

## IKKUNAN HUURTUMINEN

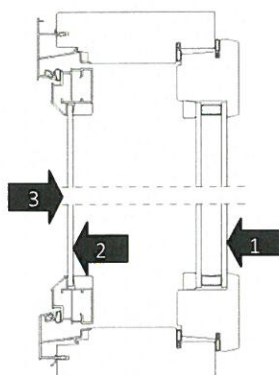
Oikein asennettuna suomalainen ikkunatyyppe toimii vaativissakin olosuhteissa pääsääntöisesti hyvin. Kuitenkin voi esiintyä ääriolosuhteita ja sovellustapoja, jotka lisäävät esimerkiksi kondenssiriskiä. Häiriöt voidaan estää oikealla ikkunatyypivalinnalla, hyvällä rakennus- ja talotekniikan suunnittelulla ja ratkaisulla sekä oikeilla tuote- ja taloteknisillä säädöillä. Uusimman havaitun ilmiön, ikkunan ulkopuolen kondenssin tekee mielenkiintoiseksi tutkimuksiin perustuva havainto, että se yleistyy ikkunan eristävyden parantamisen seurauksena, jota toisaalta kansalliset uudet määräykset vaativat.

### Kosteuden tiivistymisilmiö, kondensoituminen

Rakennuksen vaipassa ikkunat ovat eristävyden suhteen, uusienkin ikkunoiden kyseessä ollen, edelleen muusta vaipparakenteesta poikkeava rakenneosa. Ikkunan lasipinnassa vesihöyryn tiivistyminen on lisäksi helposti havaittavissa – ikkunat toimivat tällöin olosuhdehavaintomittarina.

**Kosteuden tiivistymisen** yhteydessä puhutaan kondenssista. Kondenssiriskin arvioimiseksi on hyvä tietää kyseisen huoneilman **kastepiste-lämpötila**. Kastepiste-lämpötila (kastepiste) vaihtelee ja määräytyy ilman absoluuttisen ilmankosteuden (vesi  $g/m^3$ ) mukaan. Tarkasteltavan huoneilman absoluuttisen ilmankosteuden mukaisessa kastepiste-lämpötilassa huoneilman suhteellinen kosteus (RH) on 100 %, eli suurin määrä vesihöyryä mitä tarkasteltava ilma voi ko. lämpötilassa sisältää. Mikäli huoneilma joutuu kosketuksiin ko. ilman mukaista kastepiste-lämpötilaa kylmemmän kohdan kanssa, ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy kyseisen kylmän kohdan pintaan. Ikkunassa tällainen kylmempi kohta voi olla esimerkiksi ulkopuitteen tasolasi tai alumiinipinta, sisäpuitteessa lämmöneristävyden suhteen poikkeava lukon kohta, eristyslasin reuna-alue ja erityisesti alue johon huonelämmityksen lämpövaikutus ei jostakin syystä ulotu kunnolla. Kondenssiherkkyyteen vaikuttavat sekä pinalämpötilat että ilman kosteustaso.

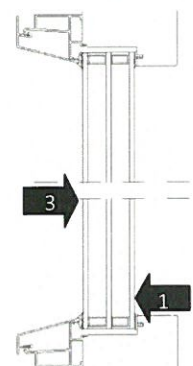
Avattava ikkuna



Kondenssin näkyviä esiintymiskohtia ikkunassa:

1. Ikkunan sisäpinta
2. Ulkopuitteen välitilan puoleinen pinta
3. Ikkunan ulkopinta

Kiinteä ikkuna



## 1. Ikkunan sisäpinnan kondensoituminen

Sisäpuolen kondenssi on nykyaikaisissa ikkunoissa suhteellisen harvinaista. Alhaiset **rakenteiden pintalämpötilat ja huoneilman kosteus** ovat tämän kondenssin kannalta kriittisiä. Pintalämpötilaan vaikuttavat ikkunan eristävyys (eristävydessä on eroja ikkunan alueella) ja se miten huoneen lämmitysvaikutus suuntautuu ikkunaan ja sen eri kohtiin. Lämmön jakautuminen huonetilassa ja suuntautuminen/riittäminen ikkunan alueelle riippuu mm.

- lämmittimen/lämmönlähteen sijainnista; ikkunan alla oleva perinteinen lämpöpatteri on ikkunan toimivuuden suhteen ihanteellinen synnyttäen ikkunan edessä nousevan ilmavirtauksen, samalla paranee myös ikkunan lähialueen oleskelumukavuus – vedon tunne poistuu
- ilman liikkeistä huoneessa, johon puolestaan vaikuttaa ilmanvaihto, ilmanvaihdon tulo- ja poistopisteiden sijainti, kahden kerroksen huoneistossa ilmavirta alakerrasta yläkertaan, voimakkaat porrastukset, huoneiden korkeusvaihtelu, tilojen muoto jne.
- erilaisista ilmavirran ja lämpösäteilyn esteistä, kuten esimerkiksi ovet, huonekalut, verhot, seinäkkeet ja seinäkulmat
- ikkunoiden koosta ja sijainnista; ongelmallisia ovat suuret ikkunat, ikkunaryhmät ja erityisesti ulkokulmissa ja erkkereissä olevat ikkunat
- rakennuksen vaipan muusta eristävyiden tasosta ja/tai vaihtelusta ikkunan ympärillä

Ikkunoiden keskimääräinen eristävyys (ikkunan u-arvo) kuvaa tuotteen energiataloudellisuutta. Vaikka eristävyys on uusissa ja uudehkoissa ikkunoissa hyvä ja myös pintalämpötilat ovat eristyslasien ansiosta nousseet, uudet lämmitys- ja ilmanvaihtotekniset ratkaisut edellyttävät edelleen huomion kiinnittämistä **ikkunan lähialueen lämpövaikutukseen ja kosteusolosuhteiden** hallintaan – joidenkin asioiden suhteen on menty ikkunoiden toimivuusedellytysten kannalta huonompaan suuntaan. Uusissa lämmitysratkaisuissa (lattialämmitys, ilmalämmitys, kattolämmitys) lämpövaikutus ikkunan lähialueella on vähentynyt. Tätä muutosta saattaa olla tarpeen, varsinkin suurten ikkunapintojen yhteydessä, kompensoida lisälämmittimellä tai esimerkiksi ohjaamalla ilmanvaihdon avulla lämmintä ilmaa myös ikkunan eteen. Vanhoissa kiinteistöissä suuren suosion saavuttaneet, täydentäväksi lämmöntuottajaksi hankitut ilmalämpöpumput puolestaan alentavat välillisesti ikkunoiden alla olevien lämpöpattereiden lämpövaikutusta (alennetut patterisäädöt), jolloin yhdessä korkean kosteustason kanssa voi syntyä ikkunan sisäpuolen kondenssille otolliset olosuhteet.

Myös ikkunarakenteessa itsessään ja ikkunan sijainnissa on erityispiirteitä, jotka aiheuttavat sisäpuolen pintalämpötilan suhteen vaihtelua ikkunarakenteen eri kohdissa. Pitkään tunnettu asia on ikkunan sisäpuolen lasipinnan sijaintiin liittyvä näkökohta: mikäli ikkuna joko sijoitetaan syvennykseen seinän sisäpinnan tasosta tai kiinteässä ikkunassa lasipinta on smyygi-syvennyksessä, ilman kierto erityisesti valoaukon alareunan alueella ja alakulmissa vähentyy aiheuttaen pintalämpötilan alentumista. Kiinteän ikkunan tapauksessa asiaan yhdistyy karmin kautta kiertävä kylmävaikutus reuna-alueella, jopa paremmalla keskimääräisellä eristävyydellä **kiinteä ikkuna saattaa tämän vuoksi olla olosuhteiden kannalta vaativampi kuin avattava ikkuna.**

Lämpötilan ohella toisena vaikuttavana tekijänä **ilman kosteus** voi myös vaihdella huonetiloissa eri syistä. Siihen vaikuttavat nostavasti monet kosteuslähteet kuten kasvit, ruuan laitto, avoimet vesialtaat, sauna, ilmankostuttimet, suuri henkilömäärä, ilman vaihdon vajavaisuus jne. Uusissa rakennuksissa ensimmäinen lämmityskausi on huoneilmaan vapautuvan, tuoreiden valurakenteiden kuivumiskosteuden takia usein kondenssin suhteen kriittinen.

Toimiva ilmanvaihto puolestaan laskee ilmankosteutta. Energiainsäästösyistä ulkovaipan ja ikkunoiden tiiveyttä on parannettu (hyvä niin), jolloin myös kylmän ja kuivan vuotoilman huoneilmaa kuivaava (vrt. ikkunoiden vaihtotilanne) ja ilmankiertoa edistävä vaikutus vähenee. Massiiviset puu- ja betonirakenteet toimivat kosteuden tasaajana molempiin suuntiin, varastoiden ja vapauttaen kosteutta. **Korkea ilmankosteus saattaa talviaikaan lisätä kondenssiriskiä** pintalämpötilaeroista johtuen. Lämmityskaudella kuiva ilma voi aiheuttaa hengitystieongelmia, kuitenkin pakkaskautena jo – muina aikoina normaali – 30 %:n ylittävä suhteellisen ilmankosteuden taso saattaa olla rakenteiden kannalta haitallinen, samoin kondenssikosteus kylmissä rakennepinnoissa yleistyy – näin kyse on miellyttävyyden, rakenteiden toimivuuden ja kustannusten välisestä kompromissista.

Toimivan ilmanvaihdon ansiosta kohtuullisella ilmankosteustasolla ja oikealla lämmönjaolla ikkunoissa ei synny kondenssille herkkiä olosuhteita. Nykyaikaisillakaan talotekniikkasovelluksilla ei voida kuitenkaan joka tilanteessa ja nopeasti hallita muuttuvista olosuhteista johtuvia muutoksia huonetilojen kosteus- ja lämpöolosuhteissa. Näin ollen rakenteiden ominaisuuksissa, taloteknisissä ratkaisuissa ja niiden säätö- ja tehovalinnoissa tulee olla pelivaraa sekä erikoisolosuhteiden että poikkeuksellisten asumistilanteiden varalta. Muutostilanteissa tulee varmistaa järjestelmän toimivuus: esimerkiksi kun kiinteistöön vaihdetaan uudet ikkunat, on syytä säätää lämmönjako uudelleen - sama tarvittaessa myös ilmanvaihdon puolella, koska parantunut vaipan tiiveys vähentää huoneilmaa kuivattavaa vuotoilmaa ja muutenkin muuttaa ilman liikkeitä huonetilassa. Ellei rakennuksessa ole koneellista tuloilmajärjestelmää, korvausilman hallittu saanti tulee etenkin koneellisen poistoilmajärjestelmän yhteydessä muuten erikseen varmistaa – yhtenä ratkaisuna tähän ovat tuloilmaikkunat.

Mikäli kondenssia esiintyy, kosteuden tiivistyminen ikkunan lasipintoihin voi siis johtua monista eri tekijöistä, tai useimmiten kyse on tekijöiden epäedullisesta yhteisvaikutuksesta. Kohteessa paikan päällä rakenneosien, esimerkiksi paikallaan olevien ikkunoiden, kosteus- ja lämpöteknisten ominaisuuksien (esim. u-arvo) tarkka määrittäminen on erittäin haasteellinen tehtävä. Ympäröivien olosuhteiden hallinta sekä niiden ja tuoteominaisuuksien keskinäisen vuorovaikutuksen arviointi mittaustuloksiin on erittäin vaikeaa – laboratorio-olosuhteissakin kokeellinen määrittäminen vaatii erityisjärjestelyt ja erityistä huolellisuutta. Olosuhteita voidaan huonetiloissa mitata suhteellisen tarkasti, vaikka niissäkin, ja erityisesti ko. olosuhteiden syntyisyissä, on kyse vaikuttavien tekijöiden monimutkaisesta yhteisvaikutuksesta – mukaan lukien vielä ulkoiset säävaihtelut. Mittausten suorittamisessa, mittaustulosten arvioinnissa ja olosuhteiden syntyisyyden päättelyssä tarvitaan monialaista, syvällistä ammattitaitoa ja kokemusta.

## 2. Ikkunan välitilan kondenssi

Välitilan kondenssilla tarkoitetaan ilmiötä, jossa **kosteaa huoneilmaa syystä tai toisesta pääsee tunkeutumaan ikkunassa sisä- ja ulkopuitteen väliseen tilaan** – esimerkiksi kaihdinsäädinreikien, lukkojen, puiteliitosten ja tiivisterakojen kautta. Sisäpuite ei ole yleensä täysin ilmatiivis, joten ylipainetasosta riippuen pienestäkin aukosta saattaa päästä kosteaa ilmaa ikkunan välitilaan. Tämän tyyppin tilanne esiintyy usein kaksikerroksisen, avoportaikkoisen huoneiston yläkerrassa, kun riittämättömän poistoilmanvaihdon seurauksena yläkertaan hyvin herkästi syntyy ylipainetilanne, jonka vaikutuksesta huoneilmaa puolestaan pyrkii tunkeutumaan ikkunan välitilaan. Välitilassa ulkopuitteen lasi on yleensä selvästi huonelämpötilaa kylmempi, huoneilman kastepistelämpötila alittuu ja ilman kosteus kondensoituu ulkopuitteen kylmään lasiin.

**Avattavat, kaksipuitteiset ikkunat on suunniteltu välitilan suhteen tuulettuviksi**, joten pieni kostean ilman määrä ei välttämättä aiheuta näkyvää kondenssihaittaa, sillä kosteus tasaantuu ulkopuitteen tiivisteessä olevien reikien kautta kiertyvän ilman mukana ulos. Ongelmatilanteessa kannattaakin ensimmäiseksi tarkistaa nämä ilmankiertoaukot. Seuraava tarkistuksen paikka on sisäpuitteen lukitus (ovatko kaikki lukot kiinni?), sisäpuitteen saranasäätö, tiivisteiden kunto ja läpivientien tiivistystarve. Vaikka kostean ilman tunkeutuminen ikkunapuitteiden väliseen tilaan johtuu suositusten vastaisesta ylipaineesta, huono sisäpuitteen tiiveys ja/tai välitilan puutteellinen tuulettuminen lisäävät herkkyyttä näkyvän kondenssin esiintymiselle.

Välitilan kondenssi voidaan välttää, kun **huoneessa pidetään suositusten mukainen pieni alipaine**. Alipaine edistää myös muiden ulkovaipan rakenteiden oikeata toimintaa ja säilymistä ”terveenä”. Pitkäkestoisen ylipaineen seurauksena saattaa rakenteisiin tunkeutua vaipassa olevien epätiiveyskohtien kautta kosteaa ilmaa, joka tiivistyy rakenteen sisällä aiheuttaen mahdollisesti esimerkiksi homeelle otolliset olosuhteet. Terveydelle haitalliset aineet voivat päästä lyhyessäkin alipainetilanteessa vuotoilman mukana huoneen hengitysilmaan. Sopiva, luotettava alipaine saadaan aikaan varmimmin, ja myös sääolosuhteista riippumatta, koneellisella poistoilmanvaihdolla. Ilman poistopisteiden sijainti, määrä ja säätö tulee lisäksi tehdä rakennuksen tilaratkaisujen ja tilojen käytön mukaan.

## 3. Ulkopuolen kondenssi

Tutkimusten mukaan ulkopuolen kondenssia saattaa esiintyä ikkunoissa tietyissä sääolosuhteissa ja ilmiö on yleistynyt ikkunoiden lämmöneristävyuden parantumisen myötä. Tämä kondenssiongelma on siinä mielessä ristiriitainen, että samalla kun energiansäästöä tehostetaan **kiristämällä eristävyysvaatimuksia** ja kehitetään entistä paremmin eristäviä ikkunoita, samalla **lisääntyy ulkopuolen kondenssiongelma**. Lämmitysenergian säästön ”hintana” on tietyissä olosuhteissa ja ajoittain huonommin toimiva ikkuna.

Ulkopuolen kondenssi ei yleensä aiheuta itse ikkunalle vahinkoa, vaan kyse on ikkunan huonosta toimivuudesta maisemanautintoa tuottavana rakennuksen osana – ikkunoiden huurtumista voi pitää myös **esteettisenä haittana**. Onneksi ongelma esiintyy vain ajoittain, tietyissä sääolosuhteissa ja rakennuksen ko. ilmiölle otollisen ilmansuuntasijoittumisen mukaan.

Tämän tyyppinen kosteuden tiivistyminen ikkunan uloimman lasin ulkopintaan tapahtuu melko lämpimän, kostean säätyypin yhteydessä, kun uloin lasipinta jäähtyy joksikin aikaa vallitsevan ilmastotason mukaisen kastepistelämpötilan alapuolelle. Nykyaikaisen, **hyvin lämpöä eristävän ikkunan läpi ei tule sisätiloista hukkalämpövirtaa**, joka voisi estää uloimman lasin alijäähtymisen. Hukkalämpö voi lisäksi syksyllä olla vähäistä myös siksi, että huonetilojen lämmityskausi ei ole ehkä vielä alkanut. Varsinaisesti lasin alijäähtyminen johtuu säteilylämmön epätasapainosta ikkunan uloimmassa lasissa: tietyn säätyypin yhteydessä lasista vapautuu lämpöä enemmän pois kuin siihen kohdistuu lämpösäteilyä taivaalta (kuulas taivas). Kyse on lyhytkestoisesta olosuhdemuutoksesta yön vaihtuessa aamuksi. Lämpötiloja tasaava tuuli voi estää lasipinnan alijäähtymisen ja ikkunan edessä olevat em. lämpösäteilyvaikutusta varjostavat esteet vähentävät kyseisen kondenssi-ilmiön esiintymistä.

Aamuisin autonlasissa tuttuun, vastaavaan ilmiöön nähden kondenssin esiintyminen rakennusten ikkunoissa on vähäisempää lasipinnan pystyasennosta johtuen, kuitenkin perimmältään kyse on samasta ilmiöstä. Auringon noustua, ilman ja lasin lämmitessä kosteus haihtuu lasin pinnasta ja ikkunat kirkastuvat vähitellen. Vallitsevat sääolosuhteet vaikuttavat kosteuden poistumisnopeuteen.

Ilmiötä on selvitetty Ruotsissa hyvin perusteellisesti (ks. [www.energifonster.nu/page5.asp](http://www.energifonster.nu/page5.asp), Utvändig kondens), samoin Suomessa lähinnä VTT:n toimesta. Tutkimusten mukaan ikkunassa ei ole tällöin havaittu sellaista vikaa, joka ongelman aiheuttaisi. Ainoastaan on todettu, että alhainen u-arvo (=hyvä lämmöneristävyys) lisää selvästi ilmiön esiintymistodennäköisyyttä. Lämmöneristävyyskytkennästä johtuen asiaan on erikseen kiinnitetty huomiota myös ikkunoiden energialuokituksen yhteydessä Motivan kotisivuilla, [http://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/vaikuta\\_hankinnoilla/ikkunoiden\\_energialuokitus/lisatietoa\\_ikkunoista](http://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energialuokitus/lisatietoa_ikkunoista))

Tiedote 27.1.2010

PTY Palvelut

Markku Riihimäki  
Tuotekehityspalvelut, DI

040-5190695  
markku.riihimaki@innoriihi.fi

Innoriihi Oy  
Puijonkatu 22 B 4.krs  
70100 KUOPIO  
www.innoriihi.fi