

Puurakennusten kosteustekninen toimivuus Kokemustiedot

Hannu Kääriäinen
Jouko Rantamäki
Kauko Tulla

VTT Rakennustekniikka



ISBN 951-38-5330-6 (nid.)
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5331-4 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT),
Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Rakennustekniikka, Rakentaminen ja kiinteistönhallinta, Kaitoväylä 1, PL 18021, 90571 OULU
puh. vaihde (08) 551 2111, faksi (08) 551 2090

VTT Byggnadsteknik, Byggnad och fastighetsförvaltning, Kaitoväylä 1, PB 18021, 90571 OULU
tel. växel (08) 551 2111, fax (08) 551 2090

VTT Building Technology, Construction and Facility Management
Kaitoväylä 1, P.O.Box 18021, FIN-90571 OULU, Finland
phone internat. + 358 8 551 2111, fax + 358 8 551 2090

Toimitus Maini Manninen

Libella Painopalvelu Oy, Espoo 1998

Kääriäinen, Hannu, Rantamäki, Jouko & Tulla Kauko. Puurakennusten kosteustekninen toimivuus. Kokemustiedot. [Moisture performance of wooden buildings. Feedback knowledge of actual buildings]. Espoo 1998, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1923. 63 s. + liitt. 14 s.

Avainsanat residential buildings, small houses, wooden structures, moisture, damages, fungi

Tiivistelmä

Tässä julkaisussa tarkastellaan puurakennusten rakennusfysikaalista, lähinnä kosteusfysikaalista, tilaa kokemustiedon perusteella. Tavoitteena on esittää rakennusten toimivuudesta saatuja tietoja 1945-luvun rakennuksista alkaen, keskittyen kuitenkin uudempaan rakennuskantaan, jossa tänä päivänä esiintyy melko runsaasti eri tyyppisiä kosteusperäisiä vaurioita. Kokemustiedon avulla voidaan tehdä päätelmiä käytettyjen rakennusten ja rakennusratkaisujen toimivuudesta ja niissä esiintyvistä hyvistä ja huonoista kokemuksista.

Yleinen havainto on, että vaurioita rakennuksissa on esiintynyt aina, niin vanhoissa taloissa kuin uusissakin. Vanhemmat rakennukset olivat turvattuja niin kauan kuin niissä ei ollut varsinaisia kosteita tiloja, vaan ne olivat erillisissä piharakennuksissa tai kellari-tiloissa. Kun korjausrakentamisen myötä rakennuksiin tehtiin pesutilat, ne olivat sen jälkeen kriittisiä kohtia kosteuden kannalta. Siirryttäessä rintamamiestaloista ns. uudempaan rakennustapaan tilankäytön ja rakenteiden osalta, alkoi vaurioita esiintyä entistä yleisemmin. Siirryttiin käyttämään riskialttiimpia rakennusratkaisuja. Yleisesti rakennukset rakennettiin liian matalalle, jolloin seinien alaosat tulivat hyvin lähelle ulkopuolen maanpintaa, joskus jopa sen alapuolellekin. Vaikka osa näistä rakennuksista on toiminut aivan hyvin, niin niiden kosteustekninen toimivuus sisältää suuria riskejä. Voidaan sanoa, että kosteustekniset varmuuskertoimet esim. 50 vuoden käyttöajalla ovat hyvin lähellä yhtä, jopa sen alapuolella. Myös loivat katot ovat monissa tapauksissa olleet kovin lyhytkestoisia. Kosteantilan rakenteet on myöskin rakennettu siten, että niiden pitkäkestoisuudessa on selviä puutteita. Vaurioiden syyt ovat moninaiset mm. käytetyt rakennusratkaisut, rakentamisessa tehdyt virheet, lyhytikäiset materiaalit, huolimattomuus ym. Rakennusten ja rakenteiden toimivuus edellyttää myös niiden oikeata ja asianmukaista käyttöä, hoitoa ja ylläpitoa, eli rakennuksilla ja koneteknisillä laitteilla tulee olla selkeät huolto- ja käyttöohjeet.

Kokemuksen mukaan rakenteiden kosteusvauriot voidaan arvioida edeltäkäsien. Vaurioalueen laajuus, vaurioiden yleisyys kyseisellä ratkaisulla ja korjaustavat ja -kustannukset muodostavat muuttujia riskianalyyseissä. Tämä uusi tutkimustapa antaa mahdollisuuden arvioida rakennuksen kosteusfysikaalista toimintaa. Tarkastelua voidaan suorittaa hyvin monelta eri kannalta. Suunnittelussa tarkastelutapa antaa suoranaisten vertailumahdollisuu-

suuden eri rakenneratkaisujen paremmuudesta. Rakennuksen tuleva omistaja tietää eri vaihtoehtojen arvioituja käyttöiä. Nämä vaikuttavat rakennuksen kokonaiskustannuksiin. Tiedot ovat sovellettavissa myös kiinteistönhoidossa ja käytön aikaisissa korjauksissa.

Riskianalyysi keskittyy puurakennuksiin, mutta tutkimusperiaate soveltuu myös muistakin materiaaleista tehtyihin rakennuksiin. Tutkimuksen tavoitteena on ollut tehdä tunnetuksi ne mahdollisuudet, joilla parannetaan puurakennusten pitkäikäisyyttä ja samalla poistetaan mahdollisia kosteusvaurioihin johtavia rakenneratkaisuja.

Julkaisussa annetaan tietoa toimivista rakenneratkaisuista. Ratkaisuissa on esitetty oleellisia asioita, jotka tulee ottaa huomioon niitä käytettäessä. Tavoitteena ei ole ollut tehdä koostetta rakenneratkaisuista. Päin vastoin julkaisuun on pyritty rajaamaan vain muutamia oleellisia rakenteita, joissa käytännön kohteissa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu suurimpia ongelmia. Malliesimerkkejä tulee käyttää soveltaen, jolloin eri rakennuksissa hyödynnetään vain oleellisimmat asiat. Kun poiketaan kyseisistä ratkaisuista tulee harkita tarkoin, minkä vuoksi poikkeaminen tarvitaan ja mitä riskejä siitä aiheutuu.

Riskianalyysin perusteella muodostuivat kriittisimmiksi rakenteiksi puurakennuksessa lattia, ulkoseinän alareunan, sokkelin ja lattian liittymä sekä kosteantilan rakenteet. Näihin on annettu ohjeita, jotka on koettu tällä hetkellä hyväiksi rakentamistavoiksi.

Kääriäinen, Hannu, Rantamäki, Jouko & Tulla, Kauko. Puurakennusten koskeustekninen toimivuus. Kokemustiedot. [Moisture performance of wooden buildings. Feedback knowledge of actual buildings.]. Espoo 1998, Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1923. 63 p. + app. 14 p.

Keywords residential buildings, small houses, wooden structures, moisture, damages, fungi

Abstract

This publication examines the condition of the physical structure of timber buildings, mainly their physical state of moisture, on the basis of empirical data. The objective is to present information obtained about the functionality of buildings built from 1945 on, but the focus is on newer buildings, in which various types of moisture-related damage have recently been revealed. The empirical data may be used to draw conclusions about the functionality of the buildings and structural solutions, as well as the good and bad experiences involved. However, this publication places emphasis on damage, because today it is important to find out about why construction has been unsuccessful and to obtain information about the functionality of older solutions.

A common observation is that damage has turned up in both old and new buildings. Older buildings remained undamaged as long as they did not contain actual moist facilities, which were located in separate outbuildings or basements. When washrooms were added to these buildings in conjunction with renovations, the new rooms became critical from the standpoint of moisture. In this sense, the use of separate wings has sometimes been a good idea. If moisture damage did show up, it was limited to the washroom of the new wing. More extensive examination refutes the generally voiced understanding that old buildings were quite functional.

Damage became more prevalent when the era of veterans' houses gave way to newer construction methods as far as space utilization and structural solutions were concerned. More risk-prone building solutions were implemented. Buildings were commonly built too low, and as a result the lower parts of the walls were too close to the surface of the ground, and sometimes even below ground level. Although some of these buildings have functioned well, their moisture-related technical functionality contains great risks. It can be said that the moisture-related technical safety coefficient over a 50-year period of use is very near to one, or even less than one. In many cases low-pitched roofs have not lasted long, and they have quite commonly been converted into steeper ridge roofs. Moist facilities have been constructed with definite deficiencies in their long-term durability. There are many factors which may cause damage, such as structural solutions, construction errors, materials with a short life span, carelessness, etc. For buildings and structures to be functional, they must also be used, cared for and maintained correctly

and properly. Buildings and technical equipment should have clear operating and maintenance instructions.

This research report consists of two parts. Both are related to moisture problems, which are prevalent in buildings today. One part deals with the risks involved in choosing a structural solution. Experience shows that moisture damage to structures can be estimated beforehand. The extent of the damaged area, the commonness of damage related to a given structure, and repair methods and costs are variables present in risk analysis. This new method of study makes it possible to estimate a building's moisture-related physical functionality. The study can be approached from many different angles. In designing, this method of study allows direct comparisons to be made regarding the superiority of different structural solutions. The future owner of a building knows the estimated life of the various alternatives. These affect the overall costs of the building. The information is also applicable in facility maintenance and in repairs made during use.

The study focuses on timber buildings, but the principle of study also applies to buildings made of other materials. The objective of the study has been to make known the possibilities of improving the life of a timber building while eliminating structural solutions which may possibly lead to moisture damage. The report also provides information about functional structural solutions. Significant matters are presented which should be taken into consideration when utilizing the various solutions. The goal is not to compile a summary of structural solutions. On the contrary, the report covers only a few essential structures which the study has shown to be most problematic in practice. The examples should be adapted, implementing only their essential parts in different buildings. If a solution is not followed exactly, the reason for deviating and the resulting risks should be carefully considered.

According to the study, the most critical structures in a timber building were the floor, the lower edge of the outer wall, the joint between the footing and the floor, and the structures in the moist facilities. This report provides directives which are presently considered to be good construction methods.

The basic rule for a ground slab floor is that plastic sheeting should not be used in any layer. At least one layer of thermal insulation (such as cellular plastic) at least 50 mm thick should be located below the concrete slab. A layer of sand underneath the slab prevents water from rising due to capillary action.

A strip of waterproofing should be placed between the bottom beam of the outer wall and the footing at the joint between the bottom edge of the outer wall, the footing and the floor. Moisture problems at the bottom edge of the outer wall and resulting risks are alleviated if the wooden parts of the bottom edge of the outer wall are raised higher than

is customarily done, preferably above floor level. This structural solution increases the possibility of a cold bridge forming between the outdoors and the floor. This may cause slight discomfort due to coolness near the edges of the floor.

Water near the footing should be led away from near the walls of the building, and the foundation should be fitted with underground drainage.

Moist facilities should be fitted with good waterproofing and moistureproofing materials. Waterproofing should be applied to the floor and wall structures at least where there is danger of water splashing. Waterproofing protects the structures of moist facilities from moisture damage. A better solution is to build the moist facilities from stone material, because less damage was noticed in such structures, and any damage there was was limited to a smaller area.

Alkusanat

Puu on ikivanha suomalainen rakennusmateriaali, jota on taiten käytetty kaiken tyyppi-
sessä rakentamisessa. Kerrostalorakentamisen yleistymisen myötä 1960 - 1980 -luvuilla
kivimateriaalit saivat valta-aseman kerrostaloissa, mutta sen sijaan pientaloissa puu on
säilyttänyt ehdottoman valta-asemansa jatkuvasti. Vasta viimeisen kolmen vuoden aika-
na Suomessa ja muissa Pohjoismaissa on ryhdytty rakentamaan puurunkoisia kerrostalo-
ja.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut käytännönläheinen toimivuustiedon tuottami-
nen puurakennuksista hyödyntämällä olemassa olevaa runsasta tietoutta siitä, millä ta-
voin erilaiset rakennusratkaisut ovat toimineet. Todellisista kohteista saatavan tiedon
avulla on mahdollista ehkäistä ennakolta riskialttiiden ja heikosti toimivien ratkaisujen
käyttöä ja toisaalta pyrkiä ohjaamaan ratkaisuja kokemustiedon perusteella hyväksi ha-
vaittuun suuntaan. Myös vaurioituneiden rakennusten korjaamismahdollisuuksien selvit-
täminen on osaltaan kuulunut tämän tutkimuksen piiriin. Tutkimuksen aikana (1996 -
1998) on rakennuksissamme havaittu entistä enemmän erilaisia kosteusperäisiä vaurioi-
ta, jotka ovat johtaneet esim. homeiden kasvuun. Rakenteiden sisäpinnoilla olevan mik-
robikasvuston on epäilty ainakin eräissä tapauksissa aiheuttaneen terveydellisiä oireita
ihmisille. Siten tämä tutkimus on osunut erittäin otolliseen ajankohtaan: todelliseen
tilanteeseen ja puolueettomaan tutkimukseen perustuvan tiedon tarve on erittäin suuri
rakennusalalla.

On luonnollista, että kaikkia asioita ei voida käsitellä tässä julkaisussa. On pidetty tär-
keämpänä vain muutamien asioiden käsittelyä, joilla toivotaan saavutettavan suurempi
hyöty. Tutkimuksessa esille otetut asiat eivät merkitse mitenkään sitä, että rakennusfysi-
kaalisesti oikeaoppisesti toimivat puurakennukset olisivat vaikea toteuttaa tai että puura-
kennuksissa esiintyisi enemmän vaurioita. Monet esille otetut asiat liittyvät myös mui-
hin rakennusmateriaaleihin.

Tutkimus on osa Teknologian kehittämiskeskuksen (Tekes) Puurakentamisen
teknologiaohjelmaa. Tutkimuksen rahoitukseen ovat osallistuneet Tekes ja VTT.
Tutkimuksen johtoryhmään ovat kuuluneet seuraavat henkilöt:

Keijo Kolu, puheenjohtaja
Pekka Peura, tutk.ohjelman johtaja
Aki Hakala
Raimo Ahokas
Juha Krankka
Pekka Nurro
Keijo Rautiainen

Schauman Wood Oy
Suomen Puututkimus Oy
TEKES
Ympäristöministeriö
Paroc Oy
Suomen Puututkimus Oy
Termex-Eriste Oy

Reino Saarelainen

Juha Ryyppö

Juho Saarimaa, tutkimuksen vastuullinen johtaja

Honkarakenne Oy

Isover-Ahlström Oy

VTT Rakennustekniikka

Tutkimuksen projektipäällikkönä VTT Rakennustekniikassa on toiminut erikoistutkija Kauko Tulla ja muina tutkijoina johtava tutkija Jouko Rantamäki ja tutkija Hannu Kääriäinen. Erikoistutkija Martti Hekkanen on osallistunut julkaisun johtopäätösten laatimiseen. Valokuvat on ottanut Erkki Vähäsöyrinki.

Projektiryhmä esittää parhaat kiitokset tutkimuksen rahoittajalle sekä johtoryhmän puheenjohtajalle aktiivisesta panoksesta ja johtoryhmän jäsenille erittäin hyvästä ja innostavasta yhteistyöstä koko projektin keston aikana.

Oulussa 15.6.1998

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Abstract	5
Alkusanat	8
Symboliluettelo	12
1. Johdanto	13
2. Tutkimusaineisto ja -menetelmät	15
3. Kokemusperäiset tiedot rakennusten toimivuudesta.....	16
3.1 Vauriot ja virheet eri aikoina.....	18
3.1.1 Vanhat puurakennukset	18
3.1.2 Uudemmat puurakennukset	20
3.1.3 Uudet puurakennukset	23
3.2 Rakennerratkaisuista aiheutuvia vaurioita.....	24
3.2.1 Rossilattiat	24
3.2.2 Betonilaatan päälle rakennetut puulattiat	25
3.2.3 Putkijohdot	25
3.3 Virheiden ja vaurioiden välttäminen	26
3.3.1 Rakennuskosteus	26
3.3.2 Ilman kosteus.....	27
3.3.3 Pesutilojen kosteus - kosteusvauriot.....	28
3.3.4 Ulkopuolen vedet ja kosteus.....	29
3.4 Kokemustiedot ja toimivuuden varmistaminen	31
4. Riskiarviointi	35
4.1 Teoriaa ja lähtöolettamukset	35
4.2 Eri rakenteiden riskialttius	36
4.3 Johtopäätökset riskiarvioista	42
4.4 Riskiarvion herkkyytstarkastelu	43
5. TOIMIVIA RAKENNERATKAISUJA	44
5.1 YLEISTÄ	44
5.2 Maanvarainen laatta	46
5.3 Kaksoisbetonilaatta	47
5.4 Koolattu puulattia.....	48
5.5 Rossilattia.....	49

5.6 Ulkoseinän ja lattian liittymä	50
5.7 Kevytrakenteisen seinän liittymä lattiaan.....	51
5.8 Kevytrakenteinen märkätila	52
5.9 Yläpohja	53
5.10 Rakenteiden vaurioherkkyys	54
6. YHTEENVETO.....	56
LÄHDELUETTELO	60

LIITTEET

1. Puurakennusten rakenteet ja vauriot eri aikakausina
2. Riskianalyysi, esimerkkitarkastelut
3. Diskonttaustekijä
4. Yleisimmät vauriokohdat ja -rakenteet

Symboliluettelo

d diskonttaustekijä

E riskin nykyarvo

f tapahtuman todennäköisyys vuodessa

i korkotekijä

n vuosien määrä

S riskistä aiheutuneet kustannukset

1. Johdanto

Tutkimus perustuu laajaan aineistoon, joka on kerätty yli kahdenkymmenen vuoden aikana VTT Rakennustekniikassa kiinteistöhallintaryhmässä erilaisista asiantuntijatehtävistä. Tutkimuksen kautta haluttiin saada tietoa olemassa olevan rakennuskannan toimivista ratkaisuksista seuloamalla runsasta käytännön aineistoa. Rakennuskanta on todella suuri käytännön testauslaboratorio, josta saatavaa tietoa on tässä hyödynnetty ja jota jatkossa toivon mukaan voidaan hyödyntää entistä enemmän. Tässä testauslaboratoriossa rakenteet joutuvat mitä moninaisimpien rasitusten kohteeksi niin sään kuin käyttäjienkin osalta. Nämä ovat tekijöitä, joita on usein vaikea tutkia teoreettisissa laskelmissa tai kenttäkokeissa.

Tutkimuksen tavoitteena on ollut kartoittaa puurakennusten kokemusperäiset tiedot, seuloa niistä keskeiset ongelmat ja hyvät ratkaisut siten, että virheiden ja vaurioiden määrää voidaan välittömästi vähentää. Lisäksi on laadittu riskianalyysi, jonka avulla on tarkastettu keskeisimpien, yleisesti käytettyjen riskirakenteiden merkitystä.

Viime vuosina on tullut korostetusti esille rakennusten kosteusvauriot, lähinnä homevauriot. Puurakentamisen teknologiaohjelmassa on haluttu kiinnittää asiaan huomiota ja etsiä niitä ratkaisuja, joilla voidaan varmistaa rakennusfysikaalisesti oikeaoppisesti toimivat puurakennukset. Monelta osin samat ohjeet pätevät myös muista materiaaleista rakennettuihin rakennuksiin. Puurakennusten pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavat myös ulkoiset olosuhteet. Rakennuksen korkeus ympäröivään maastoon nähden on yksi tärkeimmistä tekijöistä.

Rakennusvaurioiden aiheuttajia on lukuisia, samoin kuin oikeita rakentamistapojaakin. Materiaalien runsaus tuo mukaan lisävaihtoehtoja. Tässä tutkimuksessa on otettu esille muutamia tärkeiksi koettuja asioita, joiden toivotaan antavan lisätietoa. Tutkimustyön aikana on epävirallisesti puhuttu niin sanotusta ”top ten”-listasta. Tähän listaan kuuluu myös rakennuksen oikea ilmanvaihto, jota ei kuitenkaan ole tässä julkaisussa käsitelty yksityiskohtaisesti.

Uudisrakentamisessa pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavien asioiden huomioonottaminen on helpompaa. Tällöin rakentamisen eri osapuolet on saatava mukaan ja on oltava valmis rakentamisen väärin tapojen nopeille muutoksille. Olemassa oleva rakennuskanta on suurin kansallisuusvaramme. Vaihtoehtoa sen kuntoisuuden säilyttämiselle ei ole. Samat perusasiat puurakennusten toimivista ratkaisuksista koskevat sekä uudis- että olemassa olevia rakennuksia.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan ensimmäistä kertaa rakennuksen vaurioita riskianalyysin avulla. Tavoitteena on tuoda esille tietoa, millaiseen riskiin on päädytty vanhoissa rakenteissa. Tavoitteena on ohjata puurakennusten rakentamista taloudellisesti ja tekni-

sesti oikeaan suuntaan. Lisäksi tieto tulevista tapahtumista ohjaa myös seuraamaan rakenteita ja rakennusta, mikä ennakoivan ylläpidon kautta parantaa pitkäaikaistoimivuutta.

Moni käsitelty riskialtis rakenne on ollut tiedossa ennestäänkin. Ongelmallisinta kuitenkin on, että vielä nykyisinkin näitä rakenteita käytetään uudisrakentamisessa. Tutkimuksen tavoitteena ei ole vaurioiden luettelointi. Päin vastoin pyrkimyksenä on löytää oikeita ratkaisuja muutamiin tärkeimpiin rakenteisiin ja esittää niissä huomioitavia oleellisia tekijöitä. Vauriot ovat usein tunnettuja ja joissakin tapauksissa myös niiden aiheuttajat. Sitä vastoin korjausohjeita on esitelty erittäin vähän. Rakentamisessa joudutaan joka päivä tekemään ratkaisuja käytettävistä korjaustavoista. Menetelmiä ja ohjeita esittäessä tulee aina ottaa huomioon, että ne on laadittu sen hetkisten tietojen perusteella. Uuden tiedon mukana niitä tulee tarkistaa.

Tutkimuksen aikana on vahvistunut aikaisempi kokemukseen perustunut käsitys rakentamisen ongelmakohdista. Kolme oleellisesti erottuvaa rakennetta ovat alapohjat, ulkoseinän ja lattian liittymä ja märkätilat. Näiden osuus kaikista kosteusvaurioista arvioidaan olevan noin 60 - 80 %. Viime vuosina näiden osuus on lievästi noussut. Näitä rakenteita rasittaa sekä ulkopuolinen kosteus että sisäpuoliset vedet ja vuodot. Monet muut rakenteet toimivat käytännössä, vaikkakin esimerkiksi teoreettisesti rakennusfysiikkaalisesti laskien ne saattavat olla epäilyttäviä. Näin ollen tässä julkaisussa ja tutkimukseen liittyvissä eri artikkeleissa on käsitelty märkätiloja ja lattiarakenteita.

Tutkimusprojekti keskittyy puurakenteisiin pientaloihin, asuin-, liike- ja toimistorakennuksiin. Pienet teollisuusrakennukset ovat myös puurakenteisia. Puu rakennusmateriaalina ei tunne omaa käyttötarkoitustaan, joten samat asiat pätevät eri rakennustyyppeihin.

2. Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tutkimustyön perustan muodostavat VTT Rakennustekniikkaan vuosikymmenten aikana koottu tietämys rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. Aineisto sisältää useita satoja vaurioselvityksiä ja -tutkimuksia, rakennusten lämpökuvauksia ja ilmanvaihtoon liittyviä havaintoja ja mittauksia. Hyväksi on käytetty myös aikaisemmin VTT Rakennustekniikassa tehtyjä laajempia rakennusalan palautetoimintaan liittyviä kartoituksia ja tutkimuksia sekä laadittuja opaskirjoja (Rantamäki, 1977. Palautteen hyödyntäminen talorakentamisessa, 1988. Tulla, 1993. Tulla, 1977.) Taustatietoina on käytetty myös kansainvälisiä alan julkaisuja ja seurantaraportteja, joista ehkä laajimpia ovat englantilaiset, koska heillä on pitkälle kehitetyt rakentamisen vastuusäännökset ja -vakuutukset (Byg-Erfa, 1990. SkadeBladet, 1985. Defect Action Sheet, 1990). Siellä vakuutusyhtiöt haluavat varmistaa rakentamisohjeilla, seurannalla ja tarkalla valvonnalla ettei rakentamisessa tehtäisi virheitä, jotka myöhemmin johtavat korvattaviin vaurioihin.

Lisätietoa on saatu muiden tutkimuslaitosten tekemistä kartoitustutkimuksista, joista erikseen voidaan mainita Remontti-ohjelmassa tehdyt katsaukset rakennusten kunnosta (Kansanterveyslaitos, 1995).

Tutkimusmenetelmänä on ollut kokeneiden asiantuntijoiden oman kokemuksensa perusteella tekemät päätelmät rakennusten toimivuudesta ja etenkin toimivuuden puutteista yhdistettynä edellä lueteltuihin muihin tietolähteisiin. Puurakennuskantaa on arvioitu 1940-luvulta lähtien selvittämällä erityyppisistä rakenteista saatuja kokemuksia. Tavoitteena on ollut löytää hyvin toimivia rakenteita ja toisaalta myös niitä rakenteita, joissa kokemuksen perusteella on esiintynyt vaurioita. Saadun tiedon perusteella on tuotettu tietoa toimivista rakenteista ja niistä tekijöistä, jotka vaikuttavat oleellisesti toimivuuteen. Riskianalyysin sovellusesimerkeissä käytetty taustatieto perustuu asiantuntija-arvioon, ei tilastolliseen analyysiin.

3. Kokemusperäiset tiedot rakennusten toimivuudesta

Rakennuksissa esiintyvät vauriot ovat valtaosiltaan kosteuden aiheuttamia. Varsin yleisen käsityksen mukaan jopa 80 % kaikista vaurioista olisi kosteusperäisiä. Jatkuvasti ilmenee myös uusia vaurioita, joista ei aikaisemmin ole ollut tietoaakaan. Tällaisista ovat esimerkkejä takavuosien formaldehydiongelmat, radonongelmat ja ns. sairaat talot ja osittain myös nykyiset homeongelmat nimenomaan terveyshaittojen osalta. Kosteusongelmia on esiintynyt rakennuksissa aina. Aiemmin home- ja laho-ongelmia on pidetty vain rakennusteknisinä, jolloin niiden on katsottu poistuneen, kun turmeltuneet materiaalit on puhdistettu, korjattu tai korvattu uusilla. Monesti ei pidetty kovin tärkeänä edes uusia esim. osittain lahonneita tai vain homehtuneita materiaaleja mikäli ne eivät aiheuttaneet ongelmia rakenteiden käytölle tai kantavuudelle.

Rakennus on hyvin monimutkainen kokonaisuus, joka sisältää monipuolista tekniikkaa ja jonka kokoamiseen osallistuu monia eri ammattikuntia. Rakennukset toteutetaan meillä yleensä yksilöinä, ei minään massatuotantona, joka taas on johtanut miltei lukemattomien erilaisten ratkaisujen käyttämiseen. Tällaiseen toimintaan on jo sinänsä sisäänrakennettu epäonnistumisen siemen. Rakentajat, etenkin pientalopuolella, ovat pyrkineet halpuuteen niin työvoiman kuin materiaalien osalta. Tarjouskilpailujen pohjalta taas yleensä valitaan halvin tarjous, ei suinkaan edullisin, johon sisältyisi edes jonkinasteinen laatuvertailu päätöstä tehtäessä. Toisaalta on myös todettava, että kovin harvoin meillä on korkea hintakaan ollut laadun tae.

Asunnon hankinnan valintapäätökseen ovat suurelta osin vaikuttaneet ja tulevat myös jatkossa vaikuttamaan asunnon sijainti ja rakennuksessa pintamateriaalien taso. Harva ostaja kyselee itse rakenteiden ja laitteistojen laatua ja toimivuutta, eikä niiden laadun ja toimivuuden toteaminen valmiissa rakennuksessa ostotilanteen yhteydessä ole edes mahdollista alan ulkopuoliselle henkilölle. Näin ollen vastuu on pääasiassa rakentajalla, jonka toimesta rakennus monista osistaan kootaan. Tässä prosessissa luonnollisesti auttavat vaativa asiakas, joka on valmis maksamaan todellisesta laadusta ja osaa sitä myös vaatia, sekä hyvä valvonta, joka estää virheiden syntymisen. Kuitenkin on huomattava, että valvonnan koventamisella ei ole saatavissa kovinkaan paljon edistystä. Tälläkin hetkellä on olemassa kattava rakennusvalvontajärjestelmä ja vastaavan työnjohtajan vaatimus, jonka rakennusvalvonta hyväksyy. Jotta asiat saataisiin todella paremmaksi tulee tavoitella laatua, joka on sisäistettynä jokaisen rakennusalalla työskentelevän henkilön omassa toiminnassa, johon lisäksi liittyy ammattiyhteisöhyvin tehdystä työstä. Asioina nämä eivät vaikuta suurilta, mutta koska kyseessä on ihmisten asenteisiin vaikuttaminen ne eivät tule toteutumaan kovinkaan nopeasti.

Kansanterveyslaitos Kuopiossa on selvittänyt kosteusvaurioiden yleisyyttä pientaloissa kenttäkartoituksen avulla. Jonkin asteisia kosteusvauriojälkiä oli havaittavissa liki 80 %:ssa tutkituissa rakennuksissa (taulukko 1). Toisaalta yleisesti on tiedossa, että kosteusvauriot ovat varsin yleisiä myös toimistorakennuksissa, päiväkodeissa, kouluissa ja kerrostaloissakin. Myös aiempien vuosikymmenten kuluessa tehdyt kartoitukset ja tutkimukset sekä kokemus ovat osoittaneet kosteusvaurioiden olevan yleisiä.

Taulukko 1. Kosteusvauriot voidaan luokitella karkeasti seuraavasti eri ikäisissä rakennuksissa (Kansanterveyslaitos, 1995).

Rakennusajankohta	Tyypillisiä kosteusvaurioita
1950-luku	<ul style="list-style-type: none"> • Alapohjavauriot • Vesikattovauriot
1960-luku	<ul style="list-style-type: none"> • Putkistovuodot • Seinien kosteusvauriot
1970-luku	<ul style="list-style-type: none"> • Yläpohjan kosteusvauriot • Ilmanvaihtokanavien vauriot
1980-luku	<ul style="list-style-type: none"> • Seinärakenteiden vauriot • Laitevauriot ja ilmanvaihtokanavat

Edellisessä kartoituksessa havaituista kosteusvaurioista noin kaksi kolmasosaa oli korjaamatta. Korjauskustannuksiksi arvioitiin korkeintaan 10 000 mk kohde. Vaurioista valtaosa oli pieniä, korjauskustannuksiltaan vain muutamia tuhansia markkoja. Oleellista on, että nämä vähäisetkin vauriot pahenevat varsin nopeasti aiheuttaen rakenteiden turmeltumista ja mahdollisesti myös terveyshaittoja osassa rakennuskantaa. Vaurioiden määrä on paljolti tilastointikysymys: kuinka pieni kostumisjälki luetaan vaurioksi. Tutkimuksessa on ilmeisesti otettu mukaan kaikki havaitut kostumisjäljet, joista osa voi olla lähes merkityksettömiä. Toinen kysymys on se, millaisista vaurioista voi aiheutua terveyshaittaa. Ihmisten terveyden (kansanterveyden) ja sitä kautta rakennusten korjaustarpeen kannalta tämä kysymys on aivan oleellinen, koska jatkossa korjaustarvetta ei voida määritellä yksinomaan rakennusteknisten seikkojen perusteella. Meidän tulee pystyä poistamaan myös kaikki terveydellisiä ongelmia aiheuttavat tekijät vaikka niillä ei olisi suoranaista merkitystä rakennetekniseen toimivuuteen.

Vaurioiden syiden selvitys on tärkeätä, jotta osaisimme jatkossa käyttää kestäviä rakenteita. Myös vaurioiden ennalta ehkäisemisen kannalta syiden selvittäminen on oleellista. Syiden selvittämisen kannalta taas rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan ymmärtäminen on erittäin tärkeätä. Jos tiedämme miksi rakenteet vaurioituvat, niin voimme jo ennakkoon tehdä kunnostavia ja korjaavia toimia, joiden avulla kykenemme estämään vaurioiden esiintulemisen. Rakennusalan luotettavuuden ja laadun palauttamisen

kannalta tämä on toivottava tilanne, koska silloin rakennusala kykenee itsenäisesti huolehtimaan rakennuskannasta, niin uudis- kuin korjausrakentamisenkin osalta.

3.1 Vauriot ja virheet eri aikoina

Kronologisesti tarkasteltuna voidaan tehdä yleisiä havaintoja puurakennusten rakenteista ja niissä esiintyneistä ja esiintyvistä ongelmista. Tarkastelun tulokset on esitetty taulukkona liitteessä 1. Tässä on tarkasteltu lähinnä eri rakennuksissa esiintyneitä, tietoon tulleita vaurioita, kuvaukset eivät ole tarkkoja kaikkien rakenneyksityiskohtien osalta. Mikäli halutaan saada historiallisesti tarkkoja tietoja itse rakenteista, suositellaan alan lähdekirjoihin tutustumista.

3.1.1 Vanhat puurakennukset

Perinteinen puurakennustapa ennen toista maailmansotaa oli hirsirakennus, jossa yleensä oli sahanpurueristeinen tuulettuva lattiarakenne (rossilattia). Yläpohja vastasi rakenteeltaan alapohjaa. Katteet olivat alunperin pärettä tai tiiltä. Myöhemmin pärekatto uusittiin huopakatoksi. Rakennuksissa oli usein kellari joko koko rakennuksen alla tai osittainen pieni juureskellari. Tuona aikana rakennusten sisällä ei ollut pesutiloja ja myös vesipisteiden määrä oli erittäin vähäinen, vain tuleva kylmävesi ja viemäripiste. Lämmitys hoidettiin puulämmitteisillä uuneilla ja ilmanvaihto perustui lämmityksen aikaan saamaan ilmankiertoon sekä normaaliin painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Sisäpuolelta rakennukset pinnoitettiin pahvilla ja tapetilla. Pyrkimyksenä oli jo tuolloinkin tehdä ilmanpitäviä ja tiiviitä rakenteita - lämpimiä taloja. Osa näistä rakennuksista on kestänyt hyvin ajan saatossa kun taas osa on purettu pois joko toimimattomien tilojen, kaavallisten tekijöiden tai vaurioiden takia. Parhaat ja kestävimät ovat jääneet jäljelle ja osa niistä on kunnostettu nykyvaatimuksien mukaiseksi.



Kuva 1. Vanha perinteinen puutalo. Toimivassa rakennuksessa on hyvin tuulettuva, korkea perustus ja harjakatto, jossa on kunnolliset räystäät.

Vanhaan rakennuskantaan kuuluvat myös sahanpurulla ja kutterinlastulla eristetyt rankatallot, joita rakennettiin suuret määrät 1940-luvulla eri puolille Suomea ns. rintamamies-taloina. Nämä rakennukset olivat puolitoistakerroksisia ja usein osakellarillisia. Yläker-taa ei aina otettu käyttöön, mutta myöhemmin ne ovat hyvin yleisesti sisustettu asuin-noiksi. Näissäkin rakennuksissa käytettiin vielä rossilattiaa kellarittomilla osilla. Seinä-rakenteissa käytettiin tiivistävinä kerroksina pahveja (mm. tervapahvi) niin sisäpuolella kuin ulkopuolellakin.

Näissä rakennuksissa on esiintynyt kosteusvaurioita alapohjissa johtuen ryömintätilan riittämättömästä tuuleutuksesta ja maaperästä ryömintätilaan nousevasta kosteudesta rakennuspaikoilla, joissa maaperä on kostea tai joissa pintavedet pääsevät kulkeutumaan rakennuksen alle. Ryömintätilan kosteus nousee etenkin loppukesällä myös sen vuoksi, että ilman lämpötila tilassa on ulkoilman lämpötilaa alhaisempi. Tämä johtuu ulkoilmaa kylmemmästä maaperästä. Heikosti tuuletetussa alapohjassa em. ongelmat kärjistyvät aiheuttaen vaurioita. Joissakin rakennuksissa alapohjan tuuleutusta saatettiin tehostaa johtamalla poisto savupiipussa olevaan vapaaseen hormiin. Itse asiassa hyvin monessa alapohjassa on jonkun asteisia home- ja lahovaurioita. Pahimmissa tapauksissa koko alapohja on voinut sortua alas kannattajien pettäessä. Toisaalta on myös löydettävissä suuri joukko rakennuksia, joiden alapohjat ovat täysin terveitä.

Seinä- ja yläpohjarakenteet ovat yleensä säilyneet hyvinä mikäli vesikatto on pidetty ehjänä. Yläpohjien ilmanpitävyys varmistettiin näissä rakennuksissa pahvilla ja paperikerroksilla, jotka asennettiin sahanpurueristeen alle etenkin ulkoseinän ja yläpohjan liitokseen. Puolitoistakerroksisten rakennusten yläkerran käyttöönoton myötä on joskus heikennetty vesikaton alustan tuuletusta siten, että niissä tavataan selviä kosteusvaurioita. Lahovaurioita on tavattu myös alimmista hirsistä lattian kohdalta. Vauriot johtuvat joko sadeveden kulkeutumisesta perustuskiveyksen päältä seinään tai ikkunoiden alta valuneesta vedestä. Myös pesuvedet ovat voineet kulkeutua sisäpuolelta lattianrajasta seinään, jolloin lattian reuna-alueet ovat voineet vaurioitua.



Kuva 2. Rintamamiestalo. 1 ½-kerroksinen monikäyttöinen rakennus, joiden toimivuus on ollut varsin hyvä.

3.1.2 Uudemmat puurakennukset

Puurakentaminen muuttui voimakkaasti 1960 - 1970-luvuilla, jolloin alettiin käyttää yksinomaan mineraalivilloilla eristettyjä rankorakenteita, joihin kuuluivat oleellisena osana tuulenpitävät (tuulensulku) kerrokset seinämien ulkopuolella ja ilmanpitävät (ilmansulku/höyrynsulku) kerrokset rakennuksen vaipan sisäpuolella. Nämä kerrokset olivat pahvia, puusta valmistettuja levyjä tai muovikalvoja tai muovitettua pahvia. Tuulensuojana käytettiin aluksi yleisesti bitumilla kyllästettyä huokoista kuitulevyä ja jonkun verran myös rei'itettyä muovipaperia. Sisäpuolella ns. höyrynsulkuna käytettiin

yleisesti muovikalvoa ja saunoissa alumiinipaperia. Eristeet olivat kevyitä mineraalivil-latuotteita, joskin yläpohjissa käytettiin vielä lisäeristeenä sahanpurua. Alunperin katto-muotona käytettiin yleisesti loivia, räystäättömiä kattoja (ns. tasakattoja), jotka on esiin-tyneiden vesivuoto-ongelmien takia monissa tapauksissa muutettu harjakatoiksi. Ongel-mallisimpia kohtia näissä rakennuksissa ovat sisäpuolisen ilmansulun saumojen huono tiiviys, jolloin rakenteiden sisään, etenkin yläpohjiin, pääsee kulkeutumaan kosteaa sisäilmaa. Rakennusten huono tiiviys aiheuttaa myös vetohaittoja ulkoseinillä. Toisaalta rakennusten epätiiviyys on turvannut korvausilman saannin huoneisiin ja sitä kautta tehostanut kokonaisuudessaan ilmanvaihtoa, joskin mukavuuden kustannuksella.

Myös alapohja- ja perustusrakenteet muuttuivat. Miltei yksinomaisesti käytetty tuulettu-va alapohja korvattiin maanvaraisella betonirakenteella, jonka päälle usein tehtiin koo-lattu puulattia, joka eristettiin aluksi sahanpurulla, mutta myöhemmin yksinomaan mi-neraalivillalla. Betonin pinta kosteuseristettiin bitumikerroksilla. Perustukset tehtiin ma-talaperustuksina, jotka routaeristettiin ulkopuolelta tai routasuojaus hoidettiin sijoitta-malla lämmitysputket ulkoseinän vierustalle lattialaattaan tai sen alapuolelle. Rakennuk-sen sokkeleiden korkeudet ovat hyvin pienet, jolloin seinän puurakenteet saattavat lähteä likimain maanpinnan tasosta ja valesokkeleita käytettäessä jopa maanpinnan alapuolelta. Siten rakennusten seinien alaosat ja myös alapohjarakenteet ovat erittäin vaurioherkkiä. Puuseinän alaosat pääsevät kastumaan ulkopuolisista vesistä ja alapohjaan voi kulkeutua kosteutta maaperästä. Perustusten puuttuva tai toimimaton salaojitus osaltaan vielä pahentaa ongelmaa.

Putkistot sijoitettiin rakenteiden sisään betonivaluun ilman erillisiä suojaputkia. Ilman-vaihto oli yleensä perinteinen painovoimainen ratkaisu. Poistoventtiilit olivat pesutilois-sa, vessassa ja vaatehuoneessa sekä keittiössä, jossa saattoi olla koneellinen liesituuletin tehostamassa poistoa. Erillisiä tuloilmaventtiilejä ei käytetty kovinkaan yleisesti. Tämän seurauksena rakennusten ilmanvaihdon toimivuus on ollut heikko ja se on paljolti ollut riippuvainen ikkunatuuletuksesta ja rakenteiden tiiviyydestä: hatarassa rakennuksessa ilma on tuulisilla säällä vaihtunut, mutta seurauksena hallitsemattomasta vaihdosta ovat olleet vetohaitat ja kylmät rakenteiden pinnat ilmapuotoalueilla.



Kuva 3. Uudempi rakennus, jossa on jo nähtävissä riskitekijöitä. Perustus on erittäin matalalla ja rakennuksen ulkopuolen maanpinnan kallistukset ovat puutteelliset. Myös räystäät puuttuvat.

Tilankäytön kannalta uutta oli pesutilojen ja saunan rakentaminen talon sisälle. Siten veden käyttö rakennuksen sisällä lisääntyi erittäin voimakkaasti aikaisempaan verrattuna. Aikaisemmin rakennuksen yhteydessä oleva sauna ja pesutila olivat sijainneet kellaritiloissa, joissa rakenteet olivat betonirakenteisia ja siten sietivät kosteutta (homekasvustoja ei tuolloin pidetty vaarallisina) tai vielä yleisimmin erillisessä piharakennuksessa. Toisaalta tuolloinkin pesu- ja saunatilojen remontit olivat yleisiä, joihin varauduttiin aina muutamien vuosien välein.

Kellarittomissa rakennuksissa pesutilat jouduttiin toteuttamaan puurakenteisina, jolloin lahovauriot tulivat yleiseksi mikäli kosteus pääsi rakenteiden sisään. Veden käytön lisääntyminen lisäsi samalla huomattavasti kosteusrasitusta, jota ei kaikissa tapauksissa otettu riittävän vakavasti huomioon rakenneratkaisujen suunnittelussa ja toteuttamisessa. Osin voitaisiin todeta, että ns. märkätila saatettiin rakentaa normaalien huonetilojen rakenteiden mukaisesti. Kun vielä käytettiin puurakenteita siten, ettei riittävästä kosteus- ja vesieristyksestä huolehdittu, eivät rakenteiden kosteusvauriot ole mitenkään yllättäviä.

3.1.3 Uudet puurakennukset

Uusilla puurakennuksilla tässä tarkoitetaan lähinnä 1980 - 1990-lukujen rakennuksia, joiden rakenteet eivät sinänsä oleellisesti poikkea edellisistä, mutta joiden ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen ilmanvaihto tai ainakin koneellinen poisto. Vesi- ja lämmityspotket on asennettu aikaisemmasta poiketen suojaputkiin, joiden tulisi ehkäistä rakenteisiin tapahtuvat vesivuodot ja toisaalta mahdollistaa putkien vaihtamisen.

Näissä rakennuksissa tyypillistä ovat erittäin tehokas vaipan lämmöneristävyys ja hyvä tiiviys. Ikkunat ovat vähintäänkin kolmilasisia. Pesutiloissa on entistä yleisemmin käytetty kivrakenteisia seiniä ja niissä viime aikoina myös kosteudeneristyksiä. Rakennusten sokkelin korkeudet saattavat olla korkeampia, mutta voivat myös olla aivan entisen kaltaisesti liki maan tasossa. Nykyisissä rakennuksissa on selvästi tietynlainen pyrkimys toimivimpien rakenteiden käyttöön, mutta koska suunnittelun ja rakentamisen ja valvonnan tekevät samat tahot kuin aiemminkin, eivät todelliset muutokset ole aina kovinkaan merkittäviä. Näin ollen mitä ilmeisemmin tulevaisuudessa tulee ilmenemään aivan vastaavan tyyppisiä kosteusvaurioita mitä nykyisinkin.



Kuva 4. Uusi puutalo 1990-luvun alusta. Rakennuksessa on edelleen havaittavissa monia entisen kaltaisia riskitekijöitä, jotka on voitava jatkossa poistaa (matalat perustukset).

Ilmanvaihdon riittävyden kannalta uudet rakennukset ovat toimivia, mikäli laitteiden säätö on kunnossa, kanavistot ja laitteet ovat puhtaita ja laitteita käytetään oikein. Ilmanvaihto tulisi pitää päällä jatkuvasti ainakin minimiasetuksella. Vain koneellisella poistolla varustetuissa rakennuksissa, etenkin rivitaloissa, joissa poisto on hoidettu liesituulettimeen asennetuilla säätimillä on vaarana, että laitetta käytetään vain ruuanlaiton aikana. Syynä tähän on kunnollisten käyttöohjeiden puute, jolloin asukkaat eivät tiedä, että koko järjestelmää ohjataan liesituulettimen kautta. Koneellinen ilmanvaihto toimii vain silloin kun puhaltimet ovat päällä, luonnonkierto on yleensä varsin vähäistä. Toinen ongelma on tuloilmaventtiilien sulkeminen talviaikana, koska niistä sisään tuleva kylmä ilma aiheuttaa vetoa. Myös tällöin ilmanvaihto heikkenee ja ilma pyrkii tulemaan sisälle vaipassa olevien vuotoreittien kautta.

Ilmanvaihdon puute aiheuttaa kosteuden kertymisen pesutiloihin ja pitkäaikaisen kosteusrasituksen, jolloin esim. mikrobien kasvu voi tulla mahdolliseksi. Heikko ilmanvaihto aiheuttaa rakennuksen sisälle yläosiin ylipaineen, jolloin kostea sisäilma voi tunkeutua vuotokohdista rakenteisiin ja kondensoitua sinne aiheuttaen kosteusvaurioita. Heti käyttöönoton jälkeen uusissa rakennuksissa puutteellinen ilmanvaihto voi aiheuttaa rakennusmateriaaleista ilmaan tulevien ihmisille haitallisten päästöjen kertymisen huoneilmaan.

3.2 Rakennerratkaisuista aiheutuvia vaurioita

3.2.1 Rossilattiat

Pientalojen osalta ongelmallisimpia ovat olleet rossilattioiden korvaaminen maanvaraisilla betonilaatoilla. Vanhan alapohjan hiekalla täyttämisen yhteydessä joutuvat vanhojen puuseinien alaosat hiekan peittoon, josta on kovin usein ollut seurauksena lattiasienivauriot (ja jo aikaisemmin homevauriot). Vanhat rossilattiat tulisikin säilyttää ennallaan aina kun se vain on mahdollista. Itse lattiarakenteen tiiviyyttä ja lämmöneristystä voidaan sen sijaan parantaa ja kunnostaa korjauksen yhteydessä. Rossilattian muuttamiseksi maanvaraiseksi laataksi on kovin vaikea löytää luotettavaa ja varmaa ratkaisua. Myös laajennusrakentamisessa silloin, kun laajennusosa tehdään maanvaraisena esiintyy, edellisen kaltainen ongelma rakennusten liitoskohdassa. (Rantamäki, 1977)

Olemassa olevien rossilattioiden alustan tuuleuksesta on huolehdittava. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuuletusaukkoja on oltava riittävästi ulko- ja välisokkeleissa ja ne on pidettävä avoimena koko kesän ajan. Tällä tavoin varmistetaan alustan riittävä tuuletus, jolloin kosteus ei nouse puutavaran kannalta liian korkeaksi. Pintavesien kulkeutuminen ryömintätilan maaperään on myös estettävä eikä ryömintätilan maanpinta saa olla ulkopuolen maanpintaa alempana. Maasta ryömintätilaan tulevaa kosteutta voidaan vä-

hentää maapohjan päälle levitettävän eristeen tai soran avulla. (Kääriäinen & Rantamäki, 1993b, Nieminen & Rantamäki, 1991)

Rossilattiarakennetta on alettu käyttää jälleen uudisrakentamisessa. Näissä kohteissa on esiintynyt ilmavuotoja lattian läpi ja eristyspuutteita. Rakenteissa on otettava huomioon, että nykyisin käytetyt eristeet ovat usein hyvin ilmaa läpäiseviä, jolloin ryömintätilan puolelle on rakennettava luotettava ilmansulkukerros. Myös sisällä lattiapinnan alapuolella on oltava ilmanpitävä kerros.

3.2.2 Betonilaatan päälle rakennetut puulattiat

Varsin yleinen tapa on ollut, ja on edelleenkin, rakentaa maanvaraisen betonilaatan päälle koolattu puulattia. Lattioissa ilmenee laho- ja homevauriota. Vaurion aiheuttajana on joko maaperästä kulkeutuva kosteus tai nurkka-alueiden kylmiin pintoihin mahdollisesti tiivistyvä sisäilman kosteus. Myös sisätiloista rakenteisiin joutuva vesi voi aiheuttaa vaurioita, esim. putkistojen vuodot, kylmävesiputkien kondenssi ja satunnaiset vesivauriot. Mikäli eristetilaan joutuu kosteutta, on sen kuivuminen erittäin hidasta.

Jotta rakenne toimisi oikein on betonilaatan alapuolelle asetettava lämmöneristys, kuten yleisesti on tehtykin. Tällöin betonilaatan lämpötila nousee ja sen seurauksena suhteellinen kosteus alenee puulattiassa. Usein eriste on estänyt huonosti kuivatuilla rakennuspaikoilla kapillaarisen kosteuden tunkeutumisen betoniin. Tosin vanhemmissa lattiarakenteissa ei ole aina käytetty alapuolista eristystä, joten ne ovat erittäin vaurioherkkiä, kun vielä lisäksi alapuolinen maa saattaa olla hienojakoista vettä kuljettavaa. Ruotsissa ko. tyyppisissä ratkaisuissa on esiintynyt erittäin pahoja homeongelmia, joiden suurimpana syynä on se, että laattojen alla ei ole käytetty lämmöneristystä. Rakenteessa täytyy puutavara ja betoni aina erottaa toisistaan bitumi- tai muovieristeellä. Koko betonilaatan pinnan eristäminen ei sen sijaan ole tarpeen, jos rakenne muuten on toimiva. (Kääriäinen & Rantamäki, 1993a, 1993b)

3.2.3 Putkijohdot

Pientalojen putkijohtojen vuotovauriot ovat viime vuosina lisääntyneet huomattavasti. Esim. vuonna 1995 vuototapahtumia esiintyi noin 17 000 pientalossa ja niistä maksetut vakuutuskorvaukset olivat liki 200 milj. mk. Lisänä kustannuksiin tulee vielä laskea vakuutusnottajan omavastuut. Runsaimmin vuotoja esiintyy liitoksissa (lähes 50 % vaurioista). Rakentamisessa tehdyt virheet tai puutteet aiheuttavat liki 60 % vaurioista. (Määttä & Kaunisto, 1997)

Puurakennuksissa vuotovauriot voivat aiheuttaa laajojakin kosteusvaurioita, mikäli vuotoja ei heti huomata tai niitä ei saada paikannettua. Harvinaista eivät ole koko alapohjarakenteen turmeltumiset, jolloin vahinko voi nousta jopa satoihin tuhansiin markkoihin. Vauriotapauksissa on oleellista nopea rakenteiden kuivatus, koska homeenkasvu käynnistyy jo runsaan viikon kuluessa rakenteen kastumisesta (Sisäilmastoseminaari, 1998)

Vanhemmassa rakennuskannassa ongelmana on, että putkijohdot sijaitsevat rakenteiden sisällä piilossa, jolloin vuotoja ei heti havaita. Myös uudemmissa rakennuksissa, joissa kupariputket on asennettu muoviseen suojaputkeen on todettu vuotoja. Viime vuosina on siirrytty hyvin laajasti muoviputkien käyttöön. Kokemustiedot niiden pitkäaikaiskestävyydestä rakennuksissa ovat vielä varsin vähäisiä.

3.3 Virheiden ja vaurioiden välttäminen

3.3.1 Rakennuskosteus

Rakennuksen ulkovaippaan (seinät, katot, ikkunat, lattiat) kohdistuvista kosteusrasituksesta oleellisimpia ovat:

- rakennuskosteus (rakentamisen yhteydessä tuleva kosteus)
- vesi- ja lumisade
- maaperän kosteus ja pintavedet
- ulkoilman kosteus
- sisäilman kosteus
- sisäpuoliset käyttövedet (lähinnä pesutiloissa)
- putkivuodot.

Rakentamisessa käytetään materiaaleja jotka sisältävät paljon kosteutta verrattuna siihen kosteustilaan, missä ne käytössä tulevat olemaan. Materiaali asettuu pitkällä aikajänteellä aina ympäröivän ilman mukaiseen kosteustilaan ns. tasapainokosteuteen.

Taulukossa 2 on esitetty muutamien materiaalien rakennuskosteuden määriä. Esim. betonilaatan osalta rakennuskosteus merkitsee sitä, että 10 cm paksusta betonilaatasta haihtuu vettä pois noin sangollinen neliötä kohti, ennenkuin se on tasapainokosteudessaan. Betonilattiat on kuivattava alle kriittisen kosteuden ennen niiden päällystämistä (Betonilattiat, 1997). Erityisen ongelmallisia ovat betonilaatat, jotka pääsevät kuivumaan vain toiseen suuntaa, koska tässä tapauksessa kuivumisaika pitenee huomattavasti (esim. pellin tai muovikalvon päälle valetut betonilaatat). Betonilattian kosteus tulisikin aina todeta mittaamalla ennen päällystämistä, jotta vaurioilta vältyttäisiin.

Taulukko 2. Materiaalista poistuvan kosteuden määrä rakentamisen jälkeen 50 % (RH) tasapainokosteuteen.

MATERIAALI	POISTUVA KOSTEUS, kg/m ³
Betoni	80
Kevytbetoni	80 - 150
Muuraus	70
Puu	20

Rakennukseen kulkeutuu rakennusaikana kosteutta myös vesi- ja lumisateena, mikä entisestään lisää kuivattamistarvetta. On huomattava, että myös vanha betonirakenne on kastumisen jälkeen kuivatettava aivan samoin kuin vasta valettu. Korjauskohteissa vanhat rakenteet pääsevät usein kastumaan sateiden aikana.

Mikäli betonilattia on päällystettäessä liian kostea, ilmenee muovimatoissa muodonmuutoksia ja liiman pehmenemistä, jotka aiheuttavat epämiellyttävää hajua. Myös homeita voi esiintyä. Parketissa ja puulattioissa voi ilmetä muodonmuutoksia sekä homehtumista ja pahimmillaan lahovaurioita. Myös tasoitteet voivat tuhoutua liiallisessa kosteudessa ja tuottaa epämiellyttäviä hajuja huoneilmaan (mm. ammoniakia).

3.3.2 Ilman kosteus

Ilma sisältää aina jonkin verran vesihöyryä. Vesihöyryn määrä ilmassa ilmoitetaan joko suhteellisena kosteutena (yksikkönä %) tai absoluuttisena kosteutena (yksikkönä g/m³). Suhteellisen kosteuden yhteydessä käytetään usein lisämerkintää RH (=relative humidity), jotta lukemaa ei sotkettaisi materiaalien painokosteuteen (esim. puun sisältämä vesimäärä ilmoitetaan painokosteutena kuivapainosta ja merkitään usein paino-%).

Suhteellinen kosteus ilmoittaa, kuinka monta prosenttia ilma sisältää vettä verrattuna enimmäiskosteuteen, jonka se voi sisältää samassa lämpötilassa. Suhteellinen kosteus on siten aina lämpötilasta riippuva: kun mitataan suhteellinen kosteus on aina mitattava myös lämpötila, joiden avulla voidaan määrittellä todellinen (absoluuttinen) kosteus.

Mikäli sisäilmassa oleva kosteus kohtaa pinnan jonka lämpötila on alempi kuin kastepistelämpötila, tiivistyy kosteus vedeksi, jolloin rakenne luonnollisesti kostuu. Tällaisia kylmiä pintoja ovat ikkunalasit, rakennuksen nurkkakohdat ja huonosti lämmöneristetyt seinän tai katon osat (kylmäsilat). Seurauksena sisäpintojen kostumisesta voi olla maalien irtoaminen ja homeenmuodostus, joskus jopa lahoaminenkin.

Jos kosteaa sisäilmaa pääsee tunkeutumaan rakenteen sisään, voi se tiivistyä (kondensoitua) sinne. Syynä ilmavuotoihin ovat seinän sisäpuolella olevien ilmansulkujen (höyrünsulku) vuodot. Mikäli rakennuksen sisällä on ylipaine, kuten rakennusten yläosissa usein on, lisää se ilmavuotoja rakenteen läpi. Rakenteen kostuminen aiheuttaa hyvin helposti homeen kasvua, sillä kosteuden kuivuminen rakenteen sisältä on erittäin hidasta. Tyypillinen ilmavuodosta aiheutuva kosteusvaurio on kylmien ullakkotilojen kostuminen talvisaikana.

3.3.3 Pesutilojen kosteus - kosteusvauriot

Pesutiloissa käytetään paljon vettä, joten tilojen pintarakenteiden (seinät ja lattiat) on oltava täysin vedenpitäviä. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että kevytrakenteisissa pesutiloissa suihkun alueella lattiaan ja seiniin on tehtävä erillinen vedeneristys, kun pinnat päällystetään keraamisilla laatoilla. Muovimattoja pintamateriaalina käytettäessä matto muodostaa vedenpitävän kerroksen. Myös kiviaineisiin seiniin on tehtävä vedeneristys. Vielä nykyisinkin tätä hyvin yleisesti laiminlyödään. Veden tiivistyminen sisäpinnoille tilojen käytön aikana on normaali tilanne. Kosteutta sietävien rakenteiden ja materiaalien lisäksi on erittäin tärkeätä, että pesutilojen ilmanvaihto on riittävän tehokasta ja lämpötila riittävän korkea varsinkin vesien käsittelyn jälkeen. Tällöin kosteus kuivuu pois niin nopeasti ettei pinnoille ehdi muodostua homeita. Käytännössä on todettu, että homeen kasvu käynnistyy märillä/kosteilla pinnoilla jo viikon sisällä normaalissa huoneilman lämpötilassa.

Rakennuksissa, joissa on painovoimainen ilmanvaihto, voi poistoilmanvaihto-venttiilien sulkeminen johtaa niin korkeisiin sisäilman kosteuksiin tavallisissakin huonetiloissa, että pinnat kostuvat ja homehtuvat. Erityisen paljon ilmaan tulee kosteutta esim. pyykin-kuivauksen aikana. Ilma kykenee sitomaan itseensä vain erittäin pieniä kosteusmääriä: 20 °C:n lämpötilassa ilman sitoma maksimi vesipitoisuus on vain 17 g/ilma-m³. Loppu vesi tiivistyy huoneen pinnoille - mitä kylmempi pinta sitä enemmän kosteutta tiivistyy. Kylpyhuoneiden tarpeenmukaista ilmanvaihtoa olisikin selvitettävä: miten saada käytön aikainen ja sen jälkeinen tuuletus riittävän tehokkaaksi, mutta energiaystävälliseksi siten, ettei koko rakennuksen ilmanvaihtoa tarvitse kohtuuttomasti kasvattaa.

Vanhemmissa huonosti vesieristetyissä kevytrakenteisissa pesutiloissa, joissa seinät on tehty rakennuslevyistä (kipsi-, lastu- ja kuitulevy ym.) ilmenee ja tulee ilmenemään paljon kosteusvaurioita. Levyn päälle kiinnitetty keraamisen laatan saumat läpäisevät vettä. Samoin läpivientien ja kiinnitysten tiivistykset on usein tehty huolimattomasti, jolloin vettä pääsee suoraan seinän sisään esim. vesihanojen läpiviennistä suihkun kohdalla. Lattian ja seinän välinen sauma on erittäin vaurioherkkä. Sauma on tiivistetty silikonikittillä, mutta jos pinnat ovat olleet pölyiset tai tiivistämistyö muuten huolimaton, voi sauma vuotaa. Vuotojen havaitseminen riittävän ajoissa on miltei mahdotonta.

Nykyisin rakennuslevyseinissä käytetään levyn pinnassa kosteussulkusivelyä. Tämä ehkä kykenee huolellisesti tehtynä estämään kosteuden tunkeutumisen seinään. Kuitenkin varmempaa on rakentaa joko kaikki tai ainakin rasitetuimmat kylpyhuoneen seinät kivi-rakenteisina tai käyttää rakennuslevyjen päällä yhtenäiseksi saumattuja muovimattoja. Tiiliseinissä on tiilen pinnassa käytettävä rasitetuimmissa kohdissa vedeneristystä ja muualla kosteudeneristystä, koska vesi voi tunkeutua keraamisten laattojen saumasta seinään ja irrottaa toisen puolen tiiviit pinnoitteet, tai mikäli tiilimuuraus on puuseinää vasten, aiheuttaa vuosien myötä home- tai lahovaurioita. Ulkoseiniä vasten tiilimuuraus on ollut varsin ongelmallinen, koska esim. elementtirakennuksessa höyrynsulku on voinut jäädä paikoilleen ja estää mahdollisen kosteuden kulkeutumisen ulos. Toisaalta eräissä vauriotapauksissa se on kyennyt estämään lahon etenemisen runkorakenteisiin.

3.3.4 Ulkopuolen vedet ja kosteus

Sadevesi

Vesisade kohdistuu ulkopuolelta suoraan seiniin ja kattoihin. Seinän ulkoverhouksen pitää kyetä estämään veden tunkeutuminen rakenteen sisälle ja olla tuulettuva, jolloin seinään mahdollisesti tunkeutunut vähäinen kosteus voi kuivua pois. Rakennuksessa on oltava myös kunnan räystäät.

Pientaloissa seinien saderasitus on yleensä varsin vähäinen, joten pahoja ongelmia esiintyy harvoin ikkunoiden alareunoja lukuunottamatta, joiden kautta vesi voi päästä seinän sisään. Kun rakennamme kerrostaloja puusta, tulee tämä rasitustekijä ottaa huomioon erittäin tarkoin. Ulkoverhouksen vauriot ovat sinänsä yleisiä (maalin irtoaminen, paikallinen laho ja pinnan homehtuminen ym.). Nämä vauriot ovat osittain normaalia ikääntymistä, sillä ulkorakenteethan joudutaan ajoittain kunnostamaan ja korjaamaan, joskin korjausvälin pituutta tulee pyrkiä pitentämään. Seinät on joka tapauksessa rakennettava niin, että mahdollinen rakenteeseen tunkeutunut vesi ohjautuu sieltä pois eikä rakenteisiin pääse syntymään kosteusvaurioita pitemmälläkään ajanjaksolla. Näinhän ei ole asianlaita esim. valesokkelirakenteessa, jossa puuseinän alaosa on täysin betonin ympäröimässä kolossa. Sinne päässyt vesi kuivuu erittäin hitaasti pois rakenteesta. Yleensä tällaisessa tapauksessa seurauksena onkin lahovaurio, joka havaitaan vasta vuosien kuluttua. Tähän rakenteeseen kosteus voi tulla myös sisäpuolelta esim. pesutilan vuotavan lattianrajatiivistyksen kautta. Ulkopuolen valumavedet tai maaperän kosteus voi myös aiheuttaa kastumisen (ks. seuraava luku).

Suppean kenttäkartoitusten (1970-luvun pientaloja) yhteydessä havaittiin, että seinän alaosan kosteus pesutilojen kohdalla oli erittäin korkea jopa joka kolmannessa tutkituista taloista. Ilmeisenä syynä oli sisäpuolen vuotava pesutilan lattianraja (Tulla, 1984).

Ulkoseinän alaosan vaurioriski

Ulkoseinärakenteen alaosan kosteuksia on tutkittu seuranta tutkimuksissa niin Suomessa kuin Ruotsissakin (Suomessa seuranta 5 vuoden ajan) uudemmissa 1980-luvun alussa rakennetuissa omakotitaloissa. Seurannan yleistulos oli, että rakenteet vaikuttivat toimivan kosteusmielessä tyydyttävästi. Lahovaurioita ei havaittu ja kosteudet olivat yleensä riittävän alhaisia. Pesutilojen lattialämmityksellä havaittiin olevan suotuisa vaikutus puurakenteiden kosteuksiin. (Tulla, 1991)

Valesokkelilla varustetun matalaperustuksen yksi yleinen ongelma on ulkopuolen maanpinnan korkeusasema seinän alajuoksuun nähden: monissa tapauksissa alajuoksu on selvästi maanpinnan alapuolella. Mikäli sokkelin viereen kerääntyy vettä esim. keväällä lumien sulamisen yhteydessä voi tästä seurata puuseinän alaosan kastuminen. Mikäli sisäverhouslevy (rakennuslevy, kipsilevy ym.) on kiinni alajuoksussa, imee se vettä itseensä ja kuljettaa sitä ylöspäin. Seurauksena on seinäpinna maalin turmeltuminen ja pintojen homehtuminen. On mahdollista myös, että runkorakenteet alkavat lahota. Valesokkelirakennetta tulee käyttää harkiten. Esim. verhouksen taakse tunkeutuvan veden poisjohtaminen on suunniteltava toimivaksi.

Tämäntyyppisten vaurioiden estämiseksi on ulkopuolen maanpinta aina jätettävä seinän puuosien alapuolelle ja lisäksi muotoiltava perustuksesta pois päin viettäväksi. Vähimmäiskorkeutena voitaneen pitää 300 mm. Olemassa olevissa rakennuksissa tämä edellyttää maanpinnan uudelleen muotoilu tai seinärakenteen alaosan korjaamista.

Vesikattovuodot

Ns. tasakattojen vuodot ovat aiheuttaneet paljon ongelmia. Perussyynä on jään muodostuminen katoille etenkin kattokaivojen ympäristöön. Lämpömuodonmuutokset repivät vesieristeet rikki ja jääkerrokset aiheuttavat lisäksi veden lammikoitumista katolle. Vuotovedet kulkeutuvat yläpohjan höyrinsulkumuovia pitkin ja tulevat usein sisätiloihin aivan eri kohdasta missä kattovuoto on. Vesi saattaa jäädä muovin päälle, jolloin pitemmän ajan kuluessa tästä voi aiheutua home- ja lahovaurioita. Toinen vaurion aiheuttaja on kattojen huono tuuletus yhdistettynä sisältä tulevaan ilmapuotoon. Pahimmillaan seurauksena on ollut kattorakenteiden voimakas homehtuminen ja lahoaminen. Myös muita vaurion syitä esiintyy, kuten matalien räystääiden kautta kulkeutuva vesi, huonot huovat ja liian pienet kallistukset.



Kuva 5. Loivat katot ovat aiheuttaneet paljon ongelmia. Kunnollinen harjakatto on luotettava ratkaisu, joskin katemateriaalien paranemisen myötä myöskin loivat katot voidaan tehdä ja korjata varsin luotettavaksi.

Vuotavia kattorakenteita ei ole välttämättä kuivatettu ollenkaan, jolloin home/lahokasvusto on saanut rauhassa muodostua ja se on jäänyt kattoon. Vuosien kuluessa tämä saattaa aiheuttaa ongelmia, kun rakenteiden kautta alkaa virrata ilmaa sisätiloihin, jonka mukana kulkeutuu homepölyä. Syynä tällaiseen muutokseen voi olla esim. ilmanvaihdon muutokset (esim. liesituulettimen asentaminen) tai rakennuksen muut korjaukset.

3.4 Kokemustiedot ja toimivuuden varmistaminen

Olemassa olevan rakennuskannan osalta on tärkeää, että potentiaaliset vaurioitumismahdollisuudet selvitetään ja luodaan keinot niiden poistamiseen ja toisaalta myös vaurioiden havaitsemiseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ennen kuin niistä on seurauksena terveyshaittoja tai laajempaa rakenteiden turmeltumista. Rakennuskannassa esiintyvät ongelmat ovat ensi sijassa rakennusteknisiä ongelmia ja ne tulee myös ratkaista rakennusteknisin menetelmin alan asiantuntijoiden toimesta. Sinänsä ratkaisujen kehittäminen edellyttää rakennusalan, mikrobiologian ja lääketieteellisen asiantuntemuk-

sen käyttämistä siten, että eri alojen asiantuntijat tekevät työtä tiiviissä yhteistoiminnassa.

Varmistettaessa olemassa olevien rakennusten toimivuus kehitetään samalla luonnostaan uudisrakentamisratkaisujakin, kuntotutkimusmenetelmiä ja korjaus-rakentamista, joten se edistää hyvin laajalla rintamalla puurakentamisen kehittämistä (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus, 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus, 1997).

Tämän projektin yhtenä oleellisena osana kehitetty riskianalyysi on keskeinen väline em. kehitystyössä. Seuraavassa on tarkasteltu muutamia ajankohtaisia aiheita, jotka ovat aiheuttaneet varsin paljon hämmennystä niin ammattilaisten, mutta ennen kaikkea suuren yleisön keskuudessa. Tarkasteltaviin asioihin ei ole olemassa mitään ainoa oikeaa ratkaisua, mutta tässä halutaan tuoda lyhyesti näkökantoja keskustelun ja päätöksenteon pohjiksi.

Nykyisin paljon esillä olevat ”hengittävät” rakennukset ovat käsitteenä varsin monitahoinen. Itse termiä ”hengittävä” käytetään eri tavoilla, jolloin yhteisen kielen löytäminen on vaikeaa. Käsitettä käytetään kuvaamaan yleensä jotain myönteistä, mutta sinänsä tarkemmin määrittelemätöntä asiaa. Hengittävyydellä voidaan tarkoittaa sitä, että rakenteet tasaavat kosteuden vaikutusta (ehkä myös muiden kaasujen) ja toisaalta rakenteiden lävitse kulkee ilmaa. Kaasujen ja kosteuden puskurointi ovat sinänsä hyviä ja myös mahdollisia asioita esim. pinnoittamattoman puun tai huokoisen rakennuslevyn osalta, mutta ilman kulkeutuminen rakenteiden läpi on jo monimutkaisempi kysymys. Lähtökohdana rakentamisessa on oltava, että ilmanvaihto olisi hallittua ja rakenteiden lävitse ei olisi merkittäviä ilmavirtoja, jotka voivat aiheuttaa vetohaittoja, kylmiä pintoja ja pahimmillaan jopa kosteushaittoja. Puurakennuksissa ulkovaipparakenteiden tulisi olla ilmanpitävä. Hengittävistä taloista puhuttaessa on tärkeitä ensin selvittää mitä hengittävyys on ja sen jälkeen mitä todellisia, ei kuvitteellisia, etuja hengittävällä rakenteella on nykyisin käytettyihin rakenteisiin verrattuna. Aihetta sivuavia tutkimuksia on menossa eri tahoilla, joten piakkoin saataneen lisätietoa asiasta.

Nykykäytännön mukaan toimivan rakennuksena ulkovaipassa tulee olla ulkopuolella taustaltaan hyvin tuulettuva verhous, sen jälkeen tuulensulku, joka estää ilmavirtaukset lämmöneristetilaan ja sisäpuolella ilmansulku, joka estää sisäilman virtaamisen rakenteen lävitse. Samalla ilmansulku estää myös kylmän ulkoilman mahdollisen virtaamisen rakennuksen sisään etenkin seinän ja lattian liitoksesta. Sisäpuolisen pintarakenteen vesihöyrynvastuksen tulee olla vähintään viisikertaa suurempi kuin ulkopinnan (tuulensulun). Ilmansulku voi olla paperia, pahvia tai muovia. Muovista sulkua nimitetään yleisesti höyrynsulkuksi, jolloin sen tehtävänä on estää myös sisäilman vesihöyryntunkeutuminen diffuusion muodossa rakenteisiin. Höyrynsulkua tarvitaan silloin, kun sisäilman kosteus on tavanomaista korkeampi.

Edellisten lisäksi rakennuksen ilmanvaihdon on oltava riittävä kaikissa tiloissa ja tuloilman on oltava puhdasta. Sillä seikalla miten tämä riittävä vaihtuvuus saadaan aikaseksi ei sinällään ole suurtakaan merkitystä. Hallitummin riittävä ilmanvaihto on toteutettavissa koneellisesti, joskin myös muunlaisia järjestelmiä tai niiden yhdistelmiä voidaan käyttää. Käytettävien sisäpuolisten pintamateriaalien tulee olla sellaisia etteivät ne tuota sisäilmaan terveydelle vaarallisia kaasuja (emissioita). Materiaaleille on olemassa vapaehtoisuuteen perustuva päästöluokittelu, jonka mukaisia materiaaleja on nykyisin saatavilla. Aikaisemminkaan käytetyt rakenteet eivät olleet ilmaa läpäiseviä, joten rakennuksissa tarvittiin tuolloinkin erillinen ilmanvaihto, myös tuloilma on pyritty saamaan hallitusti sisälle rakennuksiin. Ikkunatuuletus oli yleistä, eikä siihen ole tänäkään päivänä mitään esteitä, sitä voidaan käyttää ilmanvaihdon tehostamiseen. Voitanee todeta, että rakennus, jonka sisäpinnat ovat verhottu tai päällystetty tiiviillä pinnoitteilla (maalit, lakat, tapetit ym.), hengittää ensi sijaisesti ilmanvaihtonsa kautta - ilmanvaihto muodostaa rakennuksen keuhkot.

Olemassa olevien rakennusten kosteusvauriokorjauksissa ongelmana on ollut todellisten vauriosyiden löytyminen. Mikäli syytä ei löydetä tai sitä ei voida poistaa, on vaarassa vaurion uusiutuminen. Vesivuotovaurioissa on vaarana etenkin aikaisemmin ollut, että on korjattu vain itse putkivuoto ja jätetty märät rakenteet kuivumaan itsekseen. Näihin kohteisiin ehtii miltei aina muodostua homekasvustoa ennen kuin rakenteet ovat riittävästi kuivia.

Uudisrakennuksiin ja korjauskohteisiin on kehiteltävä entistä toimivampia ja varmempia ratkaisuja lattioihin, ulkoseinän ja sokkelin liittymään ja etenkin pesutiloihin. Jatkossa huomattava parannus tulee olemaan uudistetut Rakennusten kosteus- ja vedeneristysmääräykset ja ohjeet, jotka ympäristöministeriö julkaisee vuonna 1998. Niissä tullaan esittämään selkeitä uusia vaatimuksia juuri niille rakenteille, jotka ovat aiheuttaneet valta osan meidän rakennustemme kosteusvauriosta. Ohjeita voidaan käyttää soveltuvin osin myös korjausrakentamisessa.



Kuva 6. Puurakentaminen on saavuttamassa maassamme uuden tason kerrostalorakentamisen myötä. Yhdistämällä teoreettinen tietämys kokemustietoon ja muualta saatavaan käyttökokemukseen ollaan koe- ja mallirakentamisen kautta tuottamassa toimivia ja pitkäkestoisia puurakennuksia.

4. Riskiarviointi

4.1 Teoriaa ja lähtöolettamukset

Teoreettinen tarkastelu on pyritty minimoimaan, koska vanhoista rakennuksista ei ole olemassa tarkkaa tilastotietoa. Laskelmia, joita on esitetty, tulee tarkastella esimerkkeinä. Tärkeintä on esitetyn tarkastelutavan ymmärtäminen. Riskiarviointi tulee tehdä aina rakennuskohtaisena ja ottaa huomioon siinä vallitsevat olot. Asumismukavuuden alenemista kosteus- tai homevaurioiden seurauksena samoin kuin vaurioiden irtaimistolle tekemiä vahinkoja ei laskelmiin ole sisällytetty. Näiden mukaanotto johtaisi entistä riskitömpämpiä ratkaisujen suosimiseen.

Riskillä ymmärretään tässä tapauksessa tapahtuman todennäköisyyttä kerrottuna siitä aiheutuvilla kustannuksilla. Kaavana

$$R = f \times S, \quad (1)$$

missä

f on tapahtuman todennäköisyys vuodessa tarkasteluajankohtana
 S on tapahtumasta aiheutuvat kustannukset.

Jatkossa f on oletettu tasan jakautuneeksi, koska vaurioitumisjakaumia ei tunneta. Mahdollisesti myöhemmin voidaan joillekin vaurioille esittää jakaumat. Laskelmien periaate pysyy samana, mutta laskelmat monimutkaistuvat huomattavasti.

Todennäköisyys f perustuu asiantuntija-arviointiin ja kenttäselvityksiin. Arvio sisältää kuitenkin epävarmuutta ja siksi riskiarvion tekijän on syytä käyttää parhainta saatavissa olevaa arviota yksittäisiä rakenteita arvioidessaan.

Vuosittaiselle vakioidulle riskille voidaan laskea nykyarvo kertomalla riski diskonttauskerroimella, joka saadaan kaavasta

$$d = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (2)$$

missä

n on vuosina rakennuksen jäljellä oleva elinikä
 i on vuosittain maksettava korko.

Liitteessä 3 on annettu joitakin laskettuja lukuarvoja eri i :n ja n :n arvoille.

Jatkossa tehdyissä laskelmissa on yksinomaan käytetty d :lle arvoa $1/i$, joka saadaan, kun rakennusta ei pureta näköpiirissä olevana aikana. Korkona on käytetty 5%:a, jolloin $d = 20$. Mikäli rakennuksen käyttöikä on tiedossa on syytä käyttää sitä vastaavaa n :n arvoa. Esimerkiksi viiden prosentin korolla ja arvolla $n = 20$, $d = 12,5$, mikä voi muuttaa laskelmista tehtäviä johtopäätöksiä. Jos käyttöaika on rajoitettu, ei kovin raskaisiin rakenteiden muutoksiin kannata ryhtyä mahdollisista riskeistä huolimatta.

Riskin nykyarvo E saadaan kaavasta

$$E = d \times R \quad (3)$$

Usein on vertailtavana kaksi rakennetta, joille voidaan laskea kummallekin riskien nykyarvot E_1 ja E_2 . Jos oletetaan, että $E_1 > E_2$, niin rakennuskustannuksia voidaan kasvattaa taloudellisesti enintään erotuksen $E_1 - E_2$ verran valittaessa vaihtoehto 2. Joissakin tapauksissa on kyseessä virheratkaisu, jolloin E_2 voi olla nolla. Useamman korjauskerran vaikutuksia riskin suuruuteen ei ole otettu huomioon.

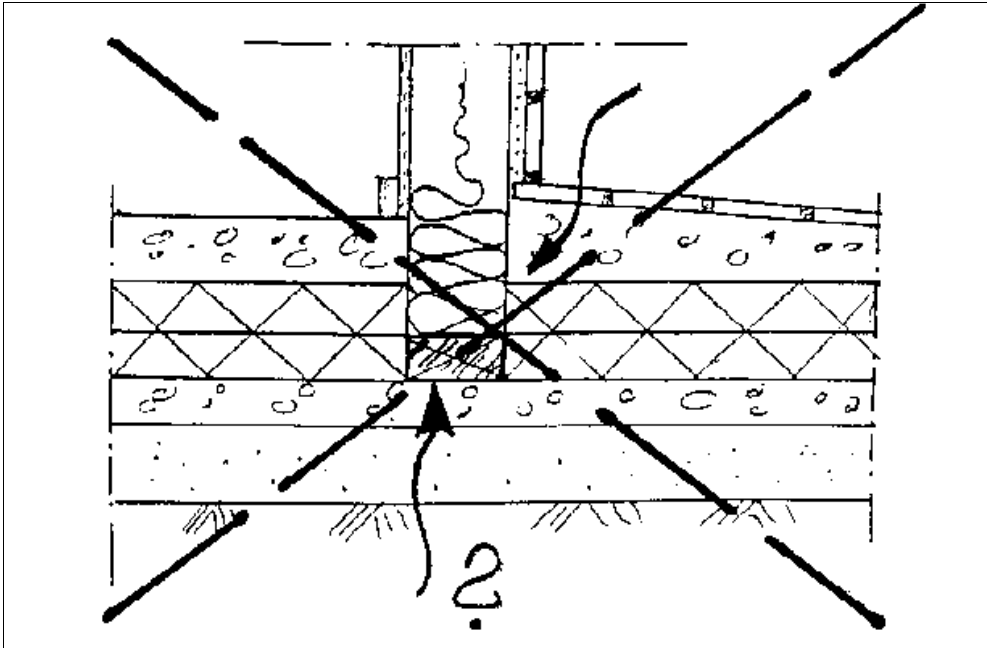
4.2 Eri rakenteiden riskialttius

Riskianalyysi on tehty VTT Rakennustekniikan sisäisenä kyselyselvityksenä. Kyselyyn ovat vastanneet kentällä vaurioiden kanssa tekemisissä olleet neljä tutkijaa ja yksi tutkimusavustaja. Vaurioselvitysten yhteydessä rakenteita avataan ja myös piilevät vauriot pyritään saamaan esiin. Kaikki vastanneet ovat tutkineet rakennusten vaurioita yli kymmenen vuotta.

Jonkinasteisesta mielipiteiden hajonnasta huolimatta voidaan yhteenvedona esittää seuraava järjestys viimeisten vuosikymmenien aikana käytettyjen rakennusratkaisujen vaurioitumisriskistä. On syytä huomata, että monet käytetyistä ratkaisuista ovat tämän päivän käsityksen mukaan riskirakenteita. Riskianalyyysien esimerkkitarkastelujen laskelmat ja tulokset on esitetty liitteessä 2.

Pesuhuoneen seinärakenteet

Tärkeimpänä riskirakenteena on pidetty levyrakenteista puuseinää, jonka puurakenteet alkavat lattia pinnan alapuolelta. Usein näissä rakenteissa on heikot kosteuseristeet tai ne on tehty käyttämättä kosteuden- tai vedeneristystä lainkaan. Varsinkin laatoitettuna tällainen rakenne on erittäin riskialtis. Lähes yhtä vaarallisena on pidetty levyrakenteista seinää, vaikka se alkaisi lattiapinnan tasalta. Suihkunurkka on selvästi pahin vaurioalue. Usein suihku sijaitsee saunaa vasten olevalla seinällä, jossa kevytrakenteisessa seinässä orgaanista ainetta on kahden tiiviin kalvon välissä. Myös ulkoseinällä voi olla samantapainen rakenne.

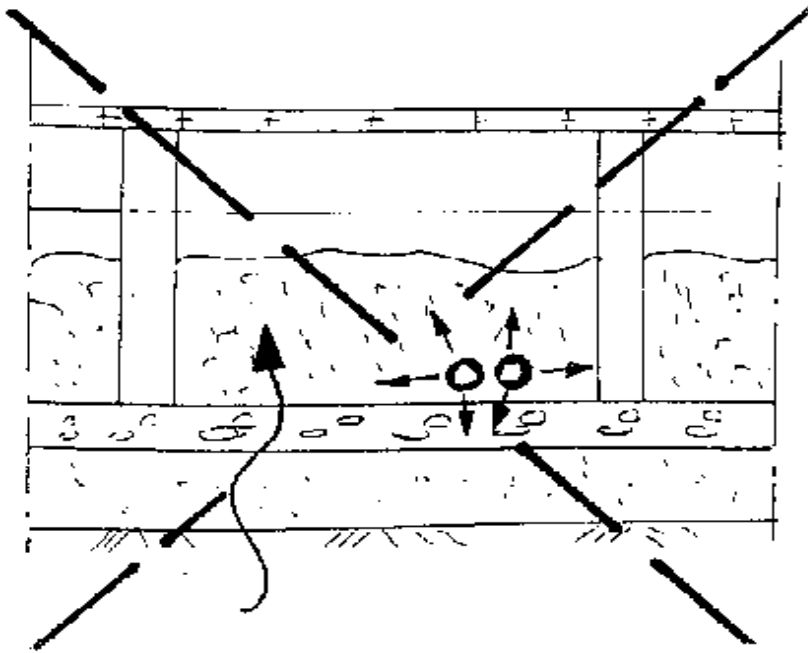


Kuva 7. Pesuhuoneen riskialtis seinärakenne.

Syynä vaurioihin pesuhuoneiden puurakenteisissa seinärakenteissa ei sinänsä ole puurakenne, vaan toimimattomat tai puuttuvat veden- ja kosteudeneristeet.

Maanvarainen laatta

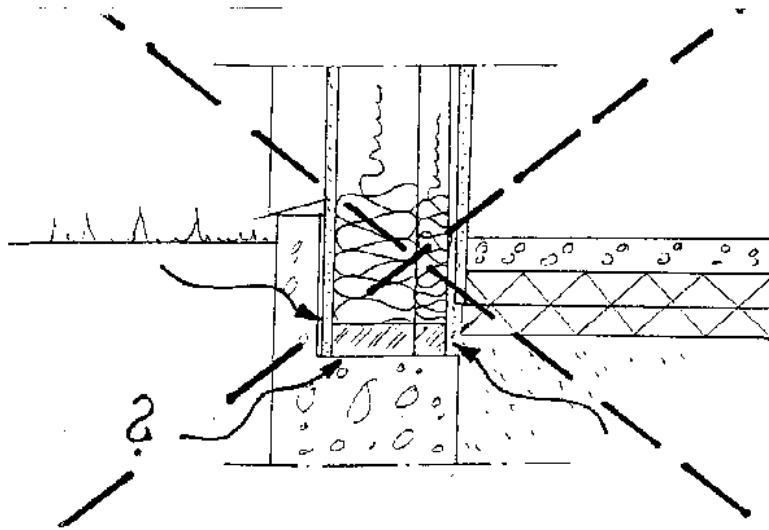
Maanvaraisessa laatussa selvästi riskialtein rakenne on purueristeinen lattia, jonka alla on betonilaatta. Betonilaatan alla on täyttöhiekkä ja perusmaa, mutta ei lämmöneristettä. Lattia on ollut käytössä ennen sotia ja pari vuosikymmentä sotien jälkeen. Hyvin usein lämpö- ja vesiputket on vedetty eristetilassa, jolloin esim. vuotovaurion havaitseminen viivästyy. Vaikka eriste korvattaisiin mineraalivillalla, ei tilanne juurikaan parane. Rakennetta ei sen riskialttiuden vuoksi tulisi käyttää ollenkaan uudisrakentamisessa, koska siirtämällä osa lämmöneristeestä betonilaatan alle, voidaan pääosa vaurioista välttää. Kolmantena tämän ryhmän riskirakenteena voidaan pitää kaksoislaattalattiaa, jossa väliseinät lähtevät alemman laatan pinnasta. Samanlainen tilanne syntyy myös, jos puuväliseinät jäävät betonilaatan sisään. Suositeltavimmassa ratkaisussa lämmöneriste on kokonaan betonilaatan alapuolella ja väliseinät alkavat laatan päältä.



Kuva 8. Maanvarainen betonilaatta on riskirakenne, jos laatan alapuolella ei ole lämmöneristettä.

Ulkoseinät

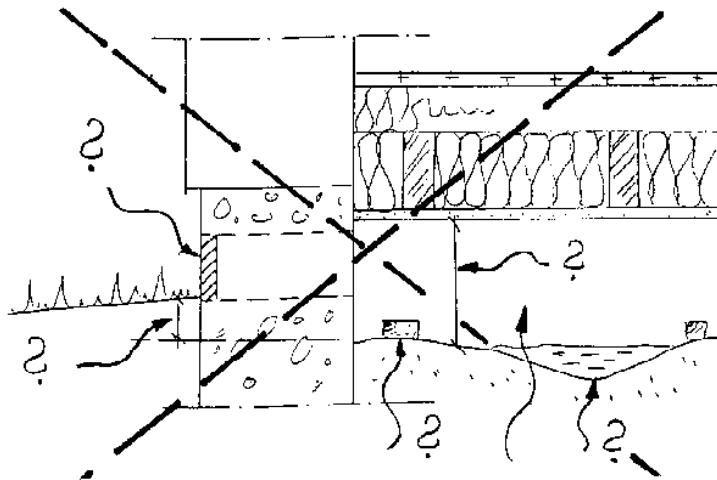
Vanhemmista rakenteista esiin nousee ensimmäisenä purueristeinen seinä, jossa ei ole höyrynsulkua sisäpuolella eikä tuuletusrakoa ulkopuolella. Vaurioitumiseen vaaditaan kuitenkin ulkopuolelta seinään tunkeutuvaa vettä. Kastuessaan tällainen rakenne kuivuu hitaasti suuren kosteuskapasiteetin vuoksi. Vauriot aiheutuvat useista syistä: vettä on valunut seinään kattovuotojen seurauksena tai ikkunoiden liittymistä, rapatuissa taloissa voi olla jopa kattuhuopa ulkopuolella ja seinän alareuna on liian lähellä maan rajaa. Ilman ulkopuolista vesivauriota kyseinen rakenne on toiminut varsin moitteettomasti ja esimerkiksi ajoittain kylmillään olevissa rakennuksissa (kesämökkit) tällainen diffuusion kannalta avoin rakenne voi olla suositeltava. Seuraavana tulee verhomuurattu puuseinä mineraalivillaeristeisenä ja kolmantena mineraalivillaeristeinen tuuletusraoton puuseinä. Valesokkeli, joka on varsin yleinen, aiheuttaa sen, että seinän alaosa on lähellä maan pintaa tai jopa sen alapuolella, jolloin pintavesillä on mahdollisuus kastella alasoiro. Verhomuurauksen tausta on usein huonosti tuuletettava, koska laasti saattaa tukkia tuuletusraon kokonaan ja valesokkeliratkaisuissa ei aina haluta aukaista joka kolmatta alimman kerroksen pystytiilisaumaa, joka on tavanomainen tuuletusratkaisu. Puuseinissä erilaiset vaakasuorat koristelistat pysäyttävät veden virtauksen seinällä ja huonokuntoisina saattavat aiheuttaa veden tunkeutumisen seinään.



Kuva 9. Riskialtis puuseinän alaosan ja sokkelin liittymä.

Ryömintätila

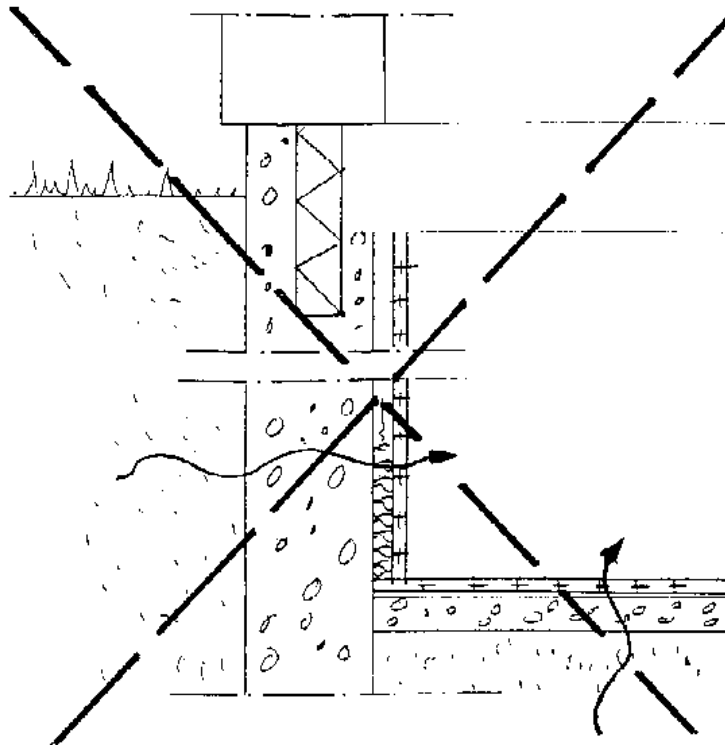
Ryömintätillaiset rakennukset ovat pääosassa vanhoja, jolloin eristeenäkin on useimmiten purueriste. Maa ryömintätilassa on usein hienojakoista ja kosteaa, myös tuuletusaukkoja on liian vähän. Joissakin tapauksissa puurakenteita saattaa olla suoranaيسissa maa-kosketuksessakin. Uudemmissakin ratkaisuisa samat virheet toistuvat. Myös putkivuodot ovat yleisiä, mutta vauriot jäävät silloin usein paikallisiksi.



Kuva 10. Tuulettu alapohja vaatii toimiakseen oikeat rakenneyksityiskohdat.

Kellarirakenteet

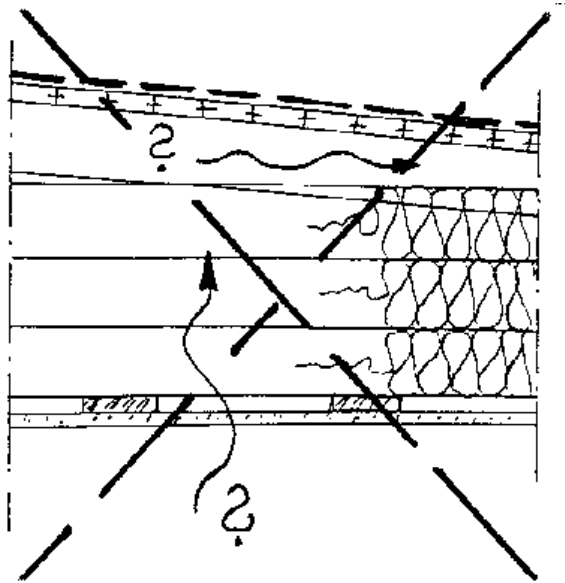
Kellarissa pahimpana ongelmana ovat puurakenteiset seinärakenteet ja puurakenteinen alapohja. Kellarin kuivatus ei toimi tai sen toiminta on puutteellinen ainakin sateisimpänä aikana ja lumien sulaessa. Vettä voi tulla suoranaisena vetenä tai rakenteiden läpi kapillaarisesti. Kosteus luo sopivat olosuhteet mikrobikasvulle. Puurakenteiden käyttö kellarikerroksessa, ainakin suoranaisessa kosketuksessa lattiaan tai seinään tai niiden osana, on arveluttavaa. Myös kellareiden painovoimaisessa ilmanvaihdossa voi olla puutteita.



Kuva 11. Vanhat kellarirakenteet ovat alttiita kosteusvaurioille.

Vesikattorakenteet

Loiva katto on selvästi riskialtein ratkaisu. Jos katossa ei ole tarkastusta helpottavaa ulklakkoa, viivästyy vesivaurion korjaus, jolloin sen laajuus kasvaa. Katteen tai läpivientien juurien vuotojen lisäksi myös tuuletus katon alla voi olla heikko, jolloin kosteuden poistuminen hidastuu. Vedenpoistojärjestelmän tukkeutumät ovat tavallisia. Lyhyet räystäät voivat johtaa seinien kastumiseen vesikourujen vuotaessa.



Kuva 12. Loivissa katoissa esiintyy usein puutteita, jotka johtavat kosteusvaurioihin.

Keittiö tai apukeittiö

Keittiössä tyypilliset vauriot ovat putkivuodot tiskipöydän alla tai erilaisten vesiliitännällä varustettujen laitteiden liitännöiden vuodot. Myös kylmäkalusteiden lauhdevedet voivat aiheuttaa kosteusvaurioita. Keittiöissä ei käytetä lattiakaivoa tai nosteta lattiamattoa seinälle. Vesivaurioiden yleisyyden vuoksi ainakin lattiamatton nosto seinälle on järkevä ratkaisu tai erillisten vesikaukaloiden sijoittaminen laitteiden alle.

Sauna

Saunassa vettä voi päästä seinärakenteisiin aivan samoin kuin kylpyhuoneessakin. Vähäisemmän veden käytön vuoksi vauriot eivät yleensä ala ensimmäisenä saunan puolelta vaan kylpyhuoneesta. Seinälaudoitukset ja lauteet saattavat vaurioitua liian runsaan lauteiden pesun vuoksi varsinkin, jos kylvyn jälkeisestä tuuletuksesta ei huolehdita.

Ylä- ja välipohjat

Vauriot ylä- ja välipohjissa eivät yleensä aiheudu rakenteesta itsestään, vaan kyseessä on kattovuotojen tai kylpyhuoneiden vesivaurioiden aiheuttamat välilliset vauriot. Yläpohjissa voi rikkonainen höyrynsulku aiheuttaa ilmavuotoja, jonka seurauksena voi olla kosteusvaurioitakin.

Laajimmat korjaukset liittyvät lattiarakenteisiin ja ovat samalla tavanomaisia. Kyselyn perusteella voidaan arvioida, että pientalossa noin 80 % riskeistä keskittyy lattiaraken-

teisiin ja märkätiloihin. Tällä on merkitystä mietittäessä rakenteita ja korjaustapoja. Samoin asunnon vaihtotarkastuksissa päähuomio tulisi kiinnittää edellä mainittuihin rakenteisiin.

Ilmanvaihdon riittävyys on tärkeä etenkin märkätiloissa. Puutteet harvoin johtavat suoraan kosteusvaurioihin, mutta ovat omiaan laajentamaan niitä, jos muita vauriosyitä on olemassa.

4.3 Johtopäätökset riskiarvioista

Kaikkein suurimmat ratkaisut puurakennuksen riskien suhteen tehdään suunnittelun varhaisessa vaiheessa. Silloin päätetään rakennuksen muoto, perustamistapa, materiaalit, katon muoto ja kaltevuus, eri tilojen fyysiset mitat ja korkeudet, myös ympäröivään maastoon nähden. Rakennedetaljien suunnittelulla on merkitystä lähinnä lattian rakenteissa ja kosteissa tiloissa. Myös kaavoituspäätöksillä voidaan oleellisesti vaikuttaa rakennusten kosteusvaurioriskeihin. Alavat vetiset alueet suositellaan käytettäväksi puistoiksi. Rakennukset sitä vastoin tulee tehdä kantaville ja ympäröivää aluetta korkeimmille paikoille. Kylpyhuoneissa seinien rakentamiseen voidaan käyttää tiiltä tai betonia, sillä rakennuskustannusten ero korvautuu riskin pienenemisenä selvästi. Vain ylemmissä kerroksissa voi välipohjien tukeminen lisätä niin paljon kustannuksia, että levy pohjainen seinä on paikallaan. Myös kevytrakenteisia seiniä voidaan käyttää, kun niiden kosteustekninen toimivuus osoitetaan luotettavasti.

Tuuletuksen riittävyys ryömintätallassa ja ullakolla vähentää vaurioriskiä selvästi. Kun aukkojen tekemisen kustannukset ovat pienet, kannattaa tuuletukselta parantaa vähänkin arveluttavissa tapauksissa. Ryömintätiloissa myös maasta haihtuvan kosteuden vähentäminen on tarpeen vauriotapauksia korjattaessa. Lattialaatan valu siten, että levyrakenteiset sisäseinät jäävät betonin sisään on rakennusvirhe. Myös ulkoseinien alareunan tulee olla maanpinnan yläpuolella ja mahdollisimman lähellä lattiapintaa tai sen yläpuolella. Lattioissa tulee suosia rakennetta, jossa betonilaatan alla on lämmöneristettä. Yhtenäisten muovikalvojen käyttö lattiarakenteissa lisää vaurioitumisvaaraa. Kellariseinissä tulisi käyttää niin paljon kuin mahdollista epäorgaanisia materiaaleja. Varsinkin ulkoseiniä ja lattia vasten olevat orgaanista materiaalia sisältävät seinät vaurioituvat helposti ja niiden korjaaminen purkamatta rakenteita kokonaan on vaikeaa. Jos kellarin kuivatuksessa on ongelmia, ei asuin- tai oleskelutiloja tulisi tehdä kellariin ollenkaan. Yläpohja tulisi olla tarkastettavissa ullakolta käsin. Umpikatto, jota ei voi tarkastaa ja joka samalla on usein loiva, muodostaa isomman riskin. Aluskatteen käyttö tiilikattojen ja profiilikatteiden alla on suositeltavaa. Riskien minimoinnin suunnittelussa huomi-

oonotettavina keinoina ovat rakenteiden ja installaatioiden luoksepäästävyys, yksinkertaisuus, tarkastettavuus ja pitkä kokemus käytettävistä materiaaleista.

4.4 Riskiarvion herkkyystarkastelu

Riskitarkasteluissa on käytetty korkoprosenttina 5 %:a. Koska yleensä tarkastellaan kahden rakenteen riskien välistä eroa, merkitsee korkoprosentin pienentäminen eron kasvamista, mikä puolestaan merkitsee, että turvallisempaan rakenteeseen kannattaa panostaa enemmän. Korkoprosentin ollessa 2, kustannusten ero on 2,5-kertainen 5%:n korkoon verrattuna. Jos korkoa ei lasketa, voidaan vertailla suoraan riskin suuruuksia eli valitaan pienempiriskinen vaihtoehto. Riskin arvioinnissa tärkeintä on, että vertailtavien riskien keskinäinen suuruus määritetään oikein päin, vaikka rakenteen kestävyys arvioitaisiinkin muuten harhaan. Yleensä tämä "tuntuma" rakentamisen ammattilaisella onkin, jolloin saadaan oikean merkkisiä tuloksia, vaikka markkamääräiset arviot olisivatkin epätarkkoja. Rakennuksen jäljellä olevan käyttöiän ollessa lyhyt, ei korjauksiin kannata sijoittaa paljon rahaa. Silloin diskonttaustekijä kannattaa ottaa taulukosta, liite 3. Ratkaisu, jonka kestävyys tiedetään vähäisemmäksi voi silloin olla perustellumpi kuin pitkäikäinen, mikäli se kuitenkin kestää ajatellun käyttöiän ja on vertailuratkaisua halvempi.

5. TOIMIVIA RAKENNERATKAISUJA

5.1 Yleistä

Rakennuksen toimivuus ja pitkäkestoisuus riippuvat monista tekijöistä. Eräs tärkeä asia on, että rakenneratkaisut ovat vikasietoisia ja ne on suunniteltu oikein ja myös toteutettu suunnitelmien mukaan. Rakennuksen valmistumisen jälkeen on tärkeää, että rakennusta käytetään oikein ja sen kunnosta huolehdistaan asianmukaisesti (käyttö ja huolto-ohjeet). Rakennuksen ilmanvaihdon on oltava riittävä ja laitteiden käytön yksinkertaista ja virhekkäyttömahdollisuudet estävää. Ilmanvaihdon on toimittava äänettömästi ja vedottomasti, jolloin sitä on miellyttävä käyttää.

Vanhoissa rakennuksissa on huolehdittava ennakoivasta ylläpidosta ja vaurioiden kannalta kriittisten rakennekohtien korjaamisesta ja kunnostamisesta ennakkoon, jolloin terveysriskiltä voidaan välttyä. Tällöin myös korjauskustannukset jäävät pienemmiksi.

Seuraavassa on keskitytty tarkastelemaan niitä asioita, joita tulee ottaa huomioon kun tehdään rakenteiden kannalta hyvin toimiva puurakennus. On kuitenkin pidettävä mielessä edelliset kokonaistoimivuuteen vaikuttavat tekijät, kun halutaan tehdä terveellinen, turvallinen ja pitkäkestoinen rakennus.

Oikein käytettynä puu on erittäin hyvä rakennusmateriaali. Puun käytössä on aina muistettava, että se on "elävä" materiaali, jonka rakennusfysikaalinen hallinta edellyttää suunnittelijalta ja rakentajalta puun perusominaisuuksien tuntemista.

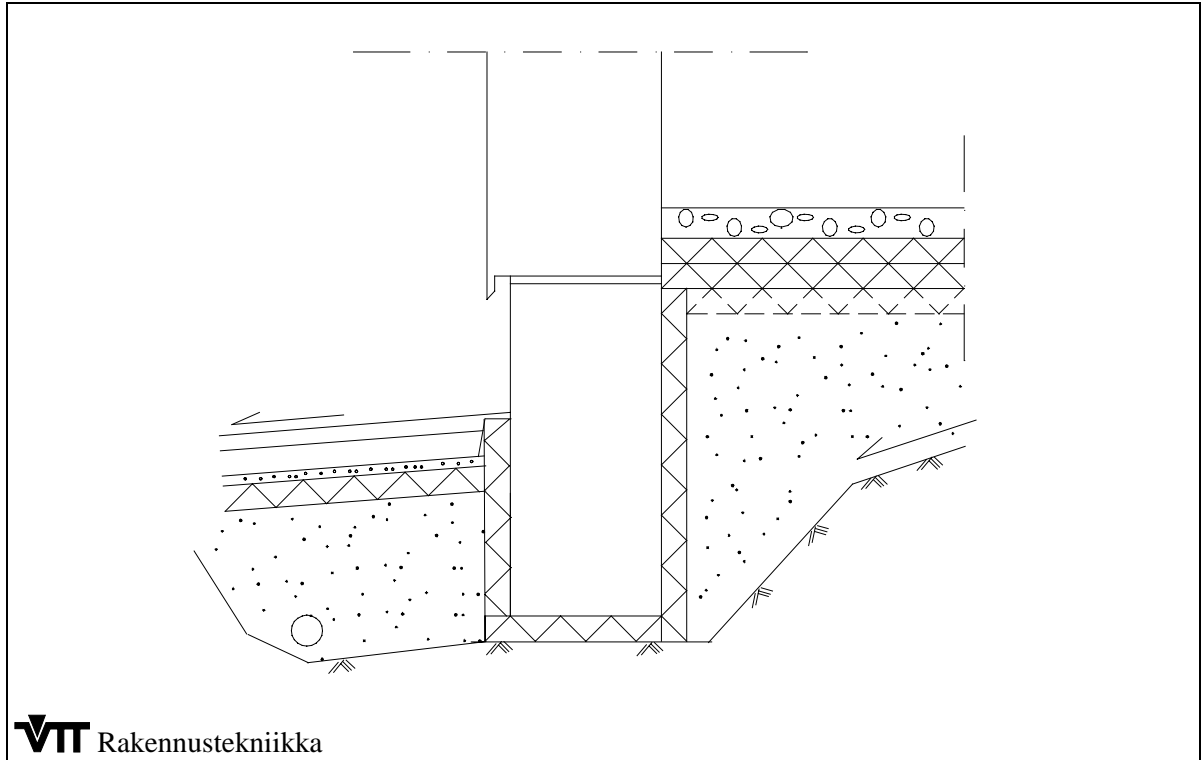
Puurakenteiden lahoamiseen ja homehtumiseen vaikuttavat kosteus, lämpötila, ravinto ja happi. Kosteusolosuhteisiin voidaan vaikuttaa. Ulkoilman kosteus ja lämpötila muodostavat lähtötason kosteusolosuhteille. Joidenkin rakennusten ilmaston kostutus- ja kuivatusjärjestelmät mahdollistavat itsenäiset kosteusolosuhteet. Luonnollisesti rakennuksen sisäpuoliset kosteuskuormat vaikuttavat huoneilman kosteustilaan esimerkiksi pesuhuoneissa. Yleensä lisäkosteuskuormana käytetään 2 - 4 g/m³, joka vastaa huoneilman 21 °C lämpötilassa noin 11 - 22 %-yksikön muutosta suhteellisessa kosteudessa.

Puun lahoamiseen nähden kosteuden kriittisenä arvona pidetään 20 paino-% puun kuivapainosta. Tähän kosteuteen puu asettuu esimerkiksi, jos ympäröivän ilman suhteellinen kosteus on noin 85 % lämpötilan ollessa 20 °C. Homehtumisen riski kasvaa ilman suhteellisen kosteuden ylittäessä 75 %. Homehtuminen on ensisijaisesti riippuvainen kosteudesta, mutta myös lämpötilasta. Pakkasella home ei kasva, vaikka ilman suhteellinen kosteus talvikuukausina onkin hyvin korkea. Home voi kasvaa lähes kaikilla materiaalialustoilla.

Puutalon rakenteet ovat rakennusfysikaalisesti toimivia silloin, kun puuta ympäröi riittävän kuivat olosuhteet ja itse puu pysyy myös riittävän kuivana.. Pahimmat vauriot syntyvät silloin, kun puu on pitkäaikaisesti kosketuksissa kostean tai märän materiaalin kanssa. Näin ollen puun kiinnittäminen suoraan betoniin, joka saa kosteutta esimerkiksi maasta, turmelee puun nopeasti. Esimerkiksi sokkelin ja ulkoseinän alajuoksun väliseen liittymään tulee asentaa erityinen kosteudeneristyskerros. Vanhojen puurakennusten lattiarakenteissa ongelman muodostaa puumateriaalien kosketus suoraan maahan tai lähellä maanpintaa olevaan muuhun kosteaan materiaaliin.

Seuraavissa kohdissa on esitetty muutamia puurakentamiseen liittyviä tärkeimpiä rakenteita. Kuvissa esitetään ehkä lievästi liioiteltunakin niitä oleellisia asioita, joihin tulee kiinnittää huomiota puurakentamisessa. Näin varmistetaan rakenteissa olevalle puumateriaalille kohtuulliset olosuhteet pitkäaikaistoimivuutta varten. Esitetyt ratkaisut pitää soveltaa tapauskohtaisesti. Tärkeää on ottaa huomioon myös niitä asioita, joita on luettelonomaisesti esitetty joko pitkäaikaistoimivuutta parantavana tai heikentävänä tekijänä. Luonnollisesti eri tekijöitä ja vaihtoehtoja voitaisiin luetella enemmänkin, mutta tavoitteena on ollut esittää tässä vain oleellisimmat asiat, jotka tulee varmistaa niin puun kuin muidenkin materiaalien osalla rakentamisessa. Näin voidaan olettaa, että jopa yli 80 % kosteusvaurioista voitaisiin eliminoida pois uudisrakentamisessa. Olemassa olevan rakennuskannan korjauksessa ei aina päästä näin ihanteellisiin rakenneratkaisuihin. Esimerkiksi rakennuksen korkeusasemaa ei voida muuttaa riittävästi ympäröivään maastoon nähden, jolloin parannusehdotuksena on rakennusta ympäröivän maanpinnan muotoilu aivan rakennuksen vieressä oikeaoppiseksi ja etäämpänä rakennusta korjatun muotoilun liittäminen jouhevasti alkuperäiseen maastoon.

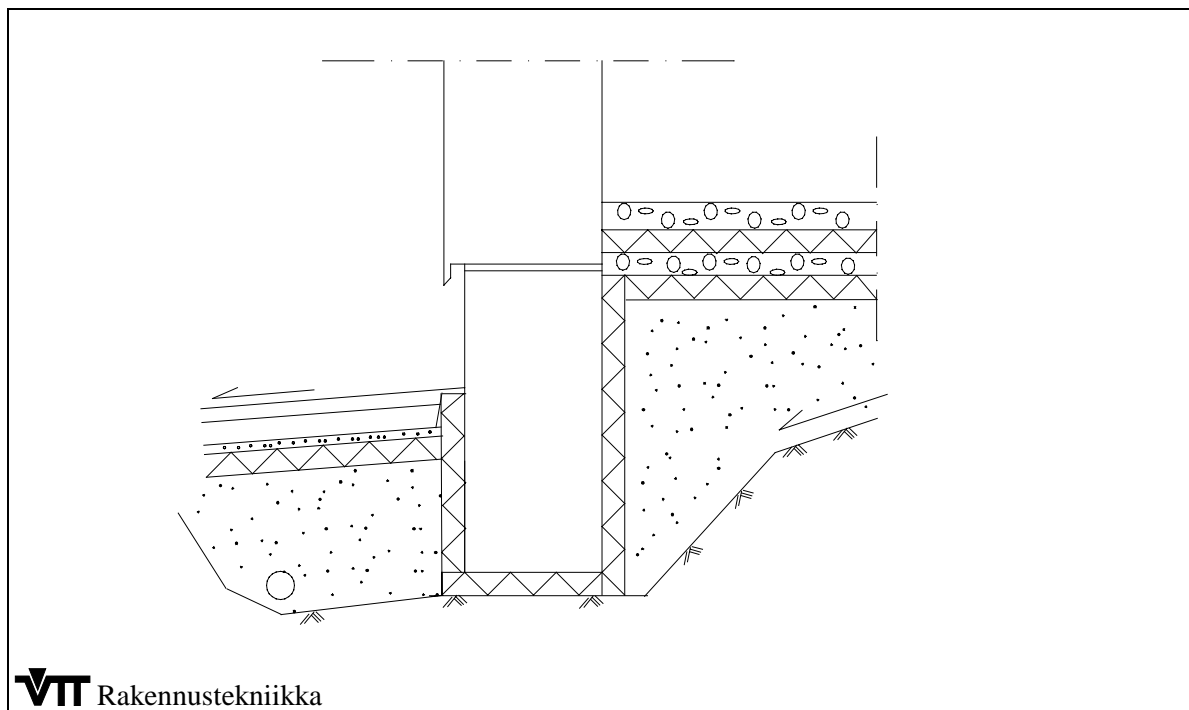
5.2 Maanvarainen laatta



Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Mitä ylempänä lattia on ulkopuolista maanpintaa	Vettä keräävät rakennuksen alapuoliset perusmaan tai kallion pinnan syvennykset
Rakennuksen ulkopuolinen maanpinta viettää riittävästi pois päin rakennuksesta	Muovikalvoja joissakin lattian rakennekerroksissa
Lattian alla karkea hiekka-/sorakerros kapillaarista veden nousua estämässä	LV-putkia lattiarakenteissa ilman suojaputkia
Lämmöneristyskerros betonilaatan alla	Märkätilojen puutteelliset vedeneristykset
Rakennuksen ulkopuolinen toimiva salaojitus	Orgaanista materiaalia betonilaatan alla

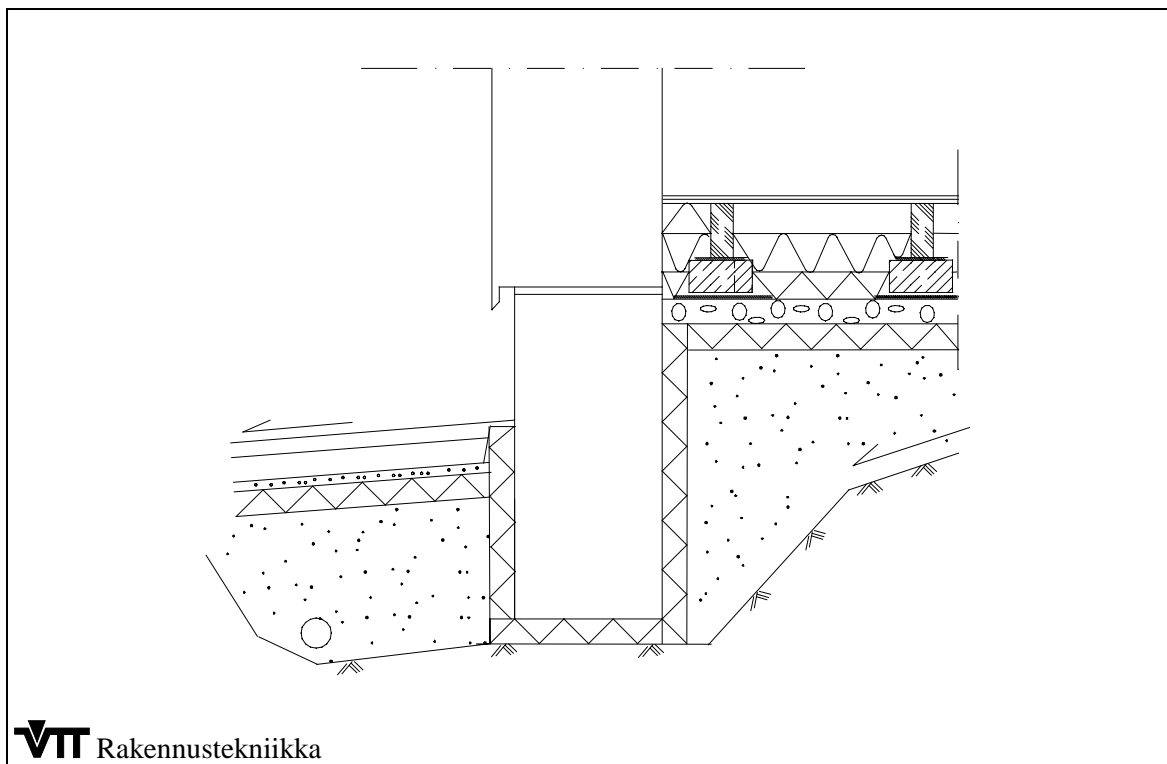
5.3 Kaksoisbetonilaatta



Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Mitä ylempänä lattia on ulkopuolista maanpintaa	Vettä keräävät rakennuksen alapuoliset perusmaan tai kallion pinnan syvennykset
Rakennuksen ulkopuolinen maanpinta viettää riittävästi pois päin rakennuksesta	Muovikalvoja joissakin lattian materiaalikerroksissa
Lattian alla karkea hiekka-/sorakerros kapillaarista veden nousua estämässä	LV-putkia lattiarakenteissa ilman suojaputkia
Lämmöneristyskerros betonilaatan alla	Märkätilojen puutteelliset vedeneristykset
Rakennuksen ulkopuolinen toimiva salaojitus	Orgaanista materiaalia lattian ylemmän betonilaatan yläpinnan alapuolella (esim. laattojen välissä)
	Alalaatan päältä lähtevät puuseinät

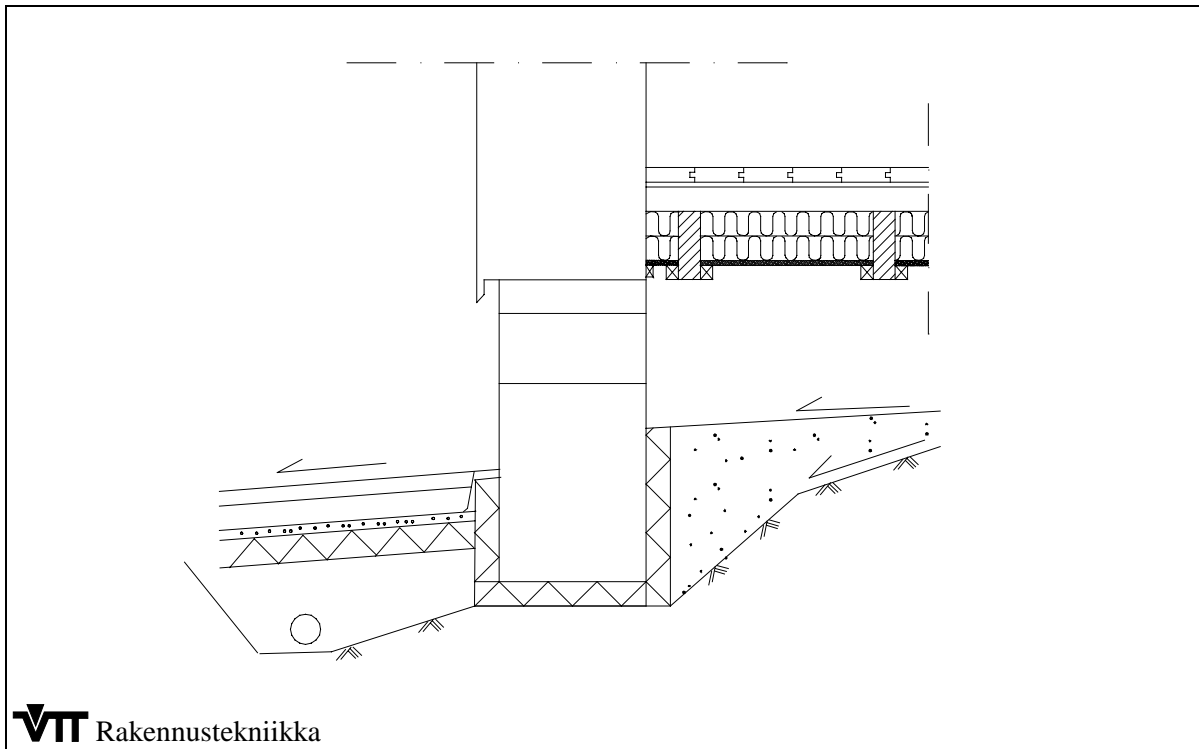
5.4 Koolattu puulattia



Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Mitä ylempänä lattia on ulkopuolista maanpintaa	Vettä keräävät rakennuksen alapuoliset perusmaan tai kallion pinnan syvennykset
Rakennuksen ulkopuolinen maanpinta viettää riittävästi pois päin rakennuksesta	Muovikalvoja joissakin lattian rakennekerroksissa
Lattian alla karkea hiekka-/sorakerros estämässä kapillaarista veden nousua	LV-putkia lattiarakenteissa ilman suojaputkia
Lämmöneristyskerros betonilaatan alla	Märkätilojen puutteelliset vedeneristykset
Rakennuksen ulkopuolinen toimiva salaojitus	Orgaanista materiaalia betonilaatan alla
Puuosien/betonilaatan/korokkeen välinen kosteudeneristyskaista (bitumihuopa)	Betonilaatan ja puurakenteiden kosketus toisiinsa
	Bitumikerros betonilaatan pinnassa
	Lämmöneristysuhanpuru kosketuksissa betonilaattaan

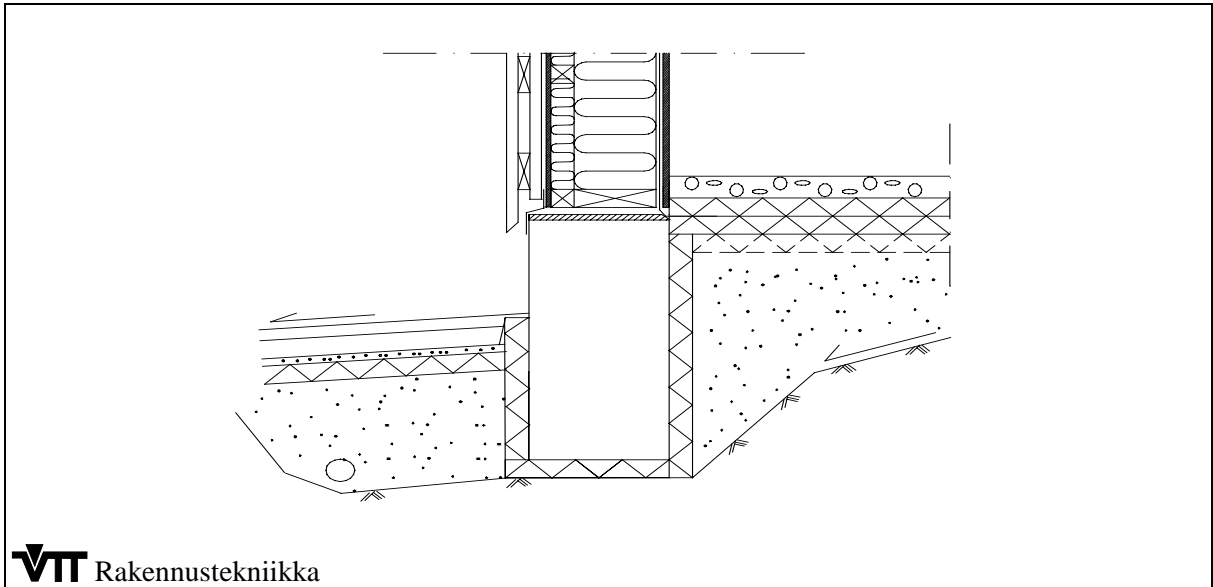
5.5 Rossilattia



Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Mitä ylempänä lattia on ulkopuolista maanpintaa	Vettä keräävät ryömintätilan pinnan syvennykset
Rakennuksen ulkopuolinen maanpinta viettää riittävästi pois päin rakennuksesta	LV-putkia lattiarakenteissa ilman suojaputkia
Ryömintätilan maapinnalla materiaali kosteuden haihtumista vastaan, esim. karkea hiekka-/sorakerros	Märkätilojen puutteelliset vedeneristykset
Rakennuksen ulkopuolinen toimiva salaojitus	Puurakenteita maakosketuksessa
Puu-/betoniosien välinen kosteuden-eristyskaista	Orgaanisia materiaaleja ryömintätilan maapinnassa
Alapohjan ilmatilan riittävä korkeus ja riittävät tuuletusaukot joka puolella sokkeliä ja välisokkeleissa	Ulkopuolisen veden kulkeutuminen ryömintätilaan
Ryömintätilan maanpinta korkeammalla kuin ulkopuolen maanpinta	Sokkelin tuuletusaukkojen pienuus tai sulkeminen kesän aikana

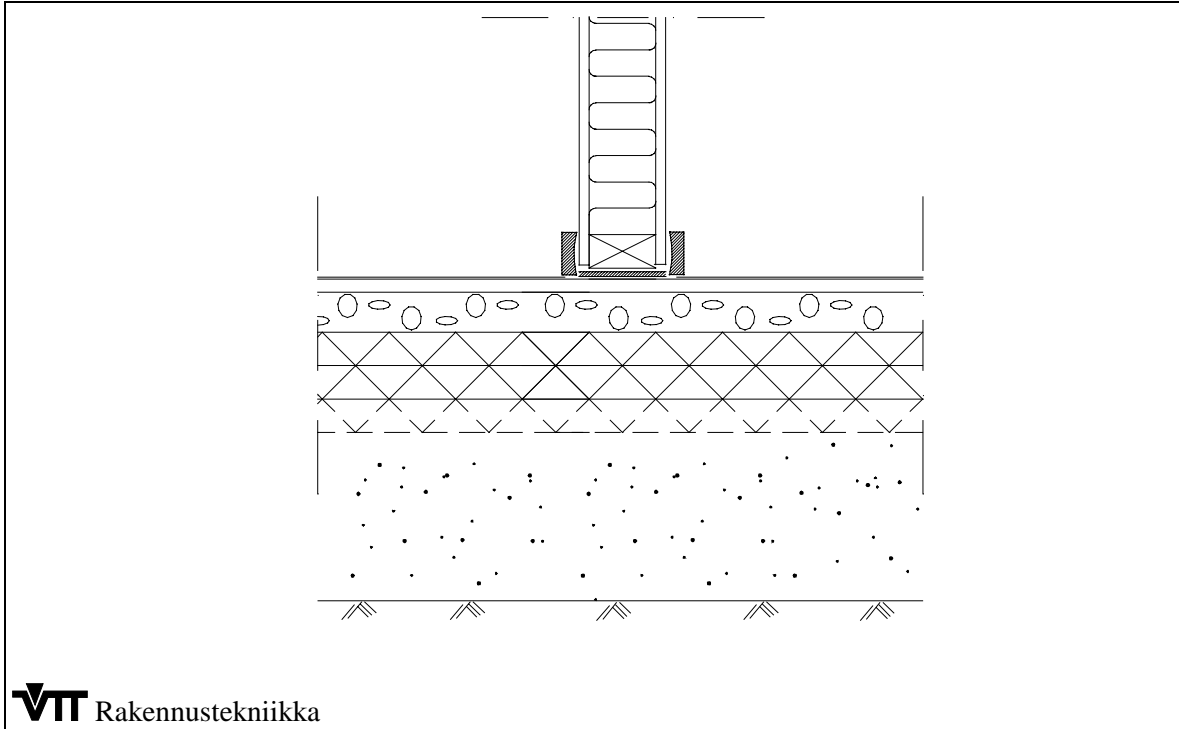
5.6 Ulkoseinän ja lattian liittymä



Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Mitä ylempänä lattia on ulkopuolista maanpintaa	Vettä keräävät rakennuksen alapuoliset perusmaan tai kallion pinnan syvennykset
Rakennuksen ulkopuolinen maanpinta viettää riittävästi pois päin rakennuksesta	Höyrynsulkumuoveja joissakin lattian rakennekerroksessa
Lattian alla karkea hiekka-/sorakerros estämässä kapillaarista veden nousua	Märkätilojen puutteelliset vedeneristykset
Rakennuksen ulkopuolinen toimiva salaojitus	Orgaanista materiaalia kosketuksessa lattian alapuolisen hiekan kanssa
Puu-ulkoseinän alareunan ja betonisokkelin välinen kosteudeneristyskaista (esim. bitumihuopa)	Betonisokkelin ja puurakenteiden kosketus toisiinsa. Laastin tukkimat tuuletusraot tiilimuurauksessa
Painekyllästetty puu ulkoseinän alajuoksuna	Valesokkeliratkaisu
Ulkoverhouksen toimiva tuuletus	Orgaanisia materiaaleja lattian alapuolisessa hiekkatäytössä
Ulkoseinän alajuoksu riittävästi maanpinnan yläpuolella (yli 30 cm)	Ilma- ja lämpövuodot lattiarakenteen liittymässä
Betonilattian alapuoliset lämmöneristyskerrokset	Huonosti toimivat ikkunoiden vesipellit (vesi tunkeutuu seinän sisään)

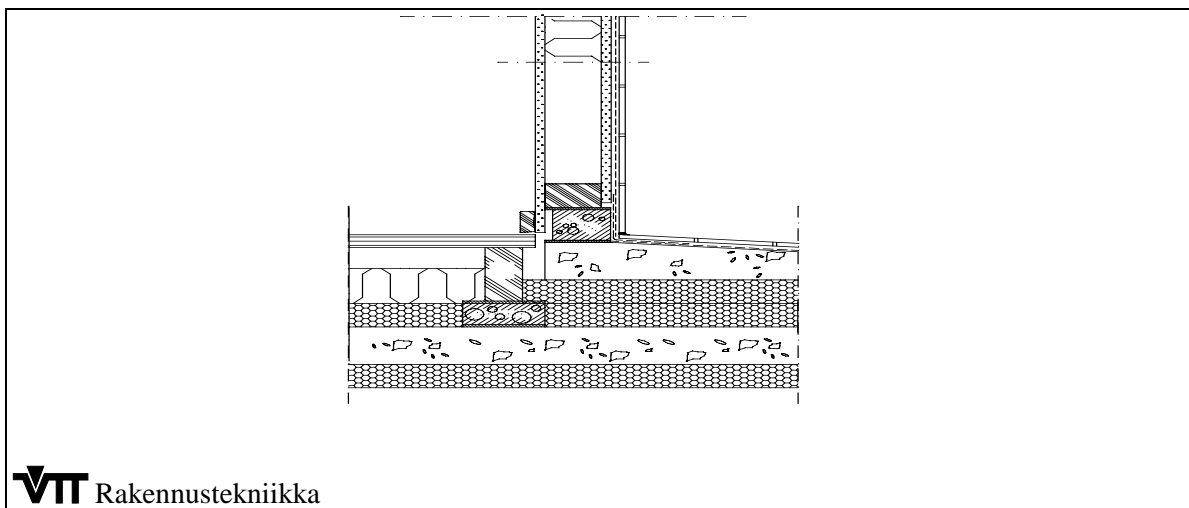
5.7 Kevytrakenteisen seinän liittymä lattiaan



Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Mitä ylempänä lattia on ulkopuolista maanpintaa	Höyrynsulkumuoveja joissakin lattian materiaalikerroksessa
Lattian alapuolinen karkea hiekka-/sorakerros estämässä kapillaarista veden nousua	LV-putkia lattiarakenteissa ilman suojaputkia
Puuväliseinän alareunan ja betonilaatan/-anturan välinen kosteudeneristyskaista	Märkätilojen puutteelliset vedeneristykset
Painekyllästetty puu väliseinän alajuoksuna	Orgaanista materiaalia kosketuksessa lattian alapuolisen hiekan kanssa
Väliseinän alajuoksu lattiapinnan tasossa tai sen yläpuolella	Betonilaatan ja puurakenteiden kosketus toisiinsa
Betonilattian alapuoliset lämmöneristyskerrokset	Orgaanisia materiaaleja lattian alapuolisessa heikkätäytteessä
	Seinän verhouslevy kosketuksissa betonilaattaan

5.8 Kevytrakenteinen märkätila

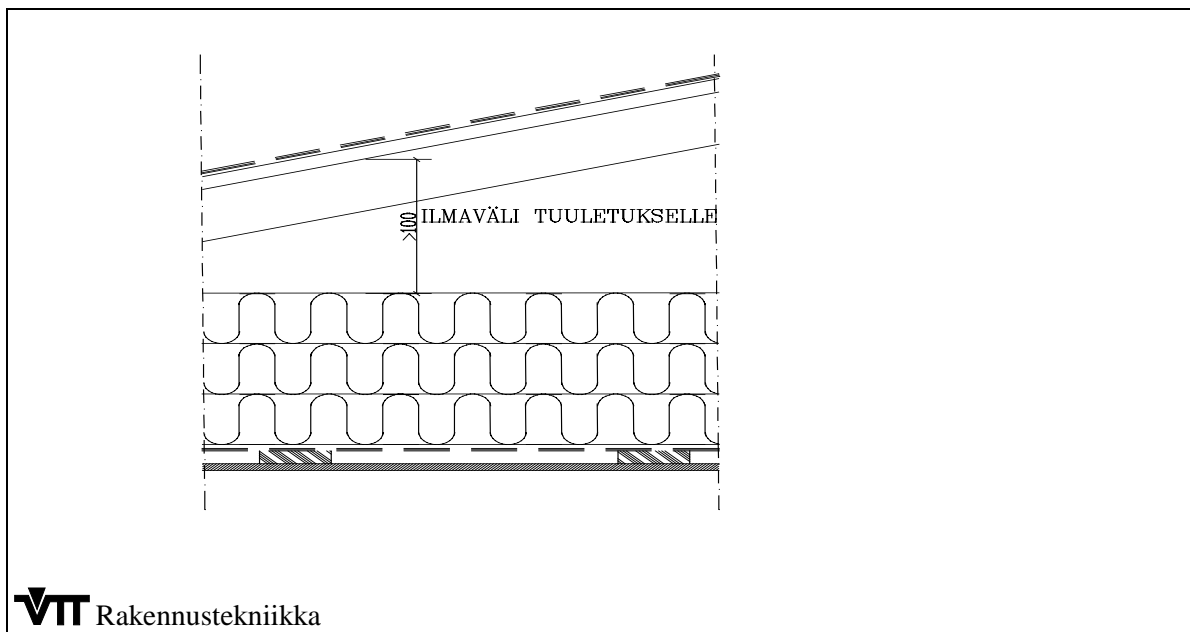


VTT Rakennustekniikka

Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Märkätilojen rakenteiden ja niiden liitosten sekä liittymien kosteuden- ja vedeneristys	Muovikalvoja joissakin lattian lisärakennekerroksessa
Lattian alla karkea hiekka-/sorakerros estämässä kapillaarista veden nousua	LV-putkia lattiarakenteissa ilman suojaputkia
Puuväliseinän alareunan ja betonilaatan/-anturan välinen kosteudeneristyskaista	Märkätilojen puutteelliset vedeneristykset
Painekyllästetty puu väliseinän alajuoksuna	Puskusaumat seinien muovitapeteissa
Väliseinän alajuoksu lattiapinnan yläpuolella	Vedeneristyksen puute seinissä
Betonilattian alapuoliset lämmöneristyskerrokset	Vedeneristyksen puute lattiassa sekä suihkuseinän ja lattian rajassa
Mitä ylempänä lattia on ulkopuolista maanpintaa	Orgaanista materiaalia kosketuksessa lattian alapuolisen hiekan tai betonilaatan kanssa
Liitosten kestoelastiset kittisaumat	
Suihkukaapin käyttö. Lattialämmitys	Orgaanisia materiaaleja lattian alapuolisessa hiekkatäytteessä
Pintojen kuivaus käytön jälkeen	Seinän verhou levy kosketuksissa betonilaattaan
Riittävä ilmanvaihto ja tehostettu ilmanvaihto käytön aikana ja jonkin aikaa sen jälkeen	Lattian lämmöneristeiden huono asentaminen tai kokoonpuristumisen aiheuttama lattian ja seinän välisen liitossauman repeytymät

5.9 Yläpohja



Pitkäaikaistoimivuuteen vaikuttavia asioita:

PARANTAA PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA	HEIKENTÄÄ PITKÄAIKAISTOIMIVUUTTA
Kevytrakenteisen yläpohjan ilmansulku (höyrynsulku)	Yläpohjan puutteellinen ilmansulku (höyrynsulku). Sisäilman vuodot yläpohjaan.
Katteen alapuolinen jäykkä aluskate vietyä riittävän kauas räystäälle	Jään kertyminen katteen pintaan.
Yläpohjan tuuletustila riittävän suuri, myös vinojen kattojen osalla	IV-järjestelmästä kosteuskuormaa tuuletustilaan (vuotavat hormit, hormit päätetty tuuletustilaan)
Yläpohjan kunnollinen tuuletus	Liian loiva kattokaltevuus, "tasakatto"
Katon tasoerojen kohdilla vedeneristysten nostot yläpuoliseen rakenteeseen	Yläpohjan puutteellinen lämmöneristys (sulattaa lumen katolla)
Läpimenojen ja liitosten vedeneristykset	Lumen tunkeutuminen yläpohjaan
Kattoikkunoiden liittymien vedeneristykset	Tuuletustilan mataluus ja puutteellinen ilmanvaihto
Vesikaton järeissä kallistus/lämmityskaapelit	Lyhyet räystäät
Kattokaivojen oikea korkeusasema	Puutteelliset ja tukkeutuneet sadevesijärjestelmät. Vesi valuu seinille.
Toimiva sadevesijärj. (räystäskourut, syöksytorvet)	Aluskatteen puuttuminen
Harjakatto riittävällä kallistuksella	
Kunnolliset, suojaavat räystäät	

5.10 Rakenteiden vaurioherkkyys

Useassa edellä mainituissa rakenneratkaisussa toistuvat samat periaatteet. Rakennuksen oikea korkeus ympäröivään maanpintaan nähden on rakentamisen peruseriaate. Suositeltavana arvona valmiin lattian ja ympäröivän maanpinnan välisenä korkeuserona voidaan pitää vähintään 300 mm tasoeroa. Toimenpiteillä varmistetaan lattian kuivanapysyminen myös keväällä lumen ja jään sulaessa sekä syksysateiden aikana. Myös muut lattiarakennekerrokset ja niiden materiaalit säilyvät kuivempina.

Lattian alapuolisella hiekkakerroksilla katkaistaan kapillaarinen veden nousu. Täyttöhiekkalle on olemassa omat vaatimukset /RIL 121-1978/. Hiekan kerrospaksuutena voidaan pitää vähintään 250 mm. Joillakin paikkakunnilla käytetty täyttöhiekkä on hienorakeista. Silloinkin tulee käyttää paksumpaa täytökerrosta tai välittömästi lattian alapuolella karkeampaa sora-/sepelikerrosta estämään kosteuden nousua maaperästä. Täyttöhiekan alapuolisen perusmaan pinta tulisi muotoilla lievästi laskevaksi rakennuksen reunoille. Rakennuksen alle jäävään luonnon maanpintaan, kuten tiiviiseen saveen ja silttiin, ei saa jäädä vettä kerääviä painanteita. Kallion päälle perustettaessa louhintasyvennykset on syytä täyttää tällaisessa tapauksessa vaikka betonilla. On huolehdittava myös siitä, että koko rakennuksen perustus ei jää tiiviiden maiden tai kallion muodostamaan syvennykseen. Syvennykset muodostavat vettä keräävän pesän, jonka seurauksena voi olla paikallinen vaikeasti korjattava kosteusvaurio.

Maanvaraisissa lattioissa tulee aina olla betonilaatan alapuolella lämmöneristyskerros. Suositus on vähintään 50 mm eristettä. Tällä varmistetaan betonilaatan korkeampi lämpötila ja lisäksi lämmöneristyskerros vielä varmentaa kapillaarisen vedennousun katkaisun. Tällöin betonilaatan yläpuolella kosteus- ja lämpötilaolosuhteet ovat paremmat esimerkiksi koolatulle puulattialle. Aikaisemmin myös kellareiden lattioita toteutettiin ilman alapuolista lämmöneristyskerrosta. Näissä lattiarakennetapauksissa on havaittu selvästi enemmän ongelmia kuin sellaisissa lattioissa, joissa betonilaatan alapuolella on lämmöneristyskerros.

Muovikalvojen käyttö maanvaraisissa lattiarakenteissa vaihtelee paikkakunnittain. Joillakin alueilla muoveja ei ole käytetty betonilaattalattian rakenteissa useaan kymmeneen vuoteen. Joillakin alueilla käytetään muoveja vielä nykyisinkin. Oikein toteutetussa lattiarakenteessa ei muovia tarvita. Muovikalvon käyttöä voidaan puolustaa betonilaatan yläpuolella parketin alla. Muovikalvon käyttö betonilaatan alla on välillisesti aiheuttanut ongelmia maanvaraisen lattian pinnoitteissa, esimerkiksi lattiaan suoraan liimattavassa mosaikkiparketissa. Muovikalvon päälle kulkeutunut vesi on pitänyt betonilaattaa pitkään kosteana, jolloin lattiapinnoitteet ovat ehtineet vaurioitua. Korkeat kosteudet ovat myös vaikuttaneet pinnoitteiden ominaisuuksiin, kuten värjäytymisiin ja hajuhaittoihin. Lattiamateriaaleista kemiallisten reaktioiden kautta syntyvä ammoniakki ja muut aineet olivat useita vuosia sitten monen parketin ja muovimaton värjäytymisen syytä.

LV-putkien vuotovauriot aiheuttavat lukuisia rakennusten kosteusvaurioita. Rakenteiden sisäiset putket ovat riskialttiita, eikä niissä tapahtuvia pieniä tihkuvuotoja voida helposti havaita. Eritystä huomiota tulee kiinnittää ilman suojaputkea oleviin putkiasennuksiin. Joillakin paikkakunnilla putket on asennettu lattian alapuoliseen hiekkatilaan ilman suojaputkea. Hiekan kosteus pienentää putkien käyttöikää oleellisesti. Yleensäkin yli 15 vuotta vanhempia putkia tulee seurata erittäin huolella.

Märkätilat aiheuttavat hyvin paljon ongelmia. Aikaisempien käsitysten mukaan kivirakenteisia märkätiloja ei tarvinnut vedeneristää, jos siitä ei katsottu olevan ympäröiville rakenteille haittaa. Lisäksi seinälaatoituksen tai sen liimakiinnityksen on luultu muodostavan rakenteille vedeneristyskerroksen. Märkätilojen kosteusvauriot ovat tulleet esille usein ensimmäisenä viereisissä huonetiloissa. Nykykäytännön mukaan myös laatoitetut kivirakenteiset seinät ja lattiat on vedeneristettävä ainakin roiskevesien alueelta.

Rakennuksen ulkopuolinen salaojitus pitää rakennuksen perustukset ja lattiarakenteet kuivana. Lisäksi salaojitus johtaa ulkopuoliset sade- ja sulamisvedet nopeasti pois rakennuksen ympäriltä. Salaojien rakentaminen alavilla seuduilla saattaa olla vaikeaa, koska salaojavesiä ei voida johtaa pois. Salaojat vaativat toistuvaa kunnossapitoa mekaanisten vaurioiden ja tukkeutumisten estämiseksi. Rakennuksen pitkäaikaistoimivuuden varmistamiseen liittyy myös sadevesijärjestelmät. Puurakennuksessa pitkät räystäät, toimivat vesikourut, syöksytorvet ja maanpinnalla veden poisjohtaminen rakennuksen läheltä vähentää oleellisesti ulkopuolelta tulevaa vesi- ja kosteusrasitusta.

6. YHTEENVETO

Puu on erinomaisen hyvä rakennusmateriaali, jonka käytöllä on maassamme pitkät perinteet. Rakentamisessa on perinteisestä hirsirakentamisesta siirrytty purueristeisen ran- korakenteen kautta nykyisin käytettäviin teollisilla eristeillä varustettuihin rakennuksiin. Rakenteiden kehityksessä on nähtävillä varsin selkeät jaksot. Sama on havaittavissa myös tilojen kehityksessä ja etenkin laitetekniikassa, lähinnä ilmanvaihdossa, jolla on tärkeä merkitys toimivien rakennusten teossa. Oleellisia tapahtumia olivat mm. pesutilo- jen ja saunojen siirtäminen piharakennuksista tai kellareista rakennuksen sisälle, jolloin kosteusrasitus koveni aivan oleellisesti ja toisaalta rakenteisiin jouduttiin sijoittamaan vuotoarkoja vesiputkia ja viemäreitä. Kun rakenteissa ei tapahtunut mitään merkittäviä kosteusteknisiä parannuksia ja ilmanvaihto säilyi likimain ennallaan, on näiden muutoksien seurauksena ilmennyt monenlaisia ongelmia. On kuitenkin muistettava, että mikäli rakenteet olisi tehty kosteutta kestäviksi ja ilmanvaihto toimivaksi - mihin kyllä olisi ollut mahdollisuus - niin vauriot olisivat varmasti jääneet huomattavasti vähäisemmiksi.

Rakentamisessa on aina pyrkimyksenä ollut terveiden rakennusten tuottaminen. Koska rakennus kuitenkin on hyvin pitkäikäinen tuote verrattuna moneen muuhun teollisen ajan käyttötavaraan, on mahdollista, että pitoaikana rakennuksissa esiintyy erilaisia ja eri syistä johtuvia vaurioita. Vaurion syinä voivat olla selvät rakennusvirheet, korjauksessa tehdyt virheet tai käytön virheet, jotka kylläkin pitkälti johtuvat puuttuvista tai huonoista käyttö- ja huolto-ohjeista. Joskus ilmenee myös ennakolta tuntemattomia asioita, jotka myöhemmässä vaiheessa osoittautuvat vaurioiksi. Tällaisia ovat olleet mm. takavuosien formaldehydiongelmat ja sisäilman radonongelmat. Jossain määrin samaa on myös nykyisessä mikrobi (home) ongelmassa. Perinteisesti rakennusten kannalta ongelmallisena on pidetty puurakennuksissa lahovaurioita, jotka voivat aiheuttaa raken- teellisiä ongelmia. Hometta ei aikaisemmin ole yleisellä tasolla pidetty kovinkaan haital- lisenä, vaikka alan asiantuntijoilla lieneekin ollut tietoa niiden vaarallisuudesta jo pitkän aikaa. Toisaalta aina on pyritty hyvään ja raikkaaseen sisäilmaan, johon eivät varmasti aikaisempinakaan vuosikymmeninä ole kuuluneet homeet tai mikrobikasvustot rakennuksen sisäpuolella. Näihin peruskysymyksiin on puututtu jo hyvinkin vanhoissa rakennusalaan käsittelevissä oppaissa.

Suurin osa puurakennusten kosteusvaurioista voidaan välttää, kun ne toteutetaan otta- malla huomioon tässä julkaisussa esitetyt asiat. Märkätilat, lattiarakenteet sekä lattian, sokkelin ja ulkoseinän alareunan liittymä muodostavat rakennuksista saatujen palaute- tietojen perusteella vaikeimmat kohdat. Näin ollen yksinkertaisimmassa muodossa voi- daan sanoa, että näiden kolmen rakenteen huolellinen suunnittelu, rakentaminen ja yllä- pito varmistavat puurakennusten pitkäkestoisuuden.

Erilaisista vaurioista on kohtuullisen helppo tehdä luetteloita. Hyvin vähän kuitenkin on esitetty hyviä ratkaisuja. Kuitenkin jokapäivä korjataan vaurioita ja rakennetaan uusia rakennuksia, jolloin ne täytyy toteuttaa jonkun suunnitelman mukaan. Vaurioiden korjauksen yhteydessä tulee aina pohtia, tuleeko vaurioon johtanut syy korjatuksi, mikäli oleellista parannusta aikaisempaa rakenteeseen ei tehdä. On löydettävä varsinainen syy ja poistettava se, jottei vaurio toistu. Uudisrakentamisessa ratkaisut ovat monesti helpompia. Olemassa olevaan rakennukseen tehdyt korjaukset joudutaan usein valitsemaan kompromissien kautta.

Tulevaisuudessa erilaisten rakenneratkaisujen suunnittelua tulee kehittää. Tällöin voitaisiin sopia käytettäväksi vain muutamia hyviksi koettuja malliratkaisuja. Uudet Ympäristöministeriön kosteusmääräykset ja ohjeet C2 tulevat antamaan hyvän lähtökohdan kostusteknisesti toimiville rakennuksille.

Puurakennuksessa ja puurakenteisissa märkätiloissa hyvät vedeneristykset ovat oleellinen asia. Niin seinät kuin lattiat tulee vedeneristää, johon kuuluu huolellisesti tehdyt liittymien ja läpimenojen eristeet. Kylpyhuoneen käytön aikana ja sen jälkeen hyvä ilmanvaihto poistaa pintoja rasittavan kosteuden.

Oikein toteutettu lattiarakenne on riittävän korkealla rakennusta ympäröivän maanpinnan yläpuolella. Rakennuksen perustus ja ympäristö tulee pitää mahdollisimman kuivana. Lattian alapuolisen hiekka- ja soratäytön pitää katkaista perusmaasta nouseva kapillaarinen vesi. Maanvaraisissa lattiarakenteissa alimmaisen betonilaatan alapuolella tulee olla vähintään 50 mm solumuovilämmöneristys. Puuosien ja betonilaatan väliin tulee asentaa kosteudeneristyskaista, esim. bitumihuopa. Esimerkiksi korjauksen yhteydessä koolatun lattian puuosat tulisi nostaa alemman betonilaatan yläpuolelle esimerkiksi tiilen, harkon ym. avulla. Tällöin myös korokkeen ja puurakenteen väliin laitetaan kosteudeneristyskaistat. Väliseinien puuosat tulisi aina olla valmiin lattiapinnan yläpuolella erotettuna myös bitumikaistalla alapuolisesta betonista.

Sokkelin, lattian ja ulkoseinän alareunan liittymässä seinän alaohjauspuun ja sokkelin välissä tulee olla kosteudeneristyskaista. Mikäli alajuoksua voidaan nostaa ylemmäksi esimerkiksi valmiin lattiapinnan tasalle, sen paremmissa olosuhteissa alajuoksu on. Lattian liittymään muodostuu helposti kylmäsillan mahdollisuus, joten liittymä tulee tapauskohtaisesti suunnitella tarkasti. Ulkoseinän alareunan rakenteet eivät myöskään saa olla missään tapauksessa kosketuksissa lattian alapuolisen hiekan kanssa. Riippumatta ulkoseinän rakenteista verhouksen alareunaan tulee jättää selvä tuuletusrako, josta ilma pääsee ulkoseinän verhouksen tuuletusväliin ja edelleen seinän yläreunan kautta pois.

Rakennuksen toimiva vesikatto ja yläpohja ovat suoja rakennukselle saderasituksia vastaan. Sadevesien poisjohtaminen tulee tapahtua pitkien räystäiden ja sadevesijärjestelmien kautta. Vesikaton läpimenot, tasoerot, taitteet ja jiirit muodostavat vauriokohtia.

Puurakenteisessa yläpohjassa suositellaan aina ilmansulkua, mieluummin tiivis muovinen höyrynsulku. Huolimatta tiiviistä yläpohjasta ullakkotilassa tulee olla riittävä tuuletus siihen kuuluvine tuuletusrakoiheen ja -aukkoineen. Useille vesikatemateriaaleille aluskate on välttämätön.

Nykyisin keskustellaan paljon hengittävistä taloista etenkin silloin, kun markkinoidaan materiaaleja ja rakennuksia. Yleisesti voitaisiin todeta, että rakennus hengittää ilmanvaihtonsa kautta. Olipa ilmanvaihtojärjestelmä mikä tahansa niin sen on kyettävä vaihtamaan ilmaa riittävän paljon, jolloin sisäilmaan ei pääse kertymään haitallisia aineita. Mikäli rakennuksen sisäpinnat ovat huokoista materiaalia kuten puuta tai rakennuslevyjä, ne voivat sitoa kosteutta. Edellytyksenä kuitenkin on se, että pintoja ei ole päällystetty tai käsitelty tiiviillä aineilla kuten esim. maaleilla. Näin ollen todellisuudessa tämän tyyppinen ”hengittävyys” lienee varsin vähäistä nykymateriaaleja käytettäessä. Tämän hetkisen tietämyksen mukaan tilanne ilmanvaihdon kannalta on paras silloin, kun huoneisiin tulee hallitusti raikasta, puhdasta ilmaa ja käytetty ilma poistuu hallitusti. Rakennuksen sisällä tulee olla lievä alipaine, jolloin kostea sisäilma ei pääse tunkeutumaan rakenteiden sisään vaipassa mahdollisesti olevien vuotokohtien kautta. Hallittavuutta parantaa ulkovaipan tiiviys mikä edellyttää, että sisäpuolella on ilmanpitävä kerros, ns. ilmansulku (höyrynsulku on eräs muoto ilmansulkua) ja ulkopuolella on tuulenpitävä kerros, ns. tuulensulku.

Rakennuksen toimivuuden kannalta on tärkeätä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan kokonaistoimivuus huomioon ottaen. Rakenteiden on oltava toimivia, mutta myös ilmanvaihtojärjestelmän ja putkijärjestelmien kuten automatiikankin tulee tukea tätä kokonaistoimivuutta. Vaikka erilliset rakennuksen osat ja laitteet olisivatkin itsenäisesti hyvin toimivia, ei tämä vielä takaa koko tuotteen asianmukaista toimivuutta. Tässä mielessä vähäisin asia ei suinkaan ole yksinkertaiset ja selkeät käyttö- ja huolto-ohjeet, joiden tulisi olla kaikkien rakennuksessa olevien käytössä. Rakennusten pitkäaikaistoimivuuden kannalta on tärkeätä ylläpito ja hoito, ennen kaikkea ennakoiva ylläpito, jonka avulla uhkaavat haittatekijät voidaan poistaa jo ennakkoon.

Olemassa olevan rakennuskannan osalta on erityisen tärkeätä, että niiden kuntoisuus saadaan hallintaan. Kun tällä hetkellä on jo runsaasti tietoa riskirakenteista, tulee jatkossa kyetä estämään ennakolta ihmisten ja rakennusten terveyttä uhkaavien vaurioiden syntyminen. Tämä on rakentajien ja kiinteistönpitäjien tehtävä. Lääkäreiden ja mikrobiologien on tuotettava tarvittavaa perustietoa ja käyttökelpoisia kriteereitä omalta erityisalaltaan, joita voidaan hyödyntää rakentamisessa ja korjaamisessa. Ongelmien ratkominen edellyttää hyvää yhteispeliä.

Rakentamisessa ei ole olemassa mitään helppoa ratkaisua, minkä avulla voisimme täysin varmistaa rakennusten asianmukaisen toimivuuden. Myöskään ei ole menneisyydestä löydettävissä ratkaisuja, joiden avulla asiat saataisiin kuntoon helposti. Kun otamme

huomioon rakentamisen ja koko rakennusten pitoajan, kultakin ajalta löytyy kestävyys-
den kannalta onnistuneita ja epäonnistuneita rakennuksia. Rakennusfysikaalisen toimi-
vuuden varmistaminen puurakennuksissa, kuten myös kaikessa muussa rakentamisessa,
edellyttää koko ketjun entistä parempaa hallintaa: suunnittelu, rakentaminen, korkea
työmoraali, sisäistetty laatuajattelu, korkeatasoinen ylläpito ja hoito sekä käyttäjälle an-
nettava tieto rakennuksen toiminnasta ja oikeasta käytöstä sekä kaikkea edellä olevaa tu-
keva tutkimus ja tuotekehitys. Rakentamisessa eri osa-aloille sirpaloitunut tieto ja teke-
minen pitää pystyä jälleen yhdistämään yhdeksi kokonaisuudeksi. Tavoitteena on oltava
terveellinen, turvallinen ja tuottava kiinteistö, jossa on hyvä asua ja tehdä työtä.

Lähdeluettelo

Betonilattiat. 1997. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys ja Suomen Betonilattiayhdistys. 145 s. (BLY 7, by 45)

Byg-Erfa, erfahrungsblad. 1990. Kööpenhamina: Byggecentrum. Kokemustietolehtiä vuosilta 1979 - 1990.

Defect Action Sheet. 1990. Garston, Englanti: Building Research Establishment. Tiedotelehtiä 1985 -1990.

Flygare, Pertti; Kivikoski, Harri & Niskala, Eino. Maakosketuksessa olevat lämmöneristeet. Kenttätutkimus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1989. 105 s. + liitt. 97 s. (VTT Tiedotteita 1061.)

Kansanterveyslaitos 1995. Pientalojen kosteusvauriot - Yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen.. Kuopio: Kansanterveyslaitos (KTL). 48 s. + liitt. 9 s. (Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B6/1995)

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. 1997. Helsinki: Ympäristöministeriö. 79 s. (Ympäristöopas 29)

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997 Helsinki: Ympäristöministeriö, 143 s. (Ympäristöopas 28)

Kääriäinen, Hannu ja Rantamäki, Jouko 1993a. Betonilaatan päälle tehdyt puulattiat. Laboratoriokokeita. 1993. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 28 s. (VTT Tiedotteita 1522).

Kääriäinen, Hannu ja Rantamäki, Jouko 1993b. Alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus. 1993. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 46 s + liitt. 1 s.. (VTT Tiedotteita 1530).

Määttä, Jukka & Kaunisto, Tuija. Pientalojen talousvesiverkoston vuotovahingot. 1997. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 42 s. + liitt. 4 s. (VTT Tiedotteita 1829)

Nieminen, Jyri ja Rantamäki, Jouko. Tuulettettava alapohja. 1991. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 53 s. (VTT Tiedotteita 1241)

Palautteen hyödyntäminen talonrakentamisessa. 1988. Helsinki: Rakennuskirja. 64 s.

Rantamäki, Jouko ja Valkonen, Erkki. Lattiasienivauriot 1977. Helsinki, Rakentajain Kustannus Oy. 62 s.

RIL 121-1978. Pohjarakennusohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry., 1988. 92 s.

RIL 126-1987. Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry., 1987. 103 s.

RIL 197-1993. Korjaushankkeen kustannukset. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry., 1993. 207 s.

RIL 126-1987. Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry., 1987. 120 s.

Sisäilmastoseminaari 1998. Helsinki: Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu. 328 s. (SIY Raportti 11)

SkadeBladet. 1985. Byggingindustrin-lehdessä julkaistut vauriosivut vuosilta 1985 - 1994.

Tulla, Kauko & Lounela, Timo., Pientalojen perusparannusesimerkkejä. 1977. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 358 s. (VTT Rakennuslaboratorion Tiedonanto 6)

Tulla, Kauko. 1993. Kansainvälisiä rakennusalan palautejärjestelmiä ja kestoian arviointimenetelmiä. Oulu: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Rakennustekniikka. Raporttimoniste. 17 s. + liitt. 51 s.

Tulla, Kauko. Betonisokkeliin ja maanvaraiseen betonilaattaan kosketuksissa olevien puurakenteiden kosteustekninen toimivuus. 1991. Oulu: Oulun yliopisto. 71 s. + liitt. 13 s. (Lisensiaattityö)

Tulla, Kauko. Maanvaraiseen alapohjaan liittyvien puurakenteiden kosteus. Kenttätutkimus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, 1987. 31 s. + liitt. 7 s. (VTT Tiedotteita 769.)

Tulla, Kauko. Puurunkoisten omakotitalojen alussoiron kosteustekninen toimivuus. 1984. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 26 s. + liitt. 11 s. (VTT Tiedotteita 286)

Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. C2, Kosteus, määräykset ja ohjeet 1998. Ehdotus 29.5.1998.

Projektin aikana laadittuja lehtiartikkeleita ja julkaisuja, joissa käytetty hyväksi projektissa tuotettua tietoa

Tulla, Kauko, Rantamäki, Jouko. Repairing of Damages in Buildings Caused by Moulds and Wood-rotting Fungi. User-oriented and cost effective Management, Maintenance and Modernization of Building Facilities. CIB W70. Helsinki '96 symposium. September 2-4. 1996 Finland.

Rantamäki, Jouko. Suomalaisen rakentamisen homeongelmat. Rakennuslehti nro 5 (20.2.1997)

Rantamäki, Jouko. Pientalojen rakentamisen vakiovirheet. Rakennuslehti nro 8 (13.3.1997)

Rantamäki, Jouko. Kylpyhuoneen vesivauriot johtavat homevaurioihin. Rakennuslehti nro 10 (27.3.1997)

Rantamäki, Jouko. Terve, homeinen talo. Kunnalliselämä nro 2. 1997.

Rantamäki, Jouko, Kääriäinen, Hannu, Tulla, Kauko. Pientalojen kosteus- ja homevaurioriskit: Rakennuslehti nro 31 (23.10.1997)

Tulla, Kauko, Rantamäki, Jouko. Kosteus- ja homevaurioiden oikeat korjaustavat. Rakennusinsinööripäivät 23.10.1997. Espoo.

Rantamäki, Jouko. Maanvaraisten lattioiden ja kellarien rakenteet ja home. Rakennuslehti nro 35 (20.11.1997)

Rantamäki, Jouko. Suihkut lisänneet kosteusriskejä kylpyhuoneissa. Rakennuslehti nro 8 (12.3.1998)

Rantamäki, Jouko. Ulkoseinien homeongelmat odotettua vähäisemmät. Rakennuslehti nro 10 (26.3.1998).

Rantamäki, Jouko. Ryömintätalaisen alapohjan suunnittelu vaatii taitoa. Rakennuslehti nro 15 (30.4.1998).

Rantamäki, Jouko. Katto pitää talon kuivana ja kunnossa. Rakennuslehti nro 20 (4.6.1998).

Hekkanen, Martti, Tulla, Kauko. Omakotirakentamisen oikeat periaatteet. Kastelli-talojen messulehti. 1997.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaaminen. Helsinki 1997. Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 29. 79 s.

Tulla, Kauko. Terveellinen talo. Julkaisussa Terve ympäristö. Oulun ympäristöpäivät 27.-28.3.1998. s. 60-65.

Tulla, Kauko. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaaminen. Kunnalliselämä-lehti nro 1. 1998. s. 41-43

Tulla, Kauko. Kunnolla korjaamaan. Rakennuslehti nro 15 (1.5.1997) (“Kivijalka-artikkeli”).

Tulla, Kauko, Pasanen, Anna-Liisa. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaaminen. Sisäilmastoseminaari. Helsinki 19.3.1998.

Puurakennusten rakenteet ja vauriot eri aikakausina

Ajanjakso	Rakenteet	Vauriot
- 1940	<ul style="list-style-type: none"> • Hirsirakennukset, rossilattiat, katot peltiä/tiiltä/huopaa/pärettä • Lämmöneristeet sahanpurua ja kutterinlastua (sanomalehtiä, sammalta ym.) • Verhouksena lauta ja sisäpuolella kuitulevyt/pahvit • Kuriositeettinä ilma-eristeet • Pahvi/paperieristeiset rakenteet ja turve- ym. eristeet • Pesutiloja ei asuintilojen yhteydessä, keittiössä viemäri ja vesijohto • Uunilämmitys • Painovoimainen ilmanvaihto 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimpien hirsikertojen lahoaminen (kengittäminen normaali korjaus) • Lahovauriot ikkunoiden alla • Kattovuodot • Rossilattian lahovauriot • Kosteusvauriot vesipisteiden kohdilla (kaatoaltaat, viemärit) • Tuhohyönteiset (tupajumi, kuolemankello ym.) • Korjauksissa valettu betonia kivijalan ulkopuolelle, joka on lahottanut yläpuolisia puurakenteita ja lattianrajoja
1940-1955	<ul style="list-style-type: none"> • Rankorakenteinen seinä, rossilattiat, eristeenä yleensä sahanpuru 100 mm • Tiivistekerroksina pahvit (muoveja ei vielä käytössä) • Katot huopaa, tiiltä, peltiä, (pärettä) • Usein kellarillisia taloja • Vesipisteitä niukasti, ei märkätiloja • Uunilämmitys • Painovoimainen ilmanvaihto 	<ul style="list-style-type: none"> • Eristeiden laskeutuminen ja tästä seuraavat eristepuutteet ikkunoiden alla ja yläpohjan liittymässä • Rossilattian lahovauriot • Kattovuodot • Kosteusvauriot ikkunoiden alla (pellitys/ikkunalauta päästää veden rakenteeseen) • Kellareissa yleisesti kosteusongelmia
1955-1970	<ul style="list-style-type: none"> • Rankorakenteinen seinä, maanvarainen betonilattia (muovimatto tai koolattu puulattia, laatan alla ei eristettä), lämmöneristeinä mineraalivilla • Ulkoverhouksena lauta (myös levyjä käytettiin, asbestisementtilevy ym.) • Tasakattoisia taloja aletaan rakentaa • Höyrynsulkua alettiin käyttää (muovitettu/aluminoitu paperi ym.) • Märkätilat yleistyvät (pesutilat, saunat) • Putkitukset asennetaan rakenteiden si- 	<ul style="list-style-type: none"> • Betonilaatan päälle koolattujen puulattioiden kosteusvauriot (laho, home) • Kattovuodot • Märkätilojen kosteusongelmat • Putkivuodot

	<p>sään</p> <ul style="list-style-type: none"> • painovoimainen ilmanvaihto 	
1970-1985	<ul style="list-style-type: none"> • Rankorakenteinen seinä, maanvarainen betonilaatta (muovimatto tai koolattu puulattia, laatan alla yleensä eriste), lämmöneristeenä mineraalivilla • Ulkoverhouksena lauta tai tiili, myös levyjä käytetty (karaatti ym.) • Valesokkelirakenteet • Tasakatot yleisiä • Höyrynsulkua käytettiin miltei aina (muovi, muovitettu paperi) • Märkätilat aina rakennukseen (pesutila, sauna), myös kylmiöitä rakennettiin • Pesutilojen seinät kevytrakenteisia (puu, levy), kosteussulkusivelyä ei välttämättä käytetty • Putkitukset rakenteiden sisään, jakson lopulla asennus suojaputkeen tai pintaan 	<ul style="list-style-type: none"> • Kattovuodot ja kosteusongelmat yläpohjissa (vuotavat höyrynsulut, tuuletuksen puutteet) • Ulkoseinien alaosien kosteusvauriot (puuseinä liian lähellä maata, valesokkelit) • Märkätilojen kosteusongelmat (lahoa, hometta) • Putkivuodot, putkien kondenssi • Alapohjien kosteusongelmat • Paikalla rakennettujen kylmiöiden kosteusongelmat • Ilmanvaihto tehotonta (painovoimainen, ei tuloventtiilejä)
1985-	<ul style="list-style-type: none"> • Rakenteet kuten edellä • Myös selluvillaa käytetty lämmöneristämiseen • Harjakatto syrjäytti täysin tasakaton • Putkitukset suojaputkissa tai pinnassa • Pesutilojen lattioissa lattialämmitys, seinät varsin usein kivirakenteisia, kevyissä seinissä kosteussulkusively • Koneellinen ilmanvaihto 	<ul style="list-style-type: none"> • Märkätiloissa edelleen kosteusvaurioita • Alapohjissa hajuongelmia ja sokkeleissa kostumista (suolamuodostumaa, rapautumaa) • Myös katto-ongelmia esiintyy (vuotoja, kondenssia)
Korjausrakentaminen 1970-luvulla	<ul style="list-style-type: none"> • Märkätilat rakennuksiin (pesuhuone, vessa, sauna) • Rossilattiat korvattiin maanvaraisella laamalla • Lisälämmöneristys seiniin ja yläpohjiin, ikkunoita uusittiin • Ulkopuolinen lisäeristys heikensi rakennusten ulkonäköä • Kellaritiloja otettiin käyttöön • Ilmanvaihto ennallaan 	<ul style="list-style-type: none"> • Seinien alaosien ja laajennusosien liittymien lahovauriot (lattiasienivauriot) väärästä korjausratkaisusta johtuen (julkaisu: Rantamäki, 1979) • Rossilattian muuttaminen maanvaraiseksi aiheutti vaurioita • Märkätiloissa kosteusvaurioita • Sisustetuissa kellareissa kosteusvaurioita
Korjaus-	<ul style="list-style-type: none"> • Pahimmat virheet on karsittu, mutta 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaurioiden korjaamista (esim.

rakenta- minen 1980- luvulta eteenpäin	edelleen tehdään kyseenalaisia ratkai- suja <ul style="list-style-type: none"> • Ikkunat uusitaan kokonaan • Ilmanvaihtoa tehostetaan (koneelliset ratkaisut) • Homeongelma alkaa yleistyä 1990-luvulla 	pesutilat, alapohjat ja yläpohjat sekä putkivuodot), homeongelma <ul style="list-style-type: none"> • Kevytrakenteiset kylpyhuoneet kunnostettava lähes poikkeuksetta • Hometalojen korjaukset nousevat keskeiseksi • Sisäilman laatuksymykset aiheuttavat ongelmia kuten myös rakennusmateriaalien emissiot
--	---	--

RISKIANALYYSI, ESIMERKKITARKASTELUT

Seuraavassa taulukostossa on esitetty esimerkinomaisesti riskianalyysitarkastelut erilaisille yleisesti käytetyille rakennusratkaisuille. Nykyisen käsityksen mukaan useimmat esitetyt ratkaisut ovat arveluttavia, joskin niitä käytetään valitettavasti edelleenkin. Tämän tarkastelun oleellisena tavoitteena on osoittaa miten vähäisillä ja usein minimaalisilla kustannuksilla ratkaisujen toimivuutta voidaan parantaa. Siten kunnollisten rakenteiden tekeminen ei ole riippuvainen kustannuksista tai edes tietämyksestä, vaan ennen kaikkea siitä, että niitä todella aletaan käyttää. Toivottavaa on, että esimerkit toimivat "herättäjänä" tässä tärkeässä asiassa, jota näyttää olevan erittäin vaikea saada lävitse normaali informaation avulla.

Riskitarkastelun laskentakaava on: $R=fxS$, missä f on tapahtuman todennäköisyys vuodessa tarkasteluajankohtana ja S on tapahtumasta aiheutuvat kustannukset. Todennäköisyys f on kestoian käänteisarvo. Riskin nykyarvo saadaan kaavasta: $E=dxR$, missä d on diskonttaustekijä (oletuksella, että korjatun rakenteen kestoikä on rajoittamaton ja korolla 5 % sen arvo on 20). Laskelmissa käytetty alkuperäisten rakenteiden kestoikä perustuu vauriotapauksista kerättyyn arvioon. **On huomattava, että tarkastelukohteina on riskialttiiksi todetut ratkaisut, eivät nykytietämykseen perustuvat oikein tehdyt, toimivat ratkaisut.**

Laskelmissa on kustannusten arvioinnissa käytetty kirjaa RIL 197-1993 Korjaushankkeen kustannukset. Esitettyjä kustannuksia ei voidan käyttää sellaisenaan yleisenä kustannuslaskentaperusteena, vaan on syytä perehtyä tarkemmin em. kirjan kustannuslaskentaohjeistoon.

1. Pesuhuoneen seinärakenteen ja lattian kosteusvauriot

Pesuhuoneen kooksi on oletettu 7 m^2 ja vertailussa on laskettu kaksi vaihtoehtoa: levyrakenteinen seinä ja tiilirakenteinen seinä.

1.1 Kevytrakenteinen puulevyseinä, jossa on puutteellinen vedeneristys, tai sitä ei ole lainkaan (1970-luvulla ja 1980-luvun alkupuolella käytetty tyypillinen rakenne).

Oletukset:

- $f = 1/10$ (rakenteiden kestoikä 10 vuotta)
- Seinästä joudutaan korjaamaan kolmannes = $9,5 \text{ m}^2$
- Seinässä ja lattiassa laatoitus, laatoitus korjataan kokonaan
- Lattian rakenteista korjataan kolmannes
- Kalusteita ei irroteta eikä siirrellä

Kustannukset	mk/m ²	mk
Laatan purku	220	513
Laatan teko	180	420
Laatoituksen teko lattiaan	380	2660
Seinän purku	100	950
Seinän teko	260	2470
Seinän laatoitus	280	4980
Yhteensä		14993
Riski	$R = 1/10 \times 15000 = 1\,500 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\,500 = 30\,000 \text{ mk}$	

1.2 Kivirakenteinen seinä

Oletukset:

- $f = 1/25$ (kestoikä 25 vuotta)
- Lattiaa puretaan 1 m^2 (vaurio ei kivirakenteessa ole levinnyt laajemmalle)
- Lattiaa ja mahdollisesti seinää joudutaan kuivaamaan
- Lattian laatoitus uusitaan kokonaan, seinän laatoituksesta 1/3-osa

Kustannukset	mk/m ²	mk
Betoni-laatan purku	600	600
Laatoituksen purku, lattia	100	700
Laatoituksen purku, seinä	70	665
Rakenteiden kuivaus	erä	2000
Lattian laatoitus	380	2660
Seinän laatoitus	280	2660
Yhteensä		9285
Riski	$R = 1/25 \times 9285 = 371 \text{ mk}$ eli noin 400 mk/v	
Riskin nykyarvo	$E_2 = 20 \times 400 = 8\,000 \text{ mk}$	

Tässä esimerkissä kivi- ja puurakenteisen seinän hintaero on noin 150 mk/m^2 eli koko kylpyhuoneen seinille hintaero on 4 000 mk. Riskien ero $E_1 - E_2 = 22\,000 \text{ mk}$ eli on hyvin kannattavaa muuttaa korjaustilanteessa kylpyhuoneen seinä kivirakenteiseksi. Seinä voidaan luonnollisesti tehdä myös puurakenteisena kunhan huolehditaan, että vedeneristyksiset ovat oikein ja luotettavasti tehty. Talon lyhytikäisyys tai korkea laskentakorko voi muuttaa johtopäätöksiä.

2 Maanvaraisen lattiarakenteen kosteusvauriot

2.1 Koolattu puulattia. Betonilaatan alla ei ole lämmöneristettä lainkaan.

Oletukset:

- $f = 1/30$ (kestoikä 30 vuotta)
- Vesivauriossa vaurioitunut ala noin 50 m^2
- Lattia puretaan betonilaatan pintaan saakka

Kustannukset	mk/m ²	mk
Lattian purku	120	6 000
Lattian uudelleenrakentaminen ja pintarakenne	400	20 000
Väliseinien korjaus	500 mk/jm	10 000
Yhteensä		36 000
Riski	$R = 1/30 \times 36\,000 = 1\,200 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\,200 = 24\,000 \text{ mk}$	

2.2 Betoninen kaksoislaattalattia

Oletukset:

- $f = 1/30$ (kestoikä 30 vuotta)
- Vesivauriossa vaurioitunut ala noin 50 m^2
- Lattia puretaan alemman betonilaatan pintaan saakka

Kustannukset	mk/m ²	mk
Lattian purku	220	11 000
Lattian uudelleenrakentaminen ja pintarakenne	400	20 000
Väliseinien korjaus	500 mk/jm	10 000
Yhteensä		41 000
Riski	$R = 1/30 \times 41\,000 = 1\,370 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\,370 = 27\,400 \text{ mk}$	

2.3 Betonilattia, jossa lämmöneristeet betonilaatan alla, pinnoitteena betoniin liimattu matto tai parketti. Lattiassa esim. putkivuoto.

Oletukset:

- $f = 1/30$ (kestoikä 30 vuotta)
- Vesivauriossa vaurioitunut ala noin 8 m^2
- Lattia puretaan vaurioituneelta alalta, väliseiniä ei tarvitse korjata

Kustannukset	mk/m ²	mk
Lattian purku	220	1 760
Lattian uudelleenrakentaminen ja pintarakenne	400	3 200
Yhteensä		4 960
Riski	$R = 1/30 \times 4\,960 = 165 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_2 = 20 \times 165 = 3\,300 \text{ mk}$	

Erot riskien odotusarvoissa johtuu lähinnä vauriopinta-alan pienentymisenä vaihtoehdossa 3. Vaihtoehto 3 ei ole muita vaihtoehtoja kalliimpi rakentaa.

3 Ryömintätilainen alapohja

3.1 Kosteaa maaperää ja alapohjan tuuletus heikko

Oletukset:

- $f = 1/40$ (kestoikä 40 vuotta)
- Vaurion pinta-ala 70 m^2 (koko alapohja)
- Korjauksessa voidaan lattian kannattajat säilyttää

Kustannukset	mk/m ²	mk
Lattian purku	200	14 000
Lattian uudelleenrakentaminen ja pintarakenne	300	21 000
Väliseiniä korjaus	500 mk/jm	10 000
Yhteensä		45 000
Riski	$R = 1/40 \times 45\,000 = 1\,125 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\,125 = 22\,500 \text{ mk}$	

3.2 Putkistovuoto ryömintätilaisessa alapohjassa

Oletukset:

- $f = 1/30$
- Vaurion pinta-ala 10 m^2
- Korjauksessa lattian kannattajat säilytetään

Kustannukset	mk/m ²	mk
Lattian purku	200	2 000
Lattian uudelleenrakentaminen ja pintarakenne	300	3 000
Yhteensä		5 000
Riski	$R = 1/30 \times 5\,000 = 167 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 167 = 3\,400 \text{ mk}$	

Putkistovuotoa ajatellen ei suuriin ennakoiviin toimenpiteisiin kannata ryhtyä. Sen sijaan tuuletuksen parantaminen ryömintätilassa ja kosteuden nousun estäminen maape-rästä on hyvin kannattavaa. Uudisrakennuksessa hyvä tuuletus voidaan järjestää lähes ilman lisäkustannuksia.

4 Ulkoseinän kosteusvauriot

4.1 Räystäsvuoto seinälle

Oletukset:

- $f = 1/20$ (kestoikä 20 vuotta)
- Vaurion laajuus 10 m^2
- Seinä voidaan korjata uusimatta runkoa kokonaan, lautaverhous

Kustannukset	mk/m ²	mk
Seinän purku	200	2 000
Seinän uudelleenrakentaminen ja pinnoitus	800	8 000
Yhteensä		10 000
Riski	$R = 1/20 * 10\,000 = 500 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 * 500 = 10\,000 \text{ mk}$	

Ikkunoiden tai ovien sattuminen vaurioalueelle lisää kustannuksia mahdollisesti jopa kaksinkertaiseksi. Korjattava ikkuna tai ovi otetaan kokonaan vaurioalaan mukaan. Verhohuoraus aiheuttaa noin 60 %:n korotuksen hintoihin.

4.2 Maan pinta liian lähellä ulkoseinää

Oletukset:

- $f = 1/30$ (kestoikä 30 vuotta)
- Vaurion laajuus 20 jm
- Seinä voidaan korjata uusimatta runkoa kokonaan, lautaverhous
- Seinää korjataan noin metrin korkeuteen

- Sokkelia korotetaan harkoilla yksi harkkokerta

Kustannukset	mk/jm	mk
Seinän purku	40	800
Seinän uudelleenrakentaminen ja pinnoitus	740	14 800
Yhteensä		15 600
Riski	$R = 1/30 \times 15\ 600 = 520 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 520 = 24\ 000 \text{ mk}$	

Jos seinää joudutaan tukemaan korjauksen aikana ja runkoa uusimaan nousee kustannus noin kaksinkertaiseksi.

4.3 Ulkoseinän alajuoksu liian syvällä maan pintaan nähden, nosto lattian tasoon sisäpuolelta korjaten

Oletukset:

- $f = 1/30$ (kestoikä 30 vuotta)
- Vaurion laajuus 50 jm
- Ulkopuolella valesokkeli
- Seinän alajuoksu maan pinnan alapuolella, kastunut ulkopuolisista pintavesistä
- Seinä voidaan korjata uusimatta runkoa kokonaan, lautaverhous jää paikoilleen
- Seinää korjataan noin metrin korkeuteen

Kustannukset	mk/jm	mk
Seinän purku	160	8000
Seinän uudelleenrakentaminen ja pinnoitus	840	42 000
Yhteensä		50 000
Riski	$R = 1/30 \times 50\ 000 = 1\ 670 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\ 670 = 33\ 000 \text{ mk}$	

Seinän eri syistä johtuvien vaurioiden riskitaso vaihtelee, mutta suurin riski piilee liian syvälle maan pinnan alapuolelle asetetusta ulkoseinän alasoirosta.

5. Vesikattorakenteet

5.1 Katon paikallinen kosteusvaurio. Ullakolle ei pääsyä tai yhtenäinen kattorakenne

Oletukset:

- $f = 1/20$ (kestoikä 20 vuotta)
- Korjattava kattorakenne 15 m^2

Kustannukset	mk/m ²	mk
Rakenteiden purku	280	4 200
Huopakate+laudoitus	250	3 800
Yläpohjan uudelleenrakentaminen	360	5 400
Yhteensä		13 400
Riski	$R = 1/20 \times 13\,400 = 670 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 670 = 13\,400 \text{ mk}$	

5.2 Katon paikallinen kosteusvaurio. Ullakolla voidaan liikkua ja tehdä korjauksia

Oletukset:

- $f = 1/20$ (kestoikä 20 vuotta)
- Korjattava kattorakenne 5 m^2

Kustannukset	mk/m ²	mk
Rakenteiden purku	200	1 000
Ullakon uudelleenrakentaminen	360	1 800
Yhteensä		2 800
Riski	$R = 1/20 \times 2\,800 = 140 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 140 = 2\,800 \text{ mk}$	

5.3 Yläpohjan riittämättömän tuuletuksen aiheuttama kosteusvaurio

Oletukset:

- $f = 1/30$ (kestoikä 30 vuotta)
- Koko ruodelaudoitus ja vesikate joudutaan purkamaan
- Katon kannattajat voidaan säilyttää
- Kunnostettava kattopinta-ala 80 m^2

Kustannukset	mk/m ²	mk
Rakenteiden purku	50	4 000
Katon uudelleenrakentaminen	400	32 000
Yhteensä		36 000
Riski	$R = 1/30 \times 36\,000 = 1\,200 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\,200 = 24\,000 \text{ mk}$	

Lisäkustannukset kattojen vesivauriokorjauksista aiheutuvat pääasiassa pinta-alojen suurenemisesta korjattaessa kattoa, johon ei ole pääsyä. Korjaus viivästyy, koska vauriota ei pystytä aina toteamaan. Katon tuuletuksen lisäys ei yleensä vaadi kuin muutaman sadan tai tuhannen markan investoinnin. Tuuletus kannattaa siten tehdä mieluummin ylimitoitetuksi kuin minimimitoituksena.

6 Kellarirakenteiden kosteusvaurio

Oletukset:

- $f = 1/15$ (kestoikä 15 vuotta)
- Kellarin seinä ollut alkuaan lämmöneristämätön
- Seiniin tehty lisälämmöneristys puukoolauksen varaan, pintamateriaali paneeli tai rakennuslevy
- Korjattuja seiniä on saunassa ja takahuoneessa
- Korjattava seinärakenne 45 m²
- Seinä korjataan kivrakenteiseksi
- Ulkopuolisia kuivatusjärjestelyjä ei ole otettu mukaan laskelmaan

Kustannukset	mk/m ²	mk
Rakenteiden purku	50	2 250
Seinien uudelleenrakentaminen	400	18 000
Yhteensä		20 250
Riski	$R = 1/15 \times 20\,250 = 1\,350 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\,350 = 27\,000 \text{ mk}$	

7 Saunan kosteusvaurio

Oletukset:

- $f = 1/6$ (kestoikä 6 vuotta)
- Saunan hyötypinta-ala 6 m²
- Seiniin tehty lämmöneristys puukoolauksen varaan, pintamateriaali paneeli
- Sauna erittäin kostea ja tuuletus huono
- Rakenteet joudutaan uusimaan kokonaan

Kustannukset	mk/htm ²	mk
Rakenteiden purku	200	1 200
Saunan uudelleenrakentaminen	1 000	6 000
Yhteensä		7 200
Riski	$R = 1/6 \times 7\,200 = 1\,200 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 1\,200 = 24\,000 \text{ mk}$	

Jos sauna pysyy kuivana uusintakerrat harvenevat eli $f = 1/20$. Silloin $E_2 = 7\,200 \text{ mk}$.

8 Keittiön kosteusvaurio

Oletukset:

- $f = 1/25$ (kestoikä 20 vuotta)
- Vuoto kastelee pintarakenteita, parketin tai maton alapuolen
- Vaurion laajuus on 2 m^2 , mutta matto joudutaan vaihtamaan koko keittiöstä 15 m^2
- Betonilattiaa joudutaan kuivaamaan

Kustannukset	mk/m ²	mk
Päällysteen poisto ja uusi päällyste	200	3 000
Kuivatus	erä	2 000
Yhteensä		5 000
Riski	$R = 1/25 \times 5\,000 = 200 \text{ mk/v}$	
Riskin nykyarvo	$E_1 = 20 \times 200 = 4\,000 \text{ mk}$	

Keittiön vahinkoriski on niin pieni, ettei lattiakaivo ole välttämättä taloudellisesti perusteltu. Sen sijaan lattiamaton nosto seinälle tai allas laitteen alle voi tulla kysymykseen.

DISKONTTAUSTEKIJÄ

VUODET	DISKONTTAUSTEKIJÄ ERI KORKOPROSENTEILLA			
	1 %	2%	5 %	10 %
1	0,99	0,98	0,95	0,91
5	4,85	4,71	4,33	3,79
10	9,47	8,98	7,72	6,15
15	13,87	12,85	10,38	7,61
20	18,05	16,35	12,46	8,51
25	22,02	19,52	14,09	9,08
30	25,81	22,40	15,37	9,43
35	29,41	25,00	16,37	9,64
40	32,83	27,36	17,16	9,78
50	39,20	31,42	18,26	9,92
100	63,04	43,01	19,85	10,0

YLEISIMMÄT VAURIOKOHDAT JA -RAKENTEET

1. Pesuhuoneen ja saunan seinä- ja lattiarakenteet
2. Maanvarainen laatta
3. Ulkoseinän, sokkelin ja lattian liittymä
4. Ryömintätila
5. Vesikattorakenteet
6. Ylä- ja välipohjarakenteet
7. Kellarirakenteet
8. Keittiö ja apukeittiö
9. Ilmastointi ja LV-tekniikka