

TIIVEYSKORJAUS



TIIVIS RAKENNUS ON ENERGIATEHOKAS JA VIIHTYISÄ

Uudet rakennukset rakennetaan erittäin ilmatiiviksi. Ilmatiiveyden edut on ymmärretty vasta vähän aikaa sitten, joten vanhat rakennukset eivät yleensä ole kovin tiiviitä. Hyvä ilmatiiveys vähentää lämmityskustannuksia ja yhdistettynä hyvään ilmanvaihtoon parantaa sisäilman laatua.

Tiivistämisellä poistetaan hallitsemattomien ilmavuotojen aiheuttamat kylmä- ja veto-ongelmat, sekä parannetaan sisäilman lämpöoloja. **Vedottomassa rakennuksessa voidaan lämpötila pitää matalampana asumisviihtyvyydestä ja -terveydestä tinkimättä.**

Kun rakennus ei ole tiivis, poistuu vuotokohdista energiaa hukkaan. Lämpimän ilman mukana rakenteisiin pääsee kosteutta, joka luonnollisesti lisää rakennuksen kosteusvaurioriskiä. Toisaalta taas vuotokohdista voi tulla epäpuhdasta, pölyistä ja liikaista ilmaa sisätiloihin, ja tämä vaarantaa sisäilman hyvän laadun ja ilmanvaihdon toiminnan.

- ✓ *Rakenteiden liittymät ovat merkittävimmät ilmavuotokohdat.*
- ✓ *Ikkunoiden ja ovien liittymät ovat helppo kohta tiivistää.*
- ✓ *Tiiveysmittaus on helppo ja kohtuullisen edullinen toimenpide. Tiiveysmittauksen yhteydessä kannattaa aina suorittaa myös lämpökuvauus.*
- ✓ *Yhdistetyn tiiveysmittauksen ja lämpökuvauksen perusteella epätiivit kohdat voidaan paikallistaa helposti.*

Vanhan rakennuksen lämmitysenergiasta jopa 25 % poistuu vuotoilman mukana.

KUINKA TIIVIITÄ TALOT OVAT?

Pientalojen tyypillisiä ilmanvuotolukuja eri vuosikymmenillä	
Rakennusvuosi	Ilmanvuotoluku [1/h]
1950-luku	12
1960-luku	10
1970-luku	8
1980-luku	6
1990-luku	4
2000-luku	4
2010-luku	2

Ilmanvuotoluku on tekninen mittausarvo, joka kuvaa koko talon tiiviyyttä. Mitä pienempi ilmanvuotoluku on, sitä tiiviimpi talo on. Nykyisten rakennusmääräysten mukaan ilmanvuotoluku 4 vastaa tyydyttävää tasoa.

RAKENNUKSEN TIIVEYDEN MITTAUS

Rakennuksen tiiveys voidaan määrittää asiantuntijan tekemien mittausten avulla. Mittauksessa käytetään tiiveysmittauskalustoa ja samalla kannattaa ehdottomasti käyttää lämpökameraa vuotokohtien paikantamisessa.

Ennen tiiveysmittausta tiivistetään umpeen kaikki rakennuksen ilmankulkureitit: tuuletuskanavat, liesituulettimet, takka ym. teipataan ja/tai muovitetaan umpeen.

Tiiveysluku määritetään puhaltamalla laitteistolla rakennuksen sisä- ja ulkoilman välille vuorotellen 50 Pa ali- tai ylipaine. Tämän paine-eron aikaansaamiseksi tarvittava ilmamäärä mitataan.

Ilmanvuotoluvulla ilmoitetaan laskennallisesti, kuinka paljon 50 Pa paine-eroa ylläpidettäessä kulkeutuu ilmaa rakennuksen läpi. Ilmanvuotoluku on mitattu ilmamäärä tunnin aikana jaettuna rakennuksen ilmatilavuudella. Tämä lukuarvo ilmoitetaan ilmanvuotolukuna n_{50} [1/h]. Ilmanvuotoluku on tekninen mitta-arvo, joka kuvaa koko talon tiiveyttä. Todellisena ilmanvuotomääränä, normaalin paine-eron vallitessa, voidaan laskennallisesti käyttää 1/25 osaa ilmanvuotoluvusta.

Tiiveysmittauksen yhteydessä voidaan lämpökameralla paikantaa ilmanvuotokohdat ja kylmäsilat. Ilmanvuotokohdissa ja kylmäsiltojen kohdalla rakenteiden sisäpinnat viilenevät ja näkyvät lämpökamerassa selvästi.



Tiiveysmittauslaitteisto

ILMATIIVEYSLUKU

$N_{50} - Q_{50}$

Uusien rakentamismääräyksiä (2012) myötä ilmanvuotoluvun esittämisessä siirryttiin n_{50} -luvun käytöstä q_{50} -luvun käyttöön.

Aiemmin käytössä ollut n_{50} luku ilmoitti 50 Pascalin alipaineessa rakenteiden läpi virtaavan vuotoilmamäärän suhteutettuna **rakennuksen ilmatilavuuteen** yhden tunnin aikana [1/h].

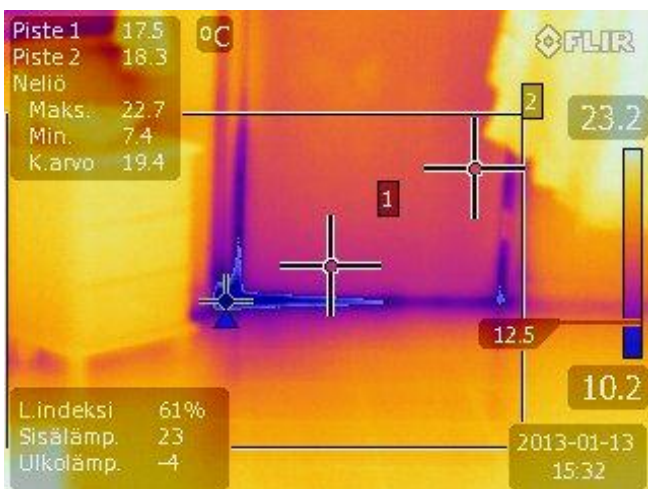
Nyt käyttöön otettu q_{50} -luku taas kertoo 50 Pascalin alipaineessa rakenteiden läpi virtaavan vuotoilmamäärän suhteutettuna **rakennuksen vaipan pinta-alaan** yhden tunnin aikana [$m^3/(h m^2)$].

Pientalon kohdalla muutos yksiköstä toiseen ei aiheuta merkittävää muutosta itse ilmatiiveyslukuun. Suuremmissa kohteissa kuten kerrostaloissa muutos taas on huomattavampi.

Itse tiiveysmittaus suoritetaan täysin samoin, tahdottiin tulokseksi n_{50} - tai q_{50} -luku.

Ilmatiiveysluvun arviointi:

Passiivitalo	< 0,6
Erinomainen	< 1,0
Normaali	n. 3,0
Heikko	n. 8,0



Lämpökamera kuva oven tiivisteiden vuotokohdasta.

Esimerkki n_{50} - ja q_{50} -lukujen eroista

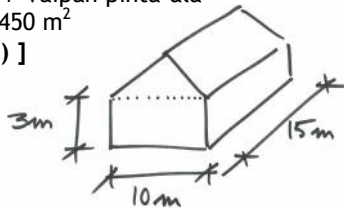
1-KERROKSIINEN PIENTALO

Rakennuksen pinta-ala: $15 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 150 \text{ m}^2$
 Rakennuksen sisäilmatilavuus = $15 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 450 \text{ m}^3$
 Vaipan pinta-ala
 $= 3 \text{ m} \cdot (2 \cdot 15 \text{ m} + 2 \cdot 10 \text{ m}) + 2 \cdot (15 \text{ m} \cdot 10 \text{ m})$
 $= 450 \text{ m}^2$

Mitattu vuotoilmamäärä = $1000 \text{ m}^3 / \text{h}$ (Paine-erolla 50 Pa)

$n_{50} = \text{Vuotoilmamäärä} / \text{Sisäilmatilavuus}$
 $n_{50} = (1000 \text{ m}^3 / \text{h}) / 450 \text{ m}^3$
 $n_{50} = 2,2 \text{ [1/h]}$

$q_{50} = \text{Vuotoilmamäärä} / \text{Vaipan pinta-ala}$
 $q_{50} = (1000 \text{ m}^3 / \text{h}) / 450 \text{ m}^2$
 $q_{50} = 2,2 \text{ [m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})]$



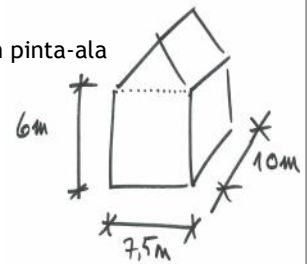
2-KERROKSIINEN PIENTALO

Rakennuksen pinta-ala: $2 \cdot (7,5 \text{ m} \cdot 10 \text{ m}) = 150 \text{ m}^2$
 Rakennuksen sisäilmatilavuus = $7,5 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} \cdot 6 \text{ m} = 450 \text{ m}^3$
 Vaipan pinta-ala
 $= 6 \text{ m} \cdot (2 \cdot 7,5 \text{ m} + 2 \cdot 10 \text{ m}) + 2 \cdot (7,5 \text{ m} \cdot 10 \text{ m})$
 $= 360 \text{ m}^2$

Mitattu vuotoilmamäärä = $1000 \text{ m}^3 / \text{h}$ (Paine-erolla 50 Pa)

$n_{50} = \text{Vuotoilmamäärä} / \text{Sisäilmatilavuus}$
 $n_{50} = (1000 \text{ m}^3 / \text{h}) / 450 \text{ m}^3$
 $n_{50} = 2,2 \text{ [1/h]}$

$q_{50} = \text{Vuotoilmamäärä} / \text{Vaipan pinta-ala}$
 $q_{50} = (1000 \text{ m}^3 / \text{h}) / 360 \text{ m}^2$
 $q_{50} = 2,8 \text{ [m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})]$



Pientaloilla ero n_{50} - ja q_{50} -lukujen välillä on pieni. Kuitenkin edellä lasketun esimerkin mukaisesti, ero arvojen välillä kasvaa, kun talo on 1½- tai 2-kerroksinen eli rakennuksen vaipan ala suhteessa ilmatilavuuteen pienenee. Tällöin lukujen ero voi olla myös huomattava. Aiemmin käytettyjä n_{50} -lukuja ei voi suoraan verrata q_{50} -lukuihin. Jos tiiveys on mitattu ja tiedetään esim. n_{50} -luku, voidaan myös q_{50} -luku laskea. Tiiveyttä ei siis tarvitse mitata uudestaan!

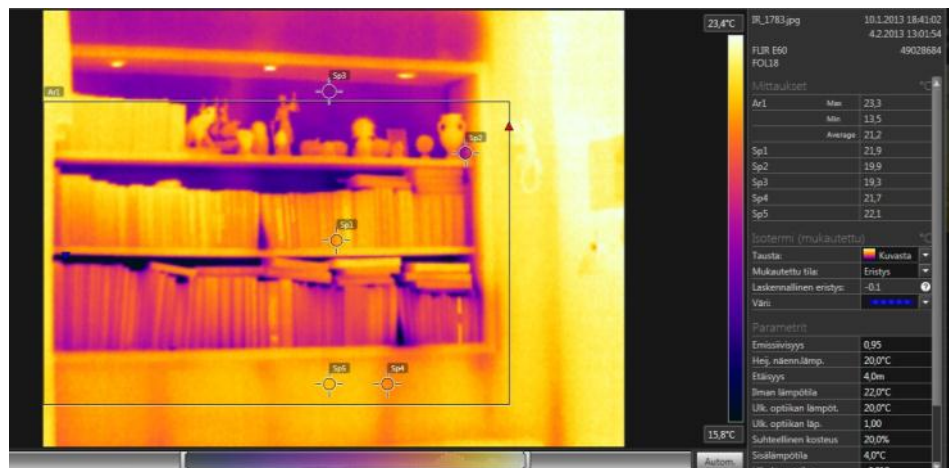
LÄMPÖKAMERAKUVIEN TULKINTA

Tiiveysmittausten avulla saadaan tulokseksi selkeä lukuarvo, ilmanvuotoluku, jota voidaan verrata taulukkoarvoihin. Tiiveyden tarkastelu lämpökamerakuvien avulla ei ole niin yksiselitteistä, vaan kuvien tulkitseminen vaatii taitoa ja kokemusta.

Lämpökamerakuvien kontrastia ja värimaailmaa voi säätää, minkä vuoksi samastakin kohdasta otetut kuvat voivat näyttää hyvin erilaisilta. Pienestä vuotokohdasta saadaan dramaattisen näköisen ja päinvastoin, pahakin vuoto voi näyttää kameran ruudulla mitättömältä mikäli kameran esittämä lämpötilan mittausalue on valittu huonosti.

Lämpökuvien tulkintaa liittyy kiinteästi myös lämpötilaindeksi, jonka avulla vaihtelevissa olosuhteissa saadut tulokset voidaan yhteismitallistaan verrattavaan muotoon. Lämpötilaindeksin laskemista varten tarvitaan tiedot pintalämpötilasta sekä sisä- ja ulkolämpötilasta kuvaushetkellä.

Lämpökuvaaajan ja kuvien tulkitsijan täytyykin olla ammattitaitoinen ja kokenut, jotta hän voi luotettavasti paikantaa rakennuksen kriittisimmät tiiveyspuutteet.



Rakennuksen tiiveyttä voidaan parantaa usealla eri tavalla:

ULKOSEINÄ

Ulkoseinän ja lattian liitos

Betonilattian valun jälkeen laatassa tapahtuu noin 0,5...1,0 % luonnollinen kutistuma. Tämän vuoksi lattian ja ulkoseinän liittymään muodostuu usean millimetrin ilmarako, jossa voi esiintyä ilmavuotoa. Ilmavuodon määrä riippuu paljon liittymärakenteesta: Arvioiden mukaan 5...50 % kaikesta vuotoilmamäärästä virtaa lattian ja ulkoseinän liittymän kautta.

Ulkoseinän ja lattian liitoksen ilmavuoto heikentää energiatehokkuuden lisäksi asumisviihtyvyyttä, sillä kylmä ilma jäähdyyttää lattian.

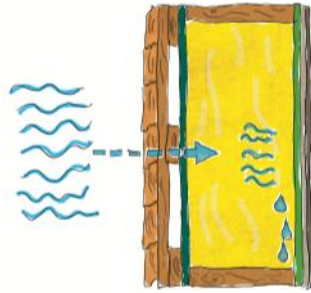
Ulkoseinän ja välipohjan liitos

1½- ja 2-kerroksisissa pientaloissa välipohjan kohdalla ulkoseinän höyrinsulun ja välipohjan kantavien rakenteiden liittymät on vaikea saada tiiviiksi. Useimmiten tähän asiaan ei ole kiinnitetty ollenkaan huomiota olemassa olevissa rakennuksissa.

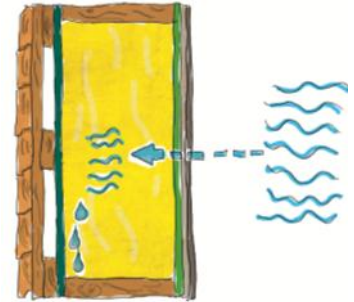
Ulkoseinän nurkkaliittymät

Ulkoseinien nurkissa höyrinsulun limittäminen kahdelta viereiseltä seinältä voi aiheuttaa haasteita. Ulkoseinän nurkkaliittymissä lattiarajan ilmavuoto on yleisin ongelmakohta.

Ulkoseinän ilmavuotokohtat paikannetaan ja korjataan tiivistämällä tai vaihtamalla/ asentamalla uusi ilmansulku-kerros.



Kosteina, kuumina kesäpäivinä ulkoilman kosteus voi pahimmillaan jopa tiivistyä höyrinsulun pinnalle.



Höyrinsulun rei'istä kosteus pääsee rakenteen sisään ja tiivistyy rakenteen kylmille pinnoille.

YLÄPOHJA

Yläpohjan höyrinsulku

Vanhojen talojen yläpohjan ilman- ja höyrinsulussa ja näiden liittymissä on usein puutteita.

Yläpohjan läpimenot

Yläpohjan läpimenot, sähkö-, putki- ja hormiliittymät ovat tyypillisiä ilmavuotokohtia.

Ulkoseinän ja yläpohjan liitos

Ulkoseinän ja yläpohjan liitos on aina ollut merkittävin yksittäinen rakenteiden liittymien ilmanvuotokohta. Arvioiden mukaan ulkoseinän ja yläpohjan liittymän kautta tapahtuu noin kolmasosa koko ilmavuotomäärästä.

Yläpohjan ja ulkoseinän liittymän ilmavuodon suunta riippuu ilmanvaihtojärjestelmästä. Vanhemmissa painovoimaisen ilmanvaihdon rakennuksissa vuotoilma kulkee rakennuksen yläosissa usein sisältä ulospäin. Koneellisessa poistoilmavaihdossa suunta voi olla myös ulkoa sisälle päin.

Yläpohjan ilmavuotoja voi paikantaa alipainetilanteessa tehdyn lämpökamerakuvauksen avulla.

IKKUNAT JA OVET

Ikkuna- ja oviliittymien kautta arvioidaan vuotavan noin kolmasosa kaikesta ilmavuotomäärästä.

Ikkunoiden ja ovien tiivisteet

Tiivisteet menettävät joustavuuttaan vuosien kuluessa. Vanhat tiivisteet kannattaa vaihtaa uusiin.

Ikkunoiden ja ovien liittymien ulkoseinään

Ulkoseinissä on yleensä tiivis höyrinsulkumuovi, joka on jouduttu leikkaamaan ikkuna- ja oviliittymien kohdalta. Nämä liittymäkohdat ovat usein epätiivisiä. Jälkitiivistystä voidaan tehdä erillisillä tiivistenauhoilla tai tiivistemassalla.

Vanhan rakennuksen lämmitysenergiasta 25 % poistuu ilman lämmön talteenottoa vuotoilman mukana.

Esimerkkejä tiiviyn parantamiseen



Vesieriste on samalla rakenteen tiivistävä kerros, toista tiivistä kerrosta ja höyrynsulku ei saa silloin käyttää.

Vesieristetyn tilan tiiviys

Märkätilojen kohdalla ulkovai-passa EI saa olla erillistä höyrynsulkukerrosta, sillä kahden tiiviin kerroksen väliin jäävät materiaalit ovat erittäin vaurioherkkiä.

Yhtenäinen vesieristekerros toimii yleensä myös hyvin tiivistävänä kerroksena, mutta kriittisiä kohtia ovat tällaisen tilan liittymät muihin asuintiloihin. Erityisesti on varmistuttava siitä, että märkätilan vesieriste liittyy tiiviisti ympäröivien tilojen ja pintojen höyrynsulkukerroksiin.

Yleensä höyrynsulun ja vesieristeen liitoskohdat vaativat ammattitaitoista detaljisuunnittelua jo märkätilojen rakentamisvaiheessa. Jälkikäteen korjaaminen on erittäin vaikeata.

Uuden tiiviin kerroksen asentaminen rakenteen sisäpuolelle

Vanha huonokuntoinen höyrynsulkukerros voidaan korvata uudella höyrynsulkumuovilla. On myös mahdollista käyttää ns. höyrynsulkulevyä, jolloin sama materiaali toimii sekä lämmöneristeenä että höyrynsulkuna. Yleisimmin käytetty on ohuehko alumiinipintainen polyuretaanilevy. Yleensä kannattaa käyttää enintään 30..50 mm paksua levyä jotta varmistutaan rakenteen toimivuudesta.

Suosittelavinta on vaihtaa toimimaton höyrynsulku, mutta mikäli vanha höyrynsulkukerros jätetään uuden rakenteen alle, tulee se rei'ittä.

Erityisen tärkeää on toteuttaa uuden höyrynsulkukerroksen liittyminen vanhoihin tiiviisiin kerroksiin todella huolellisesti. Esim. liittymä yläpohjan höyrynsulkuun.

Alapuolelta eristetyn betonilaatta –alapohjan tiivistäminen

Vuotokohdat ovat usein ulkoseinän / perustuksen ja lattia-laatan liitoskohdassa. Tämän voi tiivistää esim. polyuretaanivaahdolla ja tiivistysmassalla. Yli sormen levyinen rako kannattaa täyttää polyuretaanivaahdolla, tämän päälle liimatiivistemassa ja tarvittaessa vielä teippi tai siveltävä vesieriste. Vesieristeellä voidaan tiivistää myös betonilaatan halkeamia.

Huomioi, että betonipinta kannattaa primeroida, jotta vaahto, massa tai teippi tarttuu siihen kunnolla.

Rossipohja-rakenteen tiiveys

Rossipohjan tiivistämisessä käytetään samoja menetelmiä kuin puurakenteisen ulkoseinän tiivistämisessä.

Muista varmistua alapohjan riittävästä tuulettumisesta!



Rossipohjan kokonaan uusittu tuulensuojalevy

Esimerkkejä tiiviyn parantamiseen



Hyvän ikkunan tiiveys voidaan pilata huonolla asennuksella.

Tuulensuojakerroksen tiiveys

Julkisivun uusimisen yhteydessä kannattaa aina varmistaa tuulensuojakerroksen ilmatiheys. Joskus voi olla järkevää uusia koko tuulensuojakerros julkisivuremontin yhteydessä.

Paikallisesti tuulensuojamateriaalia voidaan korjata teippaamalla tai asentamalla ulkopinnalle vesihöyryä hyvin läpäisevä kalvo.



Jo asennusvaiheessa rikottu tuulensuojakalvo ja siitä aiheutuneen ilmapuodon jäljet eristeessä

Ikkunat, ovet

Ikkunoiden ja ovien tiivistyksestä lisätietoa Ikkuna- ja Ovikorteista.

Läpiviennit ja liitokset

Läpivientien ja liitosten tiiviyn parantamista kannattaa yleensä ensin yrittää erilaisilla tiivistysmassoilla, -vaahdoilla, liimamassoilla tai tarkoitusta varten valmistetuilla teipeillä. (Huom. Ilmastointiteippiä ei tule käyttää tiivistämiseen!)

Läpivientien tiivistämiseen on olemassa useita erilaisia kauluksia ja valmisosia, joiden käyttäminen korjauskohteissa voi kuitenkin olla vaikeaa tai jopa mahdotonta.

Tällainen kevyt korjaus voi onnistua helpoissa kohteissa, vakavampien ongelmien ratkaisemiseen vaaditaan laajempia toimia.



Hyvin toteutettu IV-putken tiivistys (yläpohjan puolelta).

Vanhan höyrynsulkerroksen korjaus

Selvitä käytetty höyrynsulkumateriaali ja sen kunto. Mikäli höyrynsulkumuovi on haurasta eikä kestä taittamista, tulee se uusia. Nykyaikaiset höyrynsulkumuovit ovat UV-suojansa ansiosta huomattavasti pidempi-ikäisiä kuin vanhat rakennusmuovit. Usein vanhat höyrynsulkukerrokset ovat toimimattomia. Ne on koottu esim. eristevillojen pakkausmuovien palasista, saumoja ei ole tiivistetty, kerrokset ovat vuotavia ja kokonaisuus huonosti toimiva.

Mikäli höyrynsulku on kuitenkin hyväkuntoinen ja materiaali korjaukseen sopivaa, voidaan paikallisia vuotokohtia ja reikiä paikata teippaamalla höyrynsulkuteipillä. Varmista teipin ja höyrynsulun yhteensopivuus valmistajalta.

Mikäli höyrynsulku- ja/tai tuulensuojakerroksena on tervapaperia, tulee korjaus suunnitella asiantuntijan kanssa.

IKKUNAT JA OVET

Seuraavassa taulukossa on huomioitu ilmapuodon vaikutus kokonaisenergiankulutukseen. Uudemmissa talossa vastaavan ilmapuodon aiheuttama energiankulutus on suurempi, sillä uusien talojen kokonaiskulutus on pienempi.

Ilmapuodon aiheuttama laskennallinen energian kulutus 1970-luvun pientalossa

Ilmanvuoto-luku [1/h]	Osuus koko rakennuksen lämmitys-energiasta [%]
12	18
10	15
6	9
5	8
4	6
3	5
2	3
1	2
0,6	1



Alkuperäinen vuotava höyrynsulkukerros (tervapaperi) on poistettu ja tilalle on asennettu alumiinipintainen polyuretaanilevy höyrynsulkulevyksi. Kuva on otettu ennen varsinaisen lämmöneristyskerroksen lisäämistä.

Ilmaston muuttuessa ennustetaan kosteiden, lämpimien kesäpäivien lisääntyvän. Mikäli rakennuksessa käytetään jäähdytystä, lisääntyy riski vesihöyryn tiivistymiselle rakenteen sisään (s. 4 kuva). Mikäli sisäilma on huomattavasti viileämpi kuin ulkoilma, myös höyrynsulku voi olla niin viileä, että ulkoilman kosteus tiivistyy siihen. Lämpöä hyvin eristävän höyrynsulkulevyn ulkopinta on paljon lämpimämpi kuin esim. höyrynsulkumuovin pinta, jolloin tiivistymisriski on pienempi.

TEKNISTEN KORTTIEN SARJA

Säästä kotia korjaamalla

Kortti 1 Energiakorjauksen etenemispolku	Kortti 2 Kunnonmääritys	Kortti 3 Laadunvarmistus	Kortti 4 Ikkunat
Kortti 5 Ulko-ovet	Kortti 6 Ulkoseinän lisälämmöneristys	Kortti 7 Yläpohjan lisälämmöneristys	Kortti 8 Alapohjan lisälämmöneristys
Kortti 9 Ilmativeys	Kortti 10 Ilmanvaihto	Kortti 11 Pellettilämmitys	Kortti 12 Kaukolämpö
Kortti 13 Geoenergia	Kortti 14 Sähkölämmitys	Kortti 15 Öljylämmitys	Kortti 16 Lämpöpumput

OULU | RAKENNUSVALVONTA
www.energiakorjaus.info

Asiakaspalvelu Ma-Pe klo 9-16, puh. 044 703 2722, energiakorjaus@ouka.fi
Ympäristöotalo, Solistinkatu 2, 90140 Oulu