, Kuopio, Finland

<https://doi.org/10.1016/j.indenv.2025.100116>

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116413>

- Esimerkkinä energiaparannusten pitkänajan vaikutukset osana Balance-tutkimusta
- Energiaparannusten vaikutuksia sisäympäristön laatuun ja asukkaiden tyytyväisyyteen tutkittiin 5-10 vuotta tehtyjen remonttien jälkeen
- Lisäeristyksen vaikutuksia simuloitiin esimerkkikohteessa



Energy & Buildings 347 (2025) 116413

Contents lists available at ScienceDirect

Energy & Buildings

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enb

Impacts of building energy retrofits on energy consumption, indoor environment, and hygrothermal performance in future climate scenarios

Santeri Schroderus ^{a*}, Pentti Kuurola ^a, Minna Kempe ^a, Filip Fedorik ^a, Virpi Leivo ^b, Ulla Haverinen-Shaughnessy ^{a,b}

^a University of Oulu 90014 Oulu, Finland
^b University of Tampere 33014 Tampere, Finland



Tausta

- n. 75% suomen rakennuskannasta rakennettu ennen vuotta 1990 ¹
- n. 90% nykyisistä rakennuksista vielä käytössä 2050 ².
- Rakennusten energiakorjaukset ovat käytännöllisin tapa pienentää rakennusten energiankäyttöä ja siihen liittyviä CO₂-päästöjä ².

Uudistettu energiatehokkuusdirektiivi

- Kiristyneet energiasäästötavoitteet
- Energiatehokkuutta parannettaessa huomioitava terveelliset sisäolosuhteet

¹F. Filippidou, J.P. Jim´enez-Navarro, Achieving the cost-effective energy transformation of Europe’s buildings (2019). <https://dx.doi.org/10.2760/278207>.

²European Commission, A renovation wave for Europe: Greening our buildings, creating jobs, improving lives (COM(2020) 662 final). Brussels, Belgium, (2020). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0662>.

³Statistics Finland, Energy statistics yearbook 2024. https://pxhopea2.stat.fi/sahko iset_julkaisut/energia2024/html/suom001



Energiaparannusten lyhyen aikavälin vaikutukset

- Energiaparannusten vaikutusta sisäilmaston laatuun tutkittu aikaisemmin Suomessa mm. INSULAtE-projektissa⁴
 - 45 asuinkerrostalokohdetta (240 asuntoa)
 - 1960–1980 valmistuneita asuinkerrostaloja
 - vaikutukset **energiankulutukseen**
 - **mitattu ja asukkaiden kokema** sisäympäristön laatu ennen remontteja ja 1. vuosi niiden jälkeen
- => asukkaiden tyytyväisyys asuntoon kasvoi, lämpöviihtyvyys parani, lämmitysenergiankulutus pieneni ka. 24%⁴

⁴Du, V. Leivo, D. Martuzevicius, T. Prasauskas, M. Turunen, U. HaverinenShaughnessy, INSULAtE-project results: improving energy efficiency of multifamily buildings, indoor environmental quality and occupant health, (2016), <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-772-5>.



Pitkänajan seurantatutkimus

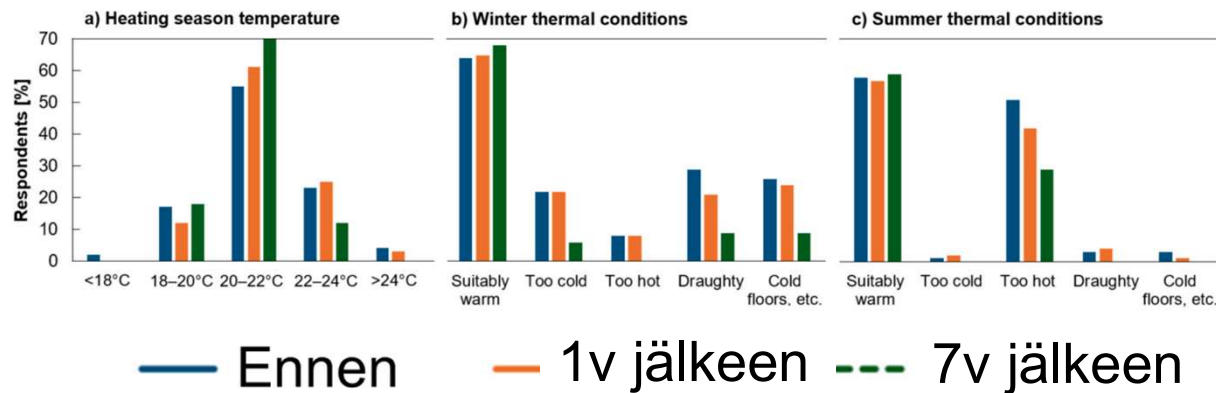
- Tutkimukset tehtiin alkuperäisen INSULAtE protokollan mukaisesti 47 asunnossa 5-10 (k-a 7) vuotta remonttien jälkeen
- **Asukkaiden täyttämä asumisterveyskysely**
- 49 kysymystä liittyen rakennukseen ja asuinympäristöön:
- Fyysiset, biologiset ja kemialliset olosuhteet
- Hygienia, asukkaiden käyttäytyminen
- Terveys ja hyvinvointi
- **Mittaukset asunnoissa (mh, oh)**
- Sisäilman T, RH, CO₂-pitoisuus, paine-ero (radon)
- Miran DLS olosuhdevalvontajärjestelmä



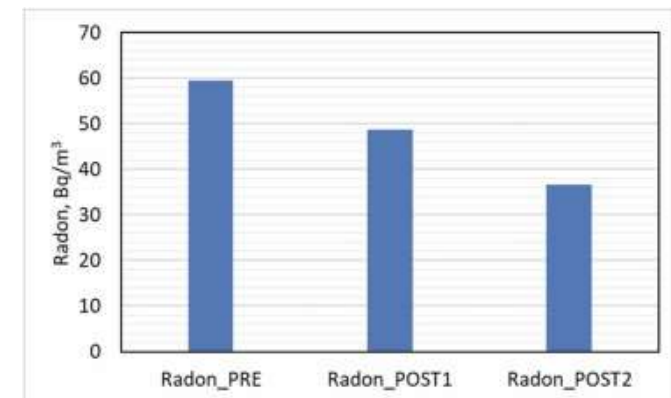


Pitkänajan seurannan tuloksia

- Asuntoon ja sisäilmaan tyytyväisten osuudet nousivat
- Lämpöviihtyvyys parani sekä kyselytutkimusten että mittausten perusteella
- Vedon tunteesta, kylmistä pinnoista, kosteuden kondensoitumisesta ikkunoihin raportoivien osuudet pienenevät
- => energiaparannuksilla ollut myönteinen vaikutus sisäympäristön laatuun ja tämä kehitys on jatkunut myös pitkällä aikavälillä



HUOM: Radon-pitoisuudet

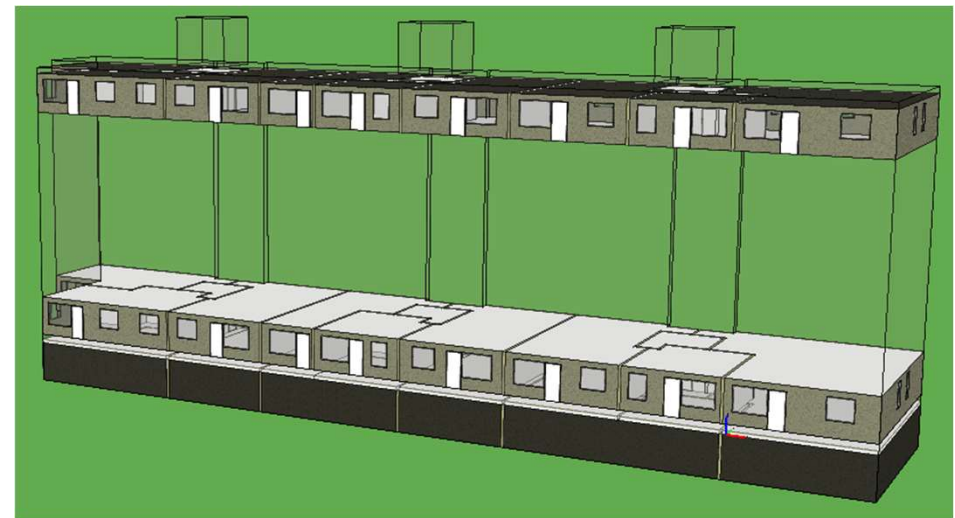




Simuloitu energiankulutus

- IDA ICE (IDA Indoor Climate and Energy) -monivyöhyke simulointiohjelma
- Validoitiin monitoroituun ostoenergiankulutukseen
 - RCP8.5 2050 ja 2080 ilmastoskenaariot
 - Lisäeristysten vaikutukset:
 - BSE ja yläpohja eri eristepaksuuksilla

4,117 m², 54 asuntoa





Tyypikerrostalon energiaparannukset

Energiaparannus:

Uudet ikkunat

Ennen
 $U = 2.1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g=0.55$

Jälkeen
 $U = 1.0$, $g=0.55$

Uudet ulko-ovet

Ennen
 $U = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Jälkeen
 $U = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$

*Sisäpuolinen lisäeristys (50, 100, 150 mm)**

Ennen
 $U = 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Jälkeen
 $U = 0.25, 0.18 \text{ \& } 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

*Ulkopuolinen lisäeristys (100, 150 mm)**

Ennen
 $U = 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Jälkeen
 $U = 0.18 \text{ \& } 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Poistoilmalämpöpumppu

Ennen
–

Jälkeen
60 kW, SCOP 3.6

Aurinkokeräimet katolla

Ennen
–

Jälkeen
10 m², etelään suunnattuna 60°

Keskuslämmitys

Ennen
–

Jälkeen
Energiehokkaampi

Ilmanvaihtokone

Ennen
Ei lämmöntalteenottoa

Jälkeen
Poistoilman lämmön talteenotto

LED-valaistus portaikkoon liiketunnistimella

Ennen
–

Jälkeen
Kyllä

Ilmatiiviys [h⁻¹]

Ennen
1.9

Jälkeen
0.9

Ilmanvaihtuvuus [1/h]

Ennen
0.45

Jälkeen
0.42

Ilmavirta [dm³/s·m²]

Ennen
0.31

Jälkeen
0.29



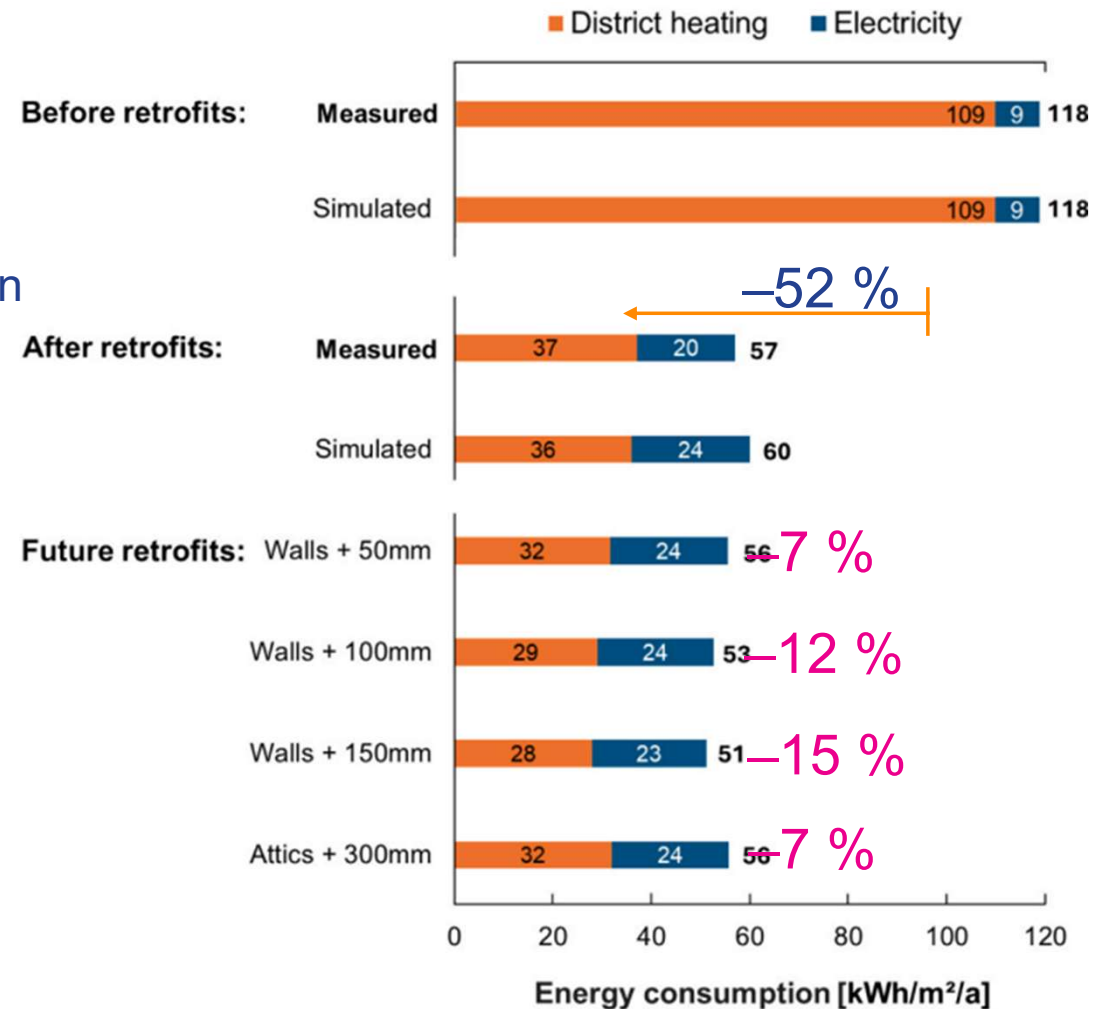
Tulokset

Energiakorjausten ansiosta:

- Kaukolämmön kulutus –66%
- Kokonaisostoenergian kulutus –52 %
- Parhaassa tapauksessa lisälämmöneristyksen takaisinmaksuaika 26 v.

Huom!

- Eristepaksuuden kasvattaminen ei lineaarisesti lisää energiasäästöjä
- Lämmitykseen kuluva energia tulee pienenemään, jäähdytykseen käytettävä energia kasvamaan projisoidussa tulevaisuuden ilmastossa
- Lisäeristyksen kosteusturvallisuus aina huomioitava

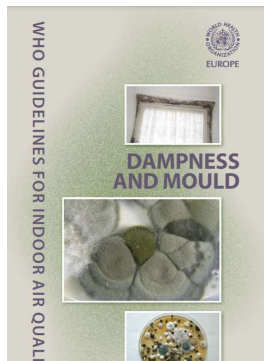




Voidaanko olettaa, että rakennusten
korjaaminen parantaa (kaikkien)
käyttäjien oireet?



Voidaanko (sisä)ympäristö- altisteen ja terveyshaitan välinen yhteys todentaa yksilötasolla?



28.10.2025

– Kotien kosteusvauriot

Taulukko 7. Kotien kosteusvaurioiden terveysvaikutusten arviointi.

	V a i k u t u s		
	Astman ilmaantuvuus	Alahengitystie-oireet ^a	Ylähengitystie-oireet ^a
Altiste	Asunnon kosteusvaurio		
Altistuneita	15% [5-33] koko väestöstä, 800 tuhatta		
Annosvastefunktio	RR ^b 1,37 [1,23-1,53]	RR ^b 1,50 [1,38-1,86]	RR ^b 1,70 [1,44-2,00]
Väestösyysuus	5 %	7 %	10 %
Määrä/v	800 [170 – 2 200]	20 000 [5 000 - 70 000]	50 000 [10 000 - 130 000]
Elinaikainen lisäriski	^c 7 %	^c 3 %	^c 6 %

^aAla- ja ylähengitystieoireita päivittäin tai lähes päivittäin kärsiviä henkilöitä

^bSuhteellinen riski (RR) estimoitu käyttäen riskisuhdetta (OR)

^cAltisteperäisen haitan todennäköisyys.

“Sufficient epidemiological evidence is available from studies conducted in different countries and under different climatic conditions to show that the occupants of damp or mouldy buildings, both houses and public buildings, are at increased risk of respiratory symptoms, respiratory infections and exacerbation of asthma. Some evidence suggests increased risks of allergic rhinitis and asthma. Although few intervention studies were available, their results show that remediation of dampness can reduce adverse health outcomes.”



Tarvittava otoskoko tilastollisesti merkitsevän yhteyden osoittamiseksi

Yksilötason tarkastelu ei ole mahdollista

RR 1,2-2,0

Table II. Sample size required for univariate logistic regression having an overall event proportion P and an odds ratio r at one standard deviation above the mean of the covariate when $\alpha=5$ per cent (one-tailed) and $1-\beta=80$ per cent

P	Odds ratio r															
	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.5	3.0
0.01	2334	4872	12580	56741	69359	18889	9076	5485	3751	2771	2158	1746	1453	1237	690	480
0.02	1199	2492	6421	28935	35367	9637	4635	2804	1921	1422	1110	900	751	642	367	267
0.03	821	1699	4368	19666	24037	6554	3155	1911	1311	972	760	618	517	444	260	196
0.04	632	1302	3342	15031	18371	5012	2414	1464	1006	747	585	477	401	344	206	160
0.05	518	1064	2726	12251	14972	4086	1970	1196	823	612	481	392	330	285	174	139
0.06	443	905	2315	10397	12706	3470	1674	1018	701	522	411	336	284	245	152	125
0.07	389	792	2022	9073	11087	3029	1463	890	614	458	361	296	250	217	137	115
0.08	348	707	1802	8080	9873	2699	1304	794	548	410	323	266	225	196	125	107
0.09	317	641	1631	7307	8929	2442	1181	720	497	372	294	242	206	179	116	101
0.10	291	588	1494	6689	8174	2236	1082	660	457	342	271	223	190	166	109	96
0.12	254	509	1289	5762	7041	1928	934	571	396	297	236	195	167	146	98	89
0.14	227	452	1142	5100	6231	1708	828	507	352	265	211	175	150	132	91	84
0.16	206	410	1032	4604	5624	1542	749	459	320	241	192	160	137	121	85	80
0.18	191	377	947	4218	5152	1414	687	422	294	222	178	148	128	113	80	77
0.20	178	350	878	3909	4774	1311	638	392	274	207	166	139	120	106	77	75
0.25	155	303	755	3352	4095	1126	549	339	237	180	145	122	106	94	70	71
0.30	140	271	673	2982	3641	1003	490	303	213	162	131	111	96	86	66	68
0.35	129	248	614	2717	3318	915	448	277	195	149	121	103	90	81	63	66
0.40	121	231	570	2518	3075	848	416	258	182	140	114	96	85	76	61	64
0.45	115	218	536	2364	2886	797	391	243	172	132	108	92	81	73	59	63
0.50	110	207	509	2240	2735	756	372	231	164	126	103	88	78	70	57	62

Note: To obtain sample sizes for multiple logistic regression, divide the number from the table by a factor of $1 - \rho^2$, where ρ is the multiple correlation coefficient relating the specific covariate to the remaining covariates.

F. Y. HSIEH. SAMPLE SIZE TABLES FOR LOGISTIC REGRESSION STATISTICS IN MEDICINE, VOL. 8, 795-802 (1989)



Asumisterveydestä

- Esimerkki oiremallinnuksesta (Turunen ym.)
- Alahegitystieoireita esiintyi 10-11% vastanneista
- Oireita selittävässä mallissa >10 muuttujaa (kaikki oireita merkitsevästi selittävät muuttujat)
 - ml. homeen haju

Table 2.4. GEE model for daily/weekly lower respiratory symptoms

	All respondents*			Children 0-17 years old		
	OR	95% CI	P	OR	95% CI	P
Occupational group						
<i>Executive superior official vs. Official/employer</i>	1.347	0.770 - 2.358	0.297	1.738	0.548 - 5.518	0.348
<i>Self-employed person vs. Official/employer</i>	1.020	0.510 - 2.040	0.954	2.399	0.796 - 7.228	0.120
<i>Student vs. Official/employer</i>	0.785	0.350 - 1.763	0.558	1.058	0.130 - 8.602	0.958
<i>Retired / not in the workforce vs. Official/employer</i>	1.952	1.377 - 2.770	<0.001	6.760	2.140 - 21.349	0.001
Use of pesticides in the dwelling (Yes vs. No)	1.931	1.344 - 2.770	<0.001	1.634	0.753 - 3.543	0.214
Mold odor in the dwelling (Yes vs. No)	4.349	1.685 - 11.223	0.002	31.944	3.004 - 339.339	0.004
Unpleasant odors in the dwelling (Yes vs. No)	1.517	1.105 - 2.083	0.010	1.600	0.715 - 3.582	0.253
Noise from the yard (Daily vs. More seldom)	2.654	1.183 - 5.954	0.018	3.995	0.640 - 24.928	0.138
Education						
<i>Primary/comprehensive/middle school vs. High school</i>	2.675	1.338 - 5.349	0.005	4.019	0.321 - 50.350	0.281
<i>Primary/comprehensive/middle</i>	1.735	1.162 - 2.591	0.007	2.153	0.750 - 6.178	0.154



Mallin perusteella ennustetut oireilevat

Model	% Correc t	% True positive^c	% True negative^d	% False positive^e	% False negative^f	Sig.^g
General symptoms^{a, b}	75	22	93	7	78	0.000
Eye symptoms^{a, b}	84	4	99	1	96	0.000
Upper respiratory tract symptoms^{a, b}	84	7	99	1	93	0.000
Lower respiratory tract symptoms^{a, b}	89	9	99	1	91	0.000
Respiratory tract infections within the last 12 months^b	78	14	96	4	86	0.000
Skin symptoms^{a, b}	86	6	99	1	94	0.000



Yhteenvetoa keskustelua varten

- Ilman epäpuhtaudet on edelleen suurin ympäristö- ja sisäilman terveysriski Euroopassa ja Suomessa (PM, radon, kosteusvauriot)
- Uusi tutkimus paljastaa terveysvaikutuksia alhaisemmilla tasoilla (<= WHO AQ GL 2021)
- Ulkoilman laatu paranee jatkuvasti, mutta Suomesta puuttuu tällä hetkellä näyttöä sisäilman vastaavasta kehityksestä
- Vuosittainen rahallinen kustannus Suomessa jopa 40 miljardia euroa!
- Varovaisemmat rahalliset kustannusarviot voisivat olla 1-4 miljardia
- Vrt. korjausrakentamisen kokonaisarvo noin 9,4 miljardia euroa
- **Korjausten mahdollisia terveyshyötyjä ei yleensä huomioitu**
- Antaa lisäarvoa korjaamiselle, jonka pääasiallinen tarkoitus on rakennuskannan ylläpito / arvon säilyttäminen
- Integroitu lähestymistapa auttaa kohdentamaan korjauksia ja vertailemaan korjaustapoja



Johtopäätökset

Talous sujuu hyvin, kun ihmiset ovat terveitä

Onko rakennusten korjaaminen terveellisiksi kannattavaa rakennusten käyttäjien, omistajien ja kansantalouden näkökulmista?

- Terveellinen ja kestävä korjaaminen antaa lisäarvoa, voi lyhentää takaisinmaksuaikaa

Millä korjausten onnistumista mitataan?

- Mitatut olosuhteet ja tekijät, asukastyytyväisyys
- Rahalla vai muilla arvoilla (terveys, hyvinvointi, oikeus / tasa-arvon toteutumiseen)?

Voidaanko olettaa, että rakennusten korjaaminen parantaa (kaikkien) käyttäjien oireet?

- EI
- Rakennuskohtaisessa tarkastelussa ei pitäisi tarkastella oireilua/sairastelua vaan olosuhteita ja tekijöitä
- Tarvitaan yhteistä sopimista (mm. hyväksyttävät olosuhteet) ja tiedolla johtamista
- Poliittikkaa ja määräyksiä on sovellettava talouden, terveyden ja eettisten arvojen välisen tasapainon ylläpitämiseksi



Kiitokset

Tutkimusryhmä

[Hyvä sisäilma ja rakennusterveys |
Oulun yliopisto](#)

Yhteistyökumppanit

Rahoittajat (Suomen
Akatemia, Business
Finland, EU, Pohjois-
Pohjanmaan liitto)

www.rakennusterveys.net





Rakennusterveys- seminaari 2026



Lisätietoja

www.rakennusterveys.net
rakennusterveys@oulu.fi

Merkitse kalenteriisi!

Rakennusterveysseminaari

6.-8.10.2026

Radisson Blu, Oulu

Näkökulmia sisäilma- ja rakennusterveyskysymyksiin

Huippuasiantuntijoiden puheenvuoroja mm. terveyden edistämisestä, rakennusten ja peruskorjausten suunnittelusta, sisäolosuhteiden toimivuudesta, sekä asiantuntijuuden kehittämisestä.

6.10. Vastaanotto

7.10. Seminaari ja illallinen

8.10. Ekskursiot

Terveellinen ja kestävä rakennus -kilpailu