

Opinnäytetyö (AMK)  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Kiinteistöjohtaminen  
2012

Johanna Keskitalo

# PROJEKTI TIKAPUU

– Tietokanta puurakenteisista alapohjista



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Johanna Keskitalo

## PROJEKTI TIKAPUU – Tietokanta puurakenteisista alapohjista

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitkä erilaiset tekijät fysikaaliset ja rakenteelliset tekijät vaikuttavat puurakenteisen alapohjan kosteustekniseen toimintaan ja mitkä näistä tekijöistä ovat tietokantaan tallentamisen kannalta relevantteja.

Rakennusmateriaalina puu on varsinkin omakotitalorakentajien suosiossa, ja oikein käytettynä sekä huollettuna se on pitkäikäinen. Orgaanisena materiaalina puu kuitenkin on altis sekä kosteuden että bio-organismien aiheuttamille vaurioille. Opinnäytetyössä tehtiin esiselvitystä puisen alapohjarakenteen perinteisistä rakenneratkaisuista, alapohjassa vaikuttavista fysikaalisista ominaisuuksista sekä biologisista vauriotekijöistä. Pääasiassa työssä on keskitytty homeen ja lahon esiintymiseen alapohjarakenteissa. Työssä ei puututa rakennusten sisäilmavaatimuksiin vaan keskitytään nimenomaan kuntotutkimuksen suorittamisen kannalta katsottuna merkityksellisiin rakennevaatimuksiin sekä rakenteen fysikaaliseen toimintaan.

Turun ammattikorkeakoulussa on käynnistetty projekti, jonka tarkoituksena on kerätä kattava tietokanta puurakenteisiin alapohjiin vaikuttavista rakenteellisista olosuhteista ja ympäristön fysikaalisten olojen muutoksista. Tietokannan avulla on mahdollista kehittää alapohjarakenteen toimintaa. Opinnäytetyössä kartoitettiin niitä puurakenteiden alapohjan rakennusteknisiä vaatimuksia, jotka rakenteen toiminnan kannalta ovat relevantteja. Tiedonhankinta suoritettiin tutustumalla aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, Turun rakennusvalvonnasta sekä projektityönä toteutetuilla kohdekäynneillä.

Työn aikana selvisi, että neljä esimerkkikohdetta käsittävässä otannassa on valmiin rakenteen ja suunnitelmien välillä eroavaisuuksia. Esiin tulleiden poikkeamien kohdalla voidaan olettaa, että näissä kohteissa rakenteen kosteustekninen toimivuus ei ole suunnitelmissa esitetyllä tasolla. Koska kosteuden pääsy tuulettuvaan alapohjaan ei ole estettävissä, on rakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa pyrittävä siihen, ettei kosteus aiheuta ryömintätilassa vaurioita. Projektin jatkon kannalta opinnäytetyö osoitti hyvin tietokannan hyödyllisyyden.

### ASIASANAT:

Korjausrakentaminen, alapohjat, kosteusvauriot, puurakenteet

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree of Civil Engineering | Real Estate Management

May 2012 | 51 + 38 pages

Maarit Järvinen, Rauli Lautkankare

Johanna Keskitalo

## PROJECT TIKAPUU – Database on wooden crawl space foundations

The thesis aims to find out which different kinds of physical and structural circumstances affect the moisture technical function of a wooden crawl space and which of these circumstances are relevant from the point of view of the database.

Wood as a building material is popular especially with detached house builders. When used and maintained properly, it is a long-lasting material. However, as a organic material timber is susceptible to damage induced by moisture and bio-organisms. This thesis is a preliminary study on traditional wooden crawl space structure solutions and the physical properties and biological damage factors affecting the crawl space. The main focus is on the occurrence of mold and rot. The study does not discuss the indoor climate requirements of buildings, but focuses on the relevant structural requirements from the viewpoint of condition investigation and the physical functionality of the structure.

Turku University of Applied Sciences has launched a project which aims to collect a comprehensive database on wooden crawl space foundations that are affected by both structural and climatic circumstances. The database makes it possible to develop a base floor structure. The thesis considers the building technical requirements that are relevant from the point of view of wooden crawl spaces. Information was gathered from literature, Turku Building Inspection Office and from a project at Turku University of Applied Sciences that including the visits to target buildings.

During the thesis project it was found out that with four target buildings there were differences between the completed structure and the plans made before. In this respect it can be assumed that in these structures the moisture technical function is not at the level that is presented in the plans. Because moisture cannot be eliminated from the crawl space, planning and construction must aim at a situation where moisture does not damage the structure. For the continuation of the project this thesis showed that planning the work is profitable and the database under construction is useful.

### KEYWORDS:

renovation, base floor, damage caused by moisture, wooden structures

# SISÄLTÖ

<b>SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 RAKENTAMISTA OHJAAVAT LAIT JA ASETUKSET SEKÄ MUUT MÄÄRÄYKSET</b>	<b>10</b>
<b>3 PUUN KÄYTTÖ RAKENTAMISESSA</b>	<b>11</b>
<b>4 PUUN MATERIAALIOMINAISUUDET</b>	<b>13</b>
4.1 Yleistä rakennuspuutavarasta	13
4.2 Puun lujuusominaisuudet	14
4.3 Hygroskooppisuus	15
<b>5 PUURAKENTEINEN ALAPOHJA</b>	<b>17</b>
5.1 Puurakenteisen alapohjan käyttö	17
5.2 Rakenne	19
5.3 Määräykset	22
5.4 Alapohjan tuuletus	24
<b>6 ALAPOHJASSA VAIKUTTAVAT FYSIKAALISET OLOSUHTEET</b>	<b>26</b>
6.1 Lämpö	27
6.2 Kosteus	30
6.3 Kapillaarisuus, diffuusio ja konvektio	31
6.4 Kosteuden tiivistyminen	33
<b>7 BIOLOGISET VAURIOTEKIJÄT</b>	<b>34</b>
7.1 Lahottajasienet ja laho	34
7.1.1 Valkolahottajat, valkolaho ja korroosio- eli syövytyslaho	36
7.1.2 Ruskolahottajat ja destruktio- eli kutistumislaho	36
7.1.3 Katkolahottajat	36
7.2 Homeet	37
7.3 Sinistäjäseni	37
7.4 Muita vaurioittajia	38
7.4.1 Bakteerit	38
7.4.2 Kemiallinen tuhoutuminen	39
7.5 Suotuisat olosuhteet	39
<b>8 KUNTOTUTKIMUSOHJE</b>	<b>41</b>

<b>9 TIETOKANNAN PARAMETRIEN MÄÄRITYS</b>	<b>43</b>
9.1 Tietokannan tarkoitus	43
9.2 Lomake kohdekäyntejä varten	44
9.3 Tietokantaan tallennettavat tiedot	44
9.4 Kohdekäynnit ja suoritettut mittaukset	46
<b>10 YHTEENVETO</b>	<b>48</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>50</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Kohdetietolomake  
Liite 2. Projektityö: Tuulettuvien alapohjien kenttämittaukset

## KUVAT

- Kuva 1. Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskuksen mallikuva perinteiden rossi-pohjan rakenteesta 18  
Kuva 2. Tyypillinen mineraalivillainen rossipohjarakenne 19  
Kuva 3. Vaihtoehtoinen rossipohjarakenne, jossa rakenteessa on lisäeristys ryömintätilan maapohjalla, perusmuurin ulkopuolella sekä normaali routaeristys 20

## KUVIOT

- Kuvio 1. Kyllästysvesipitoisuus eri lämpötiloissa 31

## TAULUKOT

- Taulukko 1. Eurokoodi 5:n lyhennyksessä puurakenteiden suunnitteluohjeessa esitetyt sahatavaran ja liimapuun ominaisuudet lujuuteen liittyen. 15  
Taulukko 2. Rakennusmateriaalien normaalaisia lämmönjohtavuuksia Björkholtzin mukaan 27  
Taulukko 3. Materiaalien emissiviteettejä huoneenlämmössä Björkholtzin mukaan 28  
Taulukko 4. Lahon aiheuttaman 10 %:n massanvähennyksen vaikutus puun lujuusarvoihin 35  
Taulukko 5. Organismien kasvun vaatimia olosuhteita 39  
Taulukko 6. Lahottajasienten tavanomaisia kasvuolosuhteita Siikasen mukaan 40

# SANASTO

Anisotrooppisuus	Materiaalin eri ominaisuuksien vaihtelu sen mukaan, mistä suunnasta ko. materiaalista valmistettua kappaletta tarkastelu tapahtuu.
Homevaurioitunut rakennus	Rakennus, jossa on havaittavissa mikrobikasvustoa, jonka kasvu on alkanut kosteusvaurion seurauksena.
Höyrynsulku	Tiivis ainekerros, jonka tehtävänä on estää haitallista vesihöyryn diffuusiota rakenteessa tai rakenteeseen.
Ilmansulku	Ainekerros, jonka tehtävänä on estää haitallista ilmanvirtausta rakenteen läpi.
Kosteus	Kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa esiintyvä sitoutumaton vesi.
Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmanvaihtojärjestelmä, jossa ilman kierto perustuu korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen paineen vaikutukseen. Kevyt lämmin ilma poistuu poistoputkea pitkin ja uusi korvaava ilma saadaan ilmapuotoina sekä iv-laitteiden kautta.
Tuuletusrako tai -aukko	Mahdollistaa ilman kulkemisen tuuletusväliin.
Tuulensuoja	Rakenteen osa, joka estää ilmanvirtauksen rakenteen ulkopuolelta sisäpuolelle.
Tuuletustila	Rakenteessa oleva yhtenäinen ilmatila, jossa rakennetta tuulettava ilma kulkee.
Tuuletusväli	Rakenteessa oleva väli, jonka kautta rakenteen tuulettaminen on mahdollista.
Vesihöyry	Kaasumaisessa olomuodossa oleva vesi.
Vesihöyryn konvektio	Vesihöyryn liikkumista kaasuseoksen mukana ilman kokonaispaine-eron mahdollistamana.
Vesihöyryn diffuusio	Kaasumolekyylien liikkeeseen perustuvaa tasaantumista kaasuseoksessa.
Vesihöyryn vastus	Materiaalin kyky vastustaa vesihöyryn virtausta.

# 1 JOHDANTO

Omakotitalojen korjaustöiden kohdalla on huomioitava, että korjausten ja niihin liittyvien suunnitelmien kustannukset kohdentuvat aina yhdelle taloudelle. Korjattavan kohteen tarkasta määrittämisestä on huomattavaa taloudellista hyötyä, koska vältetään ylimääräiseltä työltä. Useasti omakotitalojen korjaustöitä suoritetaan ilman suurempaa tietämystä rakenteiden toiminnasta, jolloin virheiden mahdollisuus kasvaa. Rakennusten kosteusvauriot ovat yleisiä ja niiden korjauksia on tehty väärin tai puutteellisesti, koska kosteusvaurion aiheuttajaa ja laajuutta ei ole selvitetty riittävän tarkasti. Tämä yhdessä vajavaisen tietämyksen kanssa on johtanut kosteudesta seuraavien ongelmien, kuten homeen, esiintymiseen erityisesti puurakenteisissa alapohjissa. Tästä johtuen on ilmennyt tarvetta korjausrakentamistiedon kehittämiseen.

Yksi syy kosteusvaurioihin on nykyrakentamisen aiheuttamilla, rakenteisiin kohdistuvilla, vaatimuksilla, jotka pahimmillaan voivat aiheuttaa sen, että alapohjarakenteiden riittävä kosteustekninen toiminta on mahdollista vain koneellisen tuuletuksen avulla. Myös tontin maapohjan olosuhteet lisäävät riskitekijöitä, sillä nykyisin pientaloja rakennetaan puurakenteisen alapohjan varaan tontille, jolle kyseinen rakenne ei pohjatutkimuksen tulosten perusteella olisi soveltuva. Tämä on kuitenkin ratkaistu erillisellä maanpinnan muotoilusuunnitelmalla. Nämä haasteet johtuvat siitä, että parhaat rakennuspaikat on jo käytetty ja kuten Vilppo toteaa opinnäytetyössään lainaten [www.rakentaja.fi](http://www.rakentaja.fi)-sivustoa ”neljännes valitsee rossipohjan”. Vilpon mukaan tämä viittaa nimenomaan ko. rakenteen yleisyyteen pientalorakentajien keskuudessa. (Vilppo 2011, 22.)

Maallikko käsittää kosteuden alapohjassa siten, että tuuletuksessa on selkeästi havaittavissa olevaa, lähes käsin kosketettavaa valuvettä. Koska puurakenteisen alapohjan ongelmien yleisin aiheuttaja on liian suuri kosteuspitoisuus, on syytä tutkia niitä tekijöitä, jotka johtavat kosteuspitoisuuden nousuun. Kosteus voi esiintyä rakenteissa monessa eri olomuodossa samanaikaisesti, eikä rakentamista ohjaavien määräysten täyttyminen yksistään takaa rakenteen ongelmattomuutta.

Projekti TiKaPuun tavoitteena on kerätä kattava tietokanta, joka sisältää tietoja roSSIPohjasta rakenteena sekä sen toimintaan liittyvistä suunnitteluratkaisuista ja yksityiskohdista, mutta myös tuuletustilassa vallitsevista olosuhteista. Tietokannan avulla rakenteen toimintaa voidaan jatkossa systemaattisesti kehittää siten, että sen toimintavarmuus säilyy tulevaisuuden haasteissa. Opinnäytetyön tavoitteena on kirjallisuuteen perustuen määrittää ne tallennettavat tiedot, jotka ovat sekä projektin jatkon kannalta että tietokannan käyttökelpoisuuden suhteen relevantteja.



## **2 RAKENTAMISTA OHJAAVAT LAIT JA ASETUKSET SEKÄ MUUT MÄÄRÄYKSET**

Vuonna 1999 hyväksytyn maankäyttö- ja rakennuslain ensimmäisen luvun toisessa pykälässä käsitellään lain soveltamisalaa. Kyseisessä pykälässä määritellään millaisissa työkohteissa lain määräyksiä on noudatettava eli ”alueiden suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä”. Lisäksi pykälän toisessa momentissa mainitaan, että ”tarkempia säännöksiä ja määräyksiä alueiden suunnittelusta, rakentamisesta ja käytöstä voidaan antaa asetuksella, ministeriön päätöksellä ja kunnan rakennusjärjestyksellä siten kuin jäljempänä säädetään”. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.) Kokonaisuudessaan laki määrittää rakentamisen vähimmäisvaatimukset, joilla turvataan käyttäjän tarpeita palveleva sekä turvallinen ja terveellinen rakentaminen.

Kunnallinen rakennusvalvontaviranomainen on maankäyttö- ja rakennuslain nojalla velvollinen valvomaan alueellaan tapahtuvaa rakentamista siinä määrin kuin laki ja asetukset sitä vaativat. Lakipykälien rinnalle on kehitetty useita rakentamista ohjaavia määräyksiä sekä suosituksia. Nämä on koottu maankäyttö- ja rakennuslaissa mainittuun Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Ennen kaikkea rakentaminen kuitenkin perustuu hyvään rakennustapaan, mikä onkin punaisena lankana kaikissa rakentamismääräyksissä.

### 3 PUUN KÄYTTÖ RAKENTAMISESSA

Suomalaisella sahatavaralla sekä sen sivutuotteilla on laaja tuotekenttä. Puu on myös suhteellisen edullinen ja helposti saatavilla oleva materiaali sekä se soveltuu käytettäväksi mitä moninaisimmissa kohteissa. Suomalaisessa rakentamisessa on käytetty puuta aina siitä lähtien, kun varhaiset esi-isämme siirtyivät metsästyksestä maatalouteen ja siitä alkaen asutus alkoi saada pysyvämpiä muotoja. Alkujaan asumukset olivat vain maata vasten aseteltuja puunrunkoja, joiden päälle kasattiin katto risuista, oljista tai tuohesta. Lapin kodat ovat tästä hyvä esimerkki. Asutuksen vakiintuessa yleisimmäksi rakennusmateriaaliksi nousi hirsi, jonka eduksi on helppo laskea rakenteen toimiminen myös eristeenä.

Lautarakenteen käyttö yleistyi vasta sotien jälkeen, jolloin Suomessa oli keskitettävä maan uudelleenrakentamiseen, varsinkin Lapissa. Lisäksi oli asutettava evakot. Rakennusmateriaalien kuten muidenkin materiaalien suhteen etusijalla olivat sotakorvaustuotannossa toimivat teollisuuslaitokset sekä maatalous. Talojen rakentamisessa nojaututtiin pitkälti hartiapankki-ajatteluun jo talojen suunnittelusta lähtien. Tyyppitalon, eli kansankielellä rintamamiestalon, suunnittelu oli aloitettu jo ennen sotaa Alvar Aallon toimesta, mutta se yleistyi sotien jälkeen. Vuonna 1946 rakennetuista taloista 85 % tehtiin puusta, ja 1,5-kerroksinen omakotitalo oli hallitseva näky suuressa osassa maata vielä pitkälle 1950-luvulle. (Von Bonsdorff ym. 2000, 370-371). Vuonna 1957 puurakenteisten talojen osuus uudistuotannosta oli 43 % ja vielä vuonna 1967 26 % (Siikainen 1998, 20-22). 1960-luvulla alkanut elementtirakentaminen eli massatuotanto aiheutti sen, että rakentaminen keskittyi suuremmissa määrin betonirakenteisiin. Puun käytön väheneminen johti puun työstötapojen muuttumiseen, jolloin kirvesmiesperinne hiipui. Rakentajat ovat tämän myötä vähitellen vieraantuneet puun käytöstä sekä käytön mahdollisuuksista. (Kaila 2010, 236.) Siikasen mukaan 1990-luvulla rakennetuista omakotitaloista yli 90 % ja vapaa-ajan asunnoista noin 99 % rakennettiin kuitenkin puurunkoisina (1998, 20-22).

Puuelementtien, kuten yleisestikin elementtien tuotannossa koettiin suuria muutoksia sodan jälkeen. 1950-luvulla varsinkin betonielementit ottivat markkina-

osuutensa ja puuelementit muuttuivat tasoelementeistä tilaelementeiksi. 1970-luvulla puuelementtien saralla otettiin uusi kehitysaskel, kun aloitettiin naulalevyristikoiden tuotanto. Tätä ennen oli jo aloitettu liimapuurakenteiden teko. (Vaasio 2011, RIA 5/2010, 24–29.)

Puuelementtien käyttö on talopakettien yleistymisen myötä kasvanut huomattavasti. Samalla on uudelleen yleistynyt myös puurakennusten esiintyminen kaupunkikuvassa. Talon elementit rakennetaan valmiiksi tehtaalla, kuljetetaan rakennuspaikalle ja kasataan parhaimmillaan yhdessä päivässä. Täysin vierasta ei ole enää myöskään koko talon rakentaminen valmiiksi tehtaalla, valmiin talon kuljettaminen tontille ja siirto perustusten päälle. Muuttuneiden palomääräysten myötä puuta on alettu käyttää yleisemmin myös kerrostalokohteissa.

Puun käyttöä kuitenkin rajoittavat sen lujuusominaisuudet. Siinä missä puuta vielä sotien jälkeen käytettiin yleisesti tyyppitalojen rakennusmateriaalina lujuutensa, työstettävyytensä sekä helpon saatavuutensa ansiosta, on nykyisin kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteiden lujuuslaskelmiin. Puutavara on nykyisin heikompaa tehokkaan harvennuksen ja lannoituksen vuoksi. Metsätuotannossa pyritään näillä keinoin kasvattamaan puun tilavuutta, mikä on lisännyt kesäpuun eli nopean kasvun puun osuutta rungossa. Rakennusarkkitehti Pekka Luotonen kirjoittaa samasta aiheesta artikkelissaan *Ongelmana kosteus, homeet ja ahneus*. Luotonen kirjoittaa, että runsaan lannoittamisen seurauksena puun sellumassan saanto on pienentynyt ja puutavaran lujuusominaisuuden heikkenet. Tällaisen kehityksen syyksi Luotonen mainitsee ahneuden ja oman edun tavoittelun. Tähän päätelmään hän on ilmeisesti tullut puutavaran hinnoittelun vuoksi; maksu puutavarasta perustuu tilavuuteen. (Luotonen 2010a, RIA.) Tällä hetkellä tukkipuusta maksetaan noin 50 €/m<sup>3</sup> ja kuituhavupuusta noin 35 €/m<sup>3</sup>.

Muita puun käyttöä rajoittavia tekijöitä, joiden merkitystä voi pitää korostuneempana, ovat palo-ominaisuudet, lahoaminen ja kosteuseläminen. Lisäksi on huomioitava puun anisotrooppisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että useat puun ominaisuuksista ovat erilaisia verrattaessa pituus- ja poikkisuunnassa. (Siikanen 1998, 12.)

## 4 PUUN MATERIAALIOMINAISUUDET

Tärkeimmät puussa esiintyvät aineet ovat ligniini, selluloosa ja hemiselluloosa. Selluloosa on polymeeri, jolla on suurin merkitys lujuuden kannalta. Sen määrä puussa on noin 40–50 %. Hemiselluloosa on selluloosan kaltainen polymeeri, mutta sen merkitys lujuuteen on vähäinen. Hemiselluloosaa on puussa noin 20–35 %. Ligniinin osuus on 15–35 %. (Hirsi 2006a.) Siikasen (1998, 26) mukaan hemiselluloosa esiintyy väliaineena ja ligniini puun luonnollisena liima-aineena.

### 4.1 Yleistä rakennuspuutavarasta

Rakennusmääräyskokoelman osa Puurakenteet sisältää puurakenteiden suunnittelua koskevat yleiset määräykset ja ohjeet. Luvussa 2 on myös määritelty, että kyseisessä ohjeessa tarkoitetaan rakennuspuutavaralla ”pyöreää puutavaraa ja sahatavaraa, joita käytetään kantavina rakenteina tai niiden osina”. (RakMK 2000, B10.)

Puun ominaisuuksien kohdalla on huomioitava, että ne vaihtelevat sen mukaan tutkitaanko puuta syiden, säteen vai tangentin suuntaisesti. Diplomi-insinööri Hannu Hirsi Teknilliseltä korkeakoululta mainitsee oppimateriaalissaan, että ”kaikkien teknisten ominaisuuksien osalta puun solurakenteen tunteminen edistää ymmärrystä”. Tällä hän viittaa puun anisotrooppisiin ominaisuuksiin sekä solujen rakenteeseen ja niiden erilaisiin tehtäviin. (Hirsi 2006b.) Anisotrooppisiin ominaisuuksiin kuuluu myös se, että materiaalin kutistuminen ja turpoaminen tapahtuvat puulla eri tavalla eri suuntiin (Siikanen 1998, 39).

Puun solukossa on useita erilaisia soluja, joiden toiminta ja tarkoitus ovat myös erilaisia. Solut voidaan toiminnan perusteella jakaa neljään ryhmään, jotka ovat kasvusolut, ravintosolut, vettä kuljettavat solut sekä lujuutta ylläpitävät solut. Kaikkien solujen rakennusaineena on selluloosa, jonka merkitys on puun lujuuden kannalta suurin. Selluloosa on polymeeri, joka käytännössä pitää solut kassassa. Sitä myötä se myös toimii puun kantavana osana. Puun tukea antavia soluja kutsutaan kuiduiksi, ja niiden osuus lehtipuun puuaineesta on 40–75 %. Selluloosan osuus puusta on keskimäärin 40–50 %. (Hirsi 2006b.) Arkkitehti

Panu Kaila (2010, 245) vertaa selluloosan toimintaa puussa raudoitukseen betonipalkissa.

#### 4.2 Puun lujuusominaisuudet

Määräyksissä edellytetään rakentajia käyttämään lujuusluokiteltua puutavaraa kantavissa rakenteissa. Lujuusluokittelu voidaan suorittaa kahdella tavalla eli visuaalisesti tai koneellisesti. Unto Siikanen (1998, 52) mainitsee visuaalisessa luokittelussa huomioitaviksi tekijöiksi seuraavat:

- puun oksaisuus sekä niiden sijainti ja laatu
- halkeamat, kierous, vääryys, yms. viat
- tilavuuspaino ja kesäpuun osuus
- reaktiopuu, biologiset ja hyönteisten aiheuttamat vauriot
- mekaaniset vauriot.

Koneellinen lujuusluokittelu puolestaan perustuu kimmomodulin määrittämiseen. Kimmomoduli määritetään tilanteessa, jossa lämpötila on n. 20 °C ja kosteus on noin kosteusluokan keskivaiheilla (RakMK 2000, B10). Se kertoo materiaalin jäykkyyden sekä materiaalin muutoksesta tietyillä kuormitusalueilla. Kimmomodulin raja-arvojen sisällä puukappale myös palautuu kuormituksen päätyttyä alkuperäiseen muotoonsa. (Kärkkäinen 2007, 215.) Koneellista luokittelua tukemaan käytetään myös visuaalista luokittelua. Lisäksi luokittelussa on huomioitava sahatavaran geometriset muodot, kuten vajasärmäisyys, sekä vääryydet ja kieroudet. (Siikanen 1998, 52.)

Taulukossa 1 on esimerkinomaisesti esitetty erilaisia lujuteen liittyviä ominaisuuksia, jotka on huomioitava puurakenteita suunniteltaessa.

Taulukko 1. Eurokoodi 5:n lyhennyksessä puurakenteiden suunnitteluohjeessa esitetyt sahatavaran ja liimapuun ominaisuudet lujuuteen liittyen.

Lujuusluokka		Sahatavara			Liimapuu	
		C18 (T1)	C24 (T2)	C30 (T3)	GL28c	GL32c
Ominaislujuudet (N/mm <sup>2</sup> )						
Taivutus	$f_{m,k}$	18	24	30	28	32
Veto	$f_{t,0,k}$	11	14	18	16,5	19,5
	$f_{t,90,k}$	0,5	0,5	0,6	0,4	0,45
Puristus	$f_{c,0,k}$	18	21	23	24	26,5
	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7	2,7	3,0
Leikkaus	$f_{v,k}$	2,0	2,5	3,0	2,7	3,2
Jäykkyysominaisuudet (N/mm <sup>2</sup> )						
Kimmomoduuli	$E_{mean}$	9000	11000	12000	12600	13700
	$E_{90,mean}$	300	370	400	390	420
Liukumoduuli	$G_{mean}$	560	690	750	720	780
Tiheydet (kg/m <sup>3</sup> )						
Ominaisstiheys	$\rho_k$	320	350	380	380	410
Tiheyden keskiarvo	$\rho_{mean}$	380	420	460	430	470

Puun lujuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat Hannu Hirren mukaan kuormitussuunta, kesäpuuprosentti, tiheys, kosteus, lämpötila, aika, puun poikkileikkauksen rakenne ja puun luontaiset viat, joiden perusteella puun lujuusluokitteluakin tehdään (Hirsi 2006b).

### 4.3 Hygroσκοoppisuus

Puun solurakenne mahdollistaa sen, että joutuessaan kosketuksiin tai altistukseen veden tai vesihöyryn kanssa puu imee kosteutta itseensä. Kuivuessaan puu myös luovuttaa kosteutta. Tämä hygroσκοoppisuudeksi kutsuttu ominaisuus on tavanomainen kaikilla huokoisilla materiaaleilla. Käytännössä huokoinen materiaali, kuten puu, imee itseensä ympäriltään kosteutta, kunnes kappale saavuttaa niin kutsutun hygroσκοoppisen tasapainokosteuden. Tällöin puun tai muun huokoisin aineen suhteellinen kosteus on yhtä suuri kuin kappaletta ympäröivän ilman suhteellinen kosteus. (Kärkkäinen 2007, 139; Björkholtz 2009, 59–60.)

Hygroσκοoppisuudesta johtuen puun tiheys vaihtelee. Tästä syystä tiheys mitataan yleisesti puun kosteuden ollessa 15 %. (Siikanen 1998, 39.) Matti Kärkkäi-

nen määrittelee tiheyden massana tilavuusyksikköä kohti, mutta huomauttaa myös, että puun esiintyessä myös paloista koostuvana on määriteltävä kaksi tilavuusyksikköä. Tällaisen irtonaisen puun, kuten esimerkiksi hakkeen, kohdalla puhutaankin irtotilavuudesta ja sitä myötä irtotiheydestä. (Kärkkäinen 2007, 138.) Tiheys vaihtelee siis sen mukaan, kuinka suuren massanlisäyksen hygroskooppisuus aiheuttaa.

Hygroskooppisuus aiheuttaa myös sen, että suunnittelussa on huomioitava puun lujuuden muutos kosteuden vaikutuksesta. Panu Kaila (2010, 268) toteaa, että puun lujuus märkänä on enää noin puolet kuivasta puusta. Samassa yhteydessä hän kirjoittaa myös, että ”kuivassa puussa lahokin kuolee”.

Onkin siis kaikilla tavoin edullista käyttää rakentamisessa käyttötarkoituksen mukaan mahdollisimman kuivaa sekä tarpeen mukaan lahonestoaineella käsiteltyä puutavaraa. Väliaikaisiin rakennelmiin, kuten valumuotteihin on perusteltua käyttää laadultaan hieman heikompaa puutavaraa, mutta kantavissa sekä näkyviin jäävissä rakenteissa puun valintaan on kiinnitettävä enemmän huomiota myös ulkonäöllisissä seikoissa.

## 5 PUURAKENTEINEN ALAPOHJA

Professori Unto Siikanen (1998, 154) määrittelee ryömintätalouden alapohjan seuraavasti: ”ryömintätalouden alapohjalla tarkoitetaan perusmuuriin tai palkkiin tukeutuvaa alapohjaa, jonka alla on tuulettuva ilmatila”.

Jussi Karjalainen ja Tommi Riippa (2010, 3) toteavat kirjassaan *Jälleenrakennuskauden pientalon korjausopas*, että tutkittavana olleista, ennen 1960-lukua rakennetuista taloista 80 %:ssa kohteista oli jonkinasteinen mikrobivaurio, joka tyypillisimmin löytyi joko kellarin seinästä tai alapohjasta. Vaurioituneista alapohjista lähes kaikki olivat rossipohjarakenteita. Jari Virta (2003, 23) kirjoittaa kirjassaan *Terveellinen sisäilmasto – sisäilmastotietoa rakentajille, sisäilmastotietoa tekijöille ja kiinteistöjen omistajille*, että ”arvioiden mukaan 45–50 prosenttia rakennevaurioista aiheutuu suunnitteluvirheistä”.

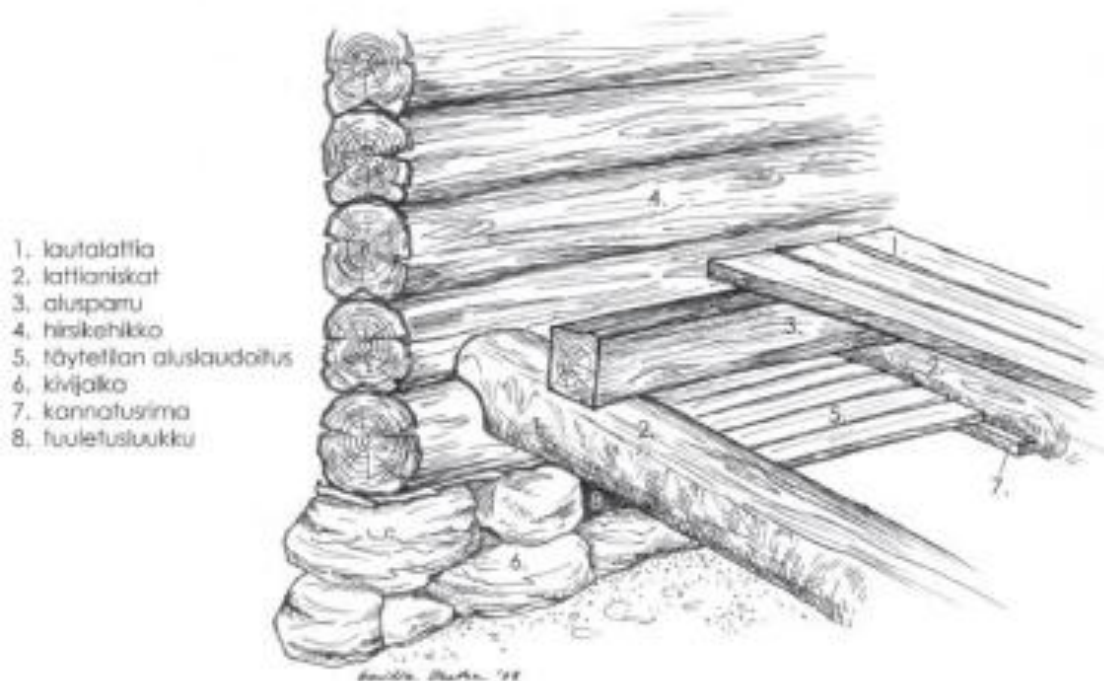
Vanhoissa rakennuksissa tavallinen alapohjaratkaisu on ollut hyväksi ja toimivaksi rakenteeksi todettu kylmä ryömintätila. Kuten Virta (2003, 22) kirjoittaa teoksessaan, on rakennuspaikalla iso merkitys rakentamiselle. Ongelmallisiksi hän toteaa alavat paikat sekä rinnerakennukset. Tuulettuvan alapohjarakenteen etuihin on laskettava sen estävä vaikutus radon-kaasun kulkeutumisesta sisätiloihin (Keppo 1993, 9). Rakentaja joutuu kuitenkin nykyään kehittämään erilaisia ratkaisuja, jotta myös aiemmin soveltumattomiksi katsotuille alueille voidaan rakentaa.

### 5.1 Puurakenteisen alapohjan käyttö

Ensimmäiset alapohjat olivat maalattioita. Seuraava vaihe kehityksessä oli multiais- eli multapenkkirakenne, jolloin alin hirsikerros tuettiin maata vasten ja sen varaan rakennettiin puinen lattia. Hirsikehikon sisäpuolelle kasattiin seinien vierustoilta maata, joka esti tuulen ja pakkasen pääsyn lattian alle. Maa-aines toimi siis eräänlaisena lattian eristeenä. Alapohjan tuulettumisesta huolehdittiin maakerroksen läpi kulkevilla, ajan mukaisesti puusta rakennetuilla putkilla, jotka voitiin sulkea talven ajaksi. Rakennuspaikka oli valittava huolella, jottei maakosteus aiheuta lisäongelmia. (Pakkala & Ihatsu 2005, 8.)



Tämän alapohjaratkaisun huono puoli oli puun lahoaminen. Laho vaurioitti sekä alinta hirsikerrosta että puisia tuuletusputkia. Tästä syystä alinta puukerrosta nostettiin irti maanpinnasta lahoamisen estämiseksi. Ensivaiheessa korotus hoidettiin nurkkakivillä, myöhemmin ladottiin luonnonkivistä sokkeli koko seinän matkalle. Hirsien lahoaminen väheni, mutta lattia oli kylmä ja vetoinen kivijalan raoista johtuen. (Pakkala & Ihatsu 2005, 3–4; Vilppo 2011, 5.)

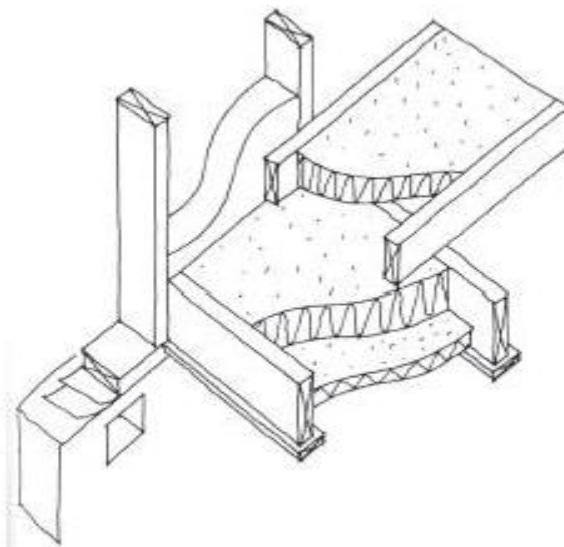


Kuva 1. Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskuksen (2005, 5) mallikuva perinteiden rossipohjan rakenteesta.

Kuvassa 1 esitetty perinteinen rossipohjarakenne kuvaa tilannetta suunnilleen 1800-luvulla, jolloin kivijalalle perustaminen yleistyi ja alapohjan tyhjää tilaa alettiin täyttää sahanpurulla, sammaleella ja maalla, mutta tämä ei poistanut lattian kylmyyden tunnetta, koska itse lattiarakenne ei kuitenkaan ollut tiivis. Mainitulla tavalla eristetty lattia ei myöskään ollut soveltuva kosteisiin tiloihin, kuten saunoihin. (Pakkala & Ihatsu 2005, 4; Siikanen 1998, 17–18.) Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskuksen korjausohjeistuksen mukaan tämän rakenteen etuna on kuitenkin se, että lattiarakenteelle saatiin lisävuosia (Pakkala & Ihatsu 2005, 3).

## 5.2 Rakenne

Alapohjan rakenne on säilynyt 1800-luvun täytepohjan kaltaisena vielä 2000-luvulle vaikkakin eristysmateriaalit ovat huomattavasti kehittyneet. Selluvilla ja mineraalivilla ovat tulleet korvaamaan irtomaan, sammaleen, sahanpurun ja pahvit.

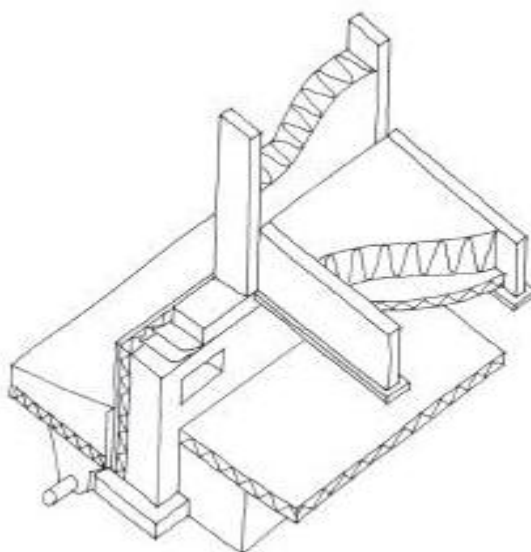


Kuva 2. Tyypillinen mineraalivillainen rossipohjarakenne (Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskus 2005, 6).

Kuvassa 2 on esitetty tyypillinen alapohjaratkaisu. Alkuperäisessä kuvatekstissä todetaan, että rakenteessa on käytetty kantavana rakenteena massiivipuisia palkkeja (Pakkala & Ihatsu 2005, 6). Kuvasta on erotettavissa arinarakenne, joka tarkoittaa rakennetta, jossa palkkien suhteen on kohtisuorasti asennettu pienempikokoista puutavaraa. Lähdetietojen mukaan tämä mahdollistaa paksun eristekerroksen (Pakkala & Ihatsu 2005, 6). Palkkien alapuolelle on kiinnitetty kannatusrimat, joiden varaan on asennettu tuulensuojalevy. Varsinainen mineraalivillakerros on asennettu levyn päälle. Joissain kohteissa tuulensuojalevy on korvattu huokoisella kuitulevyllä tai ts-levyn alla on vaakalaudoitus palkkien välissä (Keppo 2003, 74). Laidoituksen tarkoituksena on tukea eristekerrosta alhaaltapäin, mutta lisäksi se toimii myös eristeenä puun eristävien ominaisuuksien vuoksi. Juhani Kepon toimittamassa *Talonrakentajan käsikir-*

*jassa* (2003, 74) todetaan, että tähän tarkoitukseen soveltuu myös betoni-  
muoteissa käytetyt laudat, kunhan mahdollisista vajaasärmäisistä laudoista on  
poistettu kuori kokoisuudessaan. Kuoren poistamisella toteutetaan C2:en mää-  
räys siitä, että ryömintätilassa ei saa olla orgaanista jätettä (RakMK 1998, C2).  
Valitettavan usein kuitenkin ryömintätilaa käytetään esimerkiksi puutavaran säi-  
lyttämiseen. Orgaanisen aineksen poistossa on huomioitava myös ruokamulta-  
kerroksen poistaminen (Siikanen 1998, 156).

Alapohjan kantava palkisto rakennetaan perusmuurin päälle. Toinen mahdolli-  
nen perusratkaisu on pilariperustus. Kuten kuvasta 3 on nähtävissä, perus-  
muurin betonin tai harkkojen ja alasidepuun väliin on asennettava kosteuseriste,  
yleensä bitumikaista, joka toimii kapillaarikatkona (Keppo 2003, 73). Samoin on  
meneteltävä pilariperustuksen kanssa. Tällä estetään kosteuden siirtyminen  
perusmuurista puurakenteisiin.



Kuva 3. Vaihtoehtoinen rossipohjarakenne, jossa rakenteessa on lisäeristys  
ryömintätilan maapohjalla, perusmuurin ulkopuolella sekä normaali routaeristys  
(Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskus 2005, 6).

Mikäli alapohjarakenteessa on määrätty käytettäväksi höyrynsulkumuovia, tulee  
se asentaa rakenteen lämpimälle puolelle, mineraalivillakerroksen päälle. Hs-  
muovin on ulotuttava koko lattian pinta-alalle ja saumojen limitys on hoidettava  
huolellisesti. Limityksen on oltava vähintään 150 mm ja saumat on lisäksi teipat-

tava ilmastointiteipillä. Muovi on myös nostettava seinille vähintään 300 mm. (Keppo 2003, 75.) Jos alapohjan eristeenä on käytetty puukuitueristettä, käytetään höyrynsulkuun soveltuvaa rakennuspaperia (Keppo 2003, 107).

Siikanen (1998, 161) luettelee 12 yleisintä ryömintätilaisen alapohjan virhettä tai puutetta, jotka yleensä johtavat kosteusvaurioihin:

- Puutteellinen tuuletus, jolloin rakenteet lahoavat
- Lattiarakenne ei ole tiivis, mikä tuntuu vetona huonetiloissa
- Virheellisesti asennettu lämmöneriste
- Tuulensuoja puutteellinen
- Lämmöneristeen sijainti rakenteessa väärä
- Läpivientien tiivistykset puutteelliset
- Putkistovuodot ja kosteuden tiivistyminen putkien pinnoille
- Kostean tilan vedeneristykset puutteelliset
- Ulkoseinistä kulkeutuu vettä alapohjaan
- Kosteussulku puuttuu
- Kantavan palkiston jäykistyksen puutteellisuus
- Viemärien ja vesijohtojen eristykset puutteellisia

Luettelosta on hyvin erotettavissa, että suurin osa näistä yleisimmistä vioista olisi vältettävissä huolellisella työskentelyllä sekä suunnittelu- että rakentamisvaiheissa.

Alapohjan samoin kuin muidenkin rakenneosien eristämisessä pätee sääntö, että lämmöneriste asennetaan kiinni lämpimään pintaan. Jos alapohjaeristeen ja lattian väliin jää rako, jonne voi virrata kylmää ilmaa, on mahdollista, että lattia on kylmä suureltakin alueelta. Tällöin voidaan katsoa eristekerroksen olevan täysin hyödytön. Eriste on suojattava tiiviisti myös toiseltakin puolelta, jotta sen eristyskyky saavuttaisi maksiminsa. (Björkholtz 2009, 37.)

### 5.3 Määräykset

Rakennusmääräyskokoelman osassa C2 on annettu tarkemmat ohjeet ryömintätilaisen alapohjarakenteen rakentamiseksi. Kyseiset määräykset ja ohjeet on laadittu 1998 ja ne ovat tulleet voimaan 1.1.1999. Edeltävä, vuonna 1975 laadittu versio on tullut voimaan 1.7.1976, mutta sitä on voitu soveltaa vielä niissä rakennuksissa, joiden rakennuslupa on haettu viimeistään 1.7.1999. (RakMK 1975, C2; RakMK 1998, C2.)

Vuodesta 1975 voimassa olleissa määräyksissä ei liiemmästi oteta kantaa alapohjan rakenteellisiin ominaisuuksiin. Ala- ja välipohja sekä seinärakenteista todetaan, että ”rakenteiden on estettävä maaperän kosteuden ja maahan valuvien pintavesien haitallinen tunkeutuminen rakenteisiin ja sisätiloihin”. Ryömintätilan tuuletukseen liittyen mainitaan, että tuuletuksen on estettävä ilmatilassa olevan kosteuden haittaava vaikutus. Lisäksi määrätään alapohja tarvittaessa salaojitettavaksi niin, ettei ryömintätalassa ole vapaan veden mahdollisuutta tai vettä haihduttavaa maakerrosta. (RakMK 1975, C2.) Myös tällä hetkellä voimassa olevassa C2:ssa määrätään, että rakenteen suunnittelu ja rakentaminen on suoritettava siten, ettei ryömintätilaan kerääny vettä, tilan tuulettuminen on riittävä eikä tilassa oleva kosteus aiheuta toiminnallista tai kestävyysliittyvää haittaa rakenteelle. (RakMK 1998, C2.) Kaiken kaikkiaan voi todeta, että vuoden 1998 C2 on sisällöltään paljon kattavampi kuin vuonna 1975 laadittu. Todennäköistä on, että käytäntö on osoittanut tarpeen asioiden tarkemmalle esittämiseksi tai tieto rakenteiden kosteusteknisestä toiminnasta lisääntynyt.

Uudemmassa C2:ssa mainitaan, että pintavedet, eli valuma- ja sadevedet, johdetaan pois päin rakennuksesta maanpinnan muotoilulla sekä sadevesijärjestelmän avulla. Karjalainen ja Riippa (2010, 29) toteavat rossipohjan korjaustapaehdotuksen yhteydessä, että maanpinnan kaltevuuden tulee olla 1:20 ja tämän tulee toteutua vähintään kolmen metrin etäisyydellä rakennuksesta. Saman kallistuksen määrittelevät myös Pakkala ja Ihatsu (2005, 8). Rakennuksen ulkopuolen maanpinnan korkeussuhteesta ryömintätilan maanpinnan korkeuteen Dick Björkholtz (2009, 116) esittää paremmaksi vaihtoehdoksi sen, että ”ulompi maanpinta sisempää alempana”. Pakkala ja Ihatsu taas kirjoittavat, että

tämä on ryömintätilan toiminnalle välttämätöntä. Lisäksi he mainitsevat, että vaikeilla rakennuspaikoilla on varteen otettavaa harkita myös ryömintätilan maapohjan salaojittamista samalla, kun rakennuksen normaali salaojitus tehdään. (Pakkala & Ihatsu 2005, 8.)

Kosteuden kapillaarinen nousu on tyypillistä kaikilla rakentamiseen soveltuvilla alueilla. Tämän välttämiseksi ryömintätilaan rakennetaan ns. kapillaarikatko riittävän paksulla sorakerroksella tai muovikalvolla. Näistä on myös hyötyä kosteuden haihtumisen suhteen. Siikanen kirjoittaa, että veden haihtumista hidastavan kerroksen materiaalina toimii 100–200 mm:n paksuudelta kevytsoraa. Kapillaarisen nousun katkaisevan kerroksen pitää hänen mukaansa olla vähintään 100 mm:n paksuudelta karkeaa soraa. (Siikanen 1998, 155.) Maapohjasta määrätään, että se on muotoiltava siten, ettei ryömintätilaan mahdollisesti joutunut vapaa vesi pääse kerääntymään lätäköiksi vaan ohjautuu rakennuksen salaojia kohti. (RakMK 1998, C2.) Muovikalvon käyttäminen tässä tarkoituksessa kuitenkin jakaa mielipiteitä, ja esimerkiksi Pakkala ja Ihatsu toteavat tämän olevan ehdottomasti kiellettyä. Heidän mukaansa parempi vaihtoehto on Siikanenkin mainitsemat sorakerrokset sekä tehostettu tuuletus. (Pakkala & Ihatsu 2005, 8.)

Kuvassa 3 esitetään lämmöneristys myös ryömintätilassa. Tämän eristeen tarkoituksena on pitää ryömintätilan suhteellinen kosteus kesäaikaan matalampana (Pakkala & Ihatsu 2005, 8). Lisäksi kuvan mukainen eristys estää perustusten jäätyksen (Siikanen 1998, 155).

Siikanen (1998, 155) mainitsee, että ryömintätilan korkeus voi vaihdella 0,4 metristä 1,0 metriin, mutta mikäli tilassa on putkivetoja, niin vähimmäiskorkeus on 0,7 m. Tuolloin voimassa olleessa C2:ssa vähimmäiskorkeutta ei määrätä, eikä ryömintätilan korkeuteen muutoinkaan puututa millään tavalla. Uusissa määräyksissä lukee, että ”ryömintätilaan on järjestettävä tarkastusmahdollisuus ja pääsy kaikkialle tilaan” (RakMK 1998, C2). Tähän on lisätty ohjeeksi, että tilan korkeuden tulisi olla vähintään 0,8 m. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun opiskelija Viivi Etholén (2011, 15) kirjoittaa opinnäytetyössään *Tuulettuvien ala-*

*pohjien vauriomekanismit*, että vähimmäiskorkeus on määritetty tähän korkoon juuri ryömintätilojen tarkastettavuuden vuoksi.

Alapohja voidaan rakentaa myös lämpimällä ryömintätilalla. Tällöin se on osa rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmää, eli huonetilojen lämmin ilma johdetaan joko alapohjan kautta tai erillisellä putkella ryömintätilaan, josta ilma edelleen poistuu putkea pitkin katolle. (Siikanen 1998, 154; Viljakainen 2005, 66.) Tämä rakenne edellyttää kuitenkin suurta huolellisuutta rakentamisvaiheessa, sillä ryömintätilaan ei saa jäädä minkäänlaista kylmäsiltää, vastaavaa kylmää pintaa tai pistettä, johon sisäilman mukanaan kuljettama kosteus pääsee tiivistymään (Viljakainen 2005, 66).

#### 5.4 Alapohjan tuuletus

Karjalainen ja Riippa (2010, 28) kirjoittavat, että kunnollisella tuuletuksella voidaan varmistaa rakenteen pitkäikäisyys. C2:n ohjeissa todetaan, että ryömintätilan tuuletus järjestetään yleisesti sokkelissa olevien tuuletusaukkojen, ns. kisanluukkujen, avulla. Mahdollista on myös koneellisen tuuletuksen käyttäminen tai painovoimaisesti toimiva tuuletusputki ryömintätilasta katolle. Lisäksi ryömintätilan rakenteen tulee olla sellainen, että se tuulettuu kauttaaltaan, eikä tilaan jää umpinaisia tai muuten tuulettumattomia tiloja. Tuuletusaukot on myös sijoitettava niin, että tämä toteutuu. (RakMK 1998, C2.)

Aukkojen vapaan yhteispinta-alan tulee olla vähintään 4 ‰ ryömintätilan pinta-alasta. Yksittäisen aukon koon tulee olla vähintään 150 cm<sup>2</sup>, niiden välillä ei saa olla 6 metriä enempää etäisyyttä ja aukon alareunan on oltava vähintään 150 mm:n korkeudella maanpinnasta. Mahdollisiin seiniin ryömintätilassa on tehtävä aukot, joiden on oltava vähintään kaksi kertaa suuremmat kuin samalla virtausreitillä olevat aukot. (RakMK 1998, C2.) Käytännössä tämä ohje toteutunee hyvin, sillä määräyksen mukaan ryömintätilan tulee olla tarkastettavissa kauttaaltaan.

Tilannetta, jossa ryömintätilan ilman kierto perustuu paine-eroihin, kutsutaan luonnolliseksi tuuletuksiksi. Sen tehokkuus riippuu sijaintipaikan olosuhteista,

kuten alueen tuulisuudesta, ympäröivistä rakennuksista sekä kasvillisuudesta ja maanpinnan muodoista. Tuulettumisen optimointi on haasteellinen tehtävä, sillä liian vähäinen tuuletus ei poista tilaan kertynyttä kosteutta. Liian voimakas tuuletus laskee ryömintätilan lämpötilaa, jolloin lämpöhäviön suuruus kasvaa ja perustusten routaeristeiltä vaaditaan tavanomaista enemmän. (Siikanen 1998, 155–156.) Esimerkiksi Turun rakennusvalvonnassa vaaditaan kaikki rossipohjiin koneellinen poisto, jotta varmistetaan riittävä tuulettuminen alapohjassa. Rakenteessa on kuitenkin huomioitava se, että tuuletusväliin muodostuu tällöin pieni alipaine, jolloin alapohjan lävitse kulkeutuu huoneilmaa tuuletustilaan. Hyvänä asiana voidaan todeta, etteivät mahdolliset mikrobit ja itiöt pääse kulkeutumaan alapohjasta sisätiloihin, mutta se aiheuttaa suuremmat vaatimukset höyrynsulun toiminnalle. Jos se on puutteellisesti asennettu tai siihen on tullut reikä, on huoneilman kosteuden siirtyminen alapohjan eristeisiin mahdollista.

Jari Virta (2003, 27) toteaa, että tuuletuksen huono suunnittelu ja tuuletusaukkojen tukkiminen ovat suurimmat tekijät alapohjien vaurioitumista tarkasteltaessa. Tuuletuksen tarkoituksena on pitää ryömintätilan olosuhteet sellaisina, ettei ilman sisältämä kosteus pääse vaurioittamaan alapohjan kantavia puurakenteita ja estää homeen sekä sienien kasvaminen ryömintätilassa ja alapohjassa. Vanhastaan muistisääntö on ollut, että luukut suljetaan jäiden kantaessa ja avataan jäiden lähtiessä. Luukkujen sulkemisella pidettiin tuuletustilan maanpinnan lämpötila ulkopuolta korkeampana, jolloin keväällä ilman suhteellisen kosteuden kasvaessa lämpötilaero ulko- ja sisäpuolen välillä ei kasva niin suureksi, että kosteutta pääsisi tiivistymään rakenteen pinnoille. Kaila huomauttaa, että talveksi auki unohtuneet luukut on pienempi harmi kuin niiden unohtuminen kesäksi kiinni. Talvella vaivaa vain lattian kylmyys, mutta kesällä lattiasienen kehittyminen on erittäin mahdollista. Hän myös tuo luukkujen sulkemiseen liittyvän muistisäännön nykyaikaan toteamalla, että ”luukut pidetään kiinni sen aikaa kun autossa on talvirenkaat”. (Kaila 2010, 336.)



## 6 ALAPOHJASSA VAIKUTTAVAT FYSIKAALISET OLOSUHTEET

Kovin vakuuttavaa kuvaa ei tämänhetkinen julkisuus anna rakennusalan ammattilaisten rakennusfysiikan osaamisesta. Tämän puolesta puhuu rakennusarkkitehti ja tutkija Pekka Luotosen kommentti omasta rakennusfysiikan tunteuksesta. Hän pohtii RIA-lehden numerossa 3/2009 julkaistussa artikkelissaan *Missä vika, kun kaikki "homehtuu"*, että arvioidessaan omaa perusosaamistaan ko. alueella, *"niin ei kovin hyvältä tunnu"*. Samassa artikkelissa hän toteaa, että *Opas kosteusvaurioiden ehkäisemiseksi* sisältää suurissa määrin esimerkkejä juuri sellaisista rakenteista, joissa kosteusvaurioiden esiintyminen on yleistä, ellei jopa todennäköistä. (Luotonen 2009.) Luotonen kritisoi kyseistä opusta edellä mainitun artikkelin lisäksi myös RIA-lehden numerossa 3/2010. Hän antaa ymmärtää, että kirjan nimenomaisena tarkoituksena on toimia rakennusmääräyskokoelman osan C2 oppaana ja ohjata rakentajia välttämään kosteusvaurioiden syntyä, mutta on ollut susi jo syntyessään. (Luotonen 2009; Luotonen 2010b). Toistaiseksi ratkaisematon kysymys vaikuttaisi olevan, johtuvatko rakennusten kosteustekniset ongelmat puutteellisesta tiedosta vai yksinomaan rakentamisen aikana tehdyistä virheistä vai jopa näiden yhdistelmästä.

Hannu Hirsi Teknillisestä korkeakoulusta kuitenkin toteaa luentomateriaalissaan, että lukuisten tutkimusten perusteella voidaan sanoa puurakentamisen oppien olevan hyvin hallussa eikä suunnitteluohjeista löydy puutteita, mutta ongelmia aiheuttaa riittämätön laadunvalvonta sekä rakennusprojektin ohjauksen hallinnan heikkoudet (Hirsi 2006a).

Suhteellisen uusissakin rakennuksissa on tullut esille märkätilojen kosteusvaurioita, mitkä ovat johtuneet siitä, että rakenteessa on ollut kaksi kosteutta läpäisemätöntä kerrosta, joiden välissä on kuitenkin ollut kosteusarkaa materiaalia. Tällainen rakenne voi kuitenkin toimia hyvin, kunhan kosteuden poistumisesta rakenteen sisällä on huolehdittu muulla tavoin.

Tiiviit rakennekerrokset ovat aiheuttaneet ongelmia jo 1970-luvulta alkaen, kun energiakriisi ”pakotti” rakentajat suunnittelemaan rakennuksia, joiden energiahävikki olisi mahdollisimman pieni. Tähän pyrittiin mm. muovien lisäämisellä seinä- ja lattiarakenteisiin.

## 6.1 Lämpö

Lämpö voi siirtyä rakenteessa kolmella tavalla eli johtumalla, säteilemällä tai konvektiolla. Johtuminen eli konduktio tarkoittaa lämmön siirtymistä liike-energiana molekyylien välillä. Lämmön ominaispiirteisiin kuuluu sen pyrkimys tasoittumiseen, jolloin lämpö liikkuu kappaleen lämpimästä osasta kylmään osaan. Materiaalin kykyä siirtää lämpöä kutsutaan lämmönjohtavuudeksi eli  $\lambda$ -arvoksi. Esimerkkejä rakennusmateriaalien  $\lambda$ -arvoista on koottu taulukkoon 2. Lämmönvastuksella taas kuvataan rakenteen paksuuden suhdetta sen materiaalin lämmönjohtavuuteen. (Björkholtz 2009, 12; Rafnet-ryhmä 2004a, 12.)

Taulukko 2. Rakennusmateriaalien normaalisia lämmönjohtavuuksia Björkholtzin mukaan (2009, 15).

	Aine	$\lambda_n$ -arvo
Eristeet	polyuretaani	0,024-0,045
	mineraalivilla	0,037-0,055
	korkki	0,045-0,055
	solulasi	0,6-0,7
	sahanpuru, kutterinlastu	0,08-0,14
Rakennuslevyt	puukuitulevyt	0,055-0,13
	kipsilevy, lastulevy	0,15
Muita	puu	0,14
	tiili, muurattuna	0,5-1,0
	betoni	1,0-2,0
	lyijy	35
	teräs	50-70
	alumiini	160-220
	ilma	0,023 (0° C)-0,026 (20° C)

$\lambda$ -arvo eli lämmönjohtavuus tarkoittaa sitä määrää lämpöä, joka sekunnissa läpäisee kuution kokoisen ainekerroksen lämpötilaeron ollessa 1 °C (Siikanen 1998, 101). Mitä pienempi materiaalin  $\lambda$ -arvo on, sitä paremmin se toimii lämmöneristeenä (Kaila 2010, 460). Rakennuslaskelmissa käytetään yleisesti materiaalien normaalisia lämmönjohtavuusarvoja eli arvoja, joissa on huomioitu kosteudesta ja vastaavista olosuhdemuutoksista johtuvat lisät. Tämä johtuu siitä, että rakennusmateriaaleista suurin osa sisältää pienen määrän kosteutta, mikä lisää materiaalin lämmönjohtavuutta. (Björkholtz 2009, 14; Siikanen 1998, 101.) Taulukosta on huomattavissa, että eristeiden lämmönjohtavuusarvot ovat järjestään pienemmästä päästä. Kailan (2010, 457) mukaan johtuminen lämmönsiirtymistapana vaikuttaa rakenteisiin vain ilman mukana, mutta sitä on vaikea erottaa konvektiosta.

Säteily (emissio) tarkoittaa lämmön siirtymistä sähkömagneettisella aaltoliikkeellä. Kaikki kappaleet, joiden lämpötila on suurempi kuin absoluuttinen nollapiste, voivat emittoida eli lähettää lämpösäteilyä. Paras emissiviteetti on ns. mustalla kappaleella, johon kaikkien muiden materiaalien pintojen säteilytehoa verrataan. Säteilyä kappaleiden välillä tapahtuu kuitenkin vain siinä tilanteessa, että niiden välillä on jokin välittäjänä toimiva, lämpösäteitä läpäisevä kaasukerros. Käytännössä tämä tarkoittaa useimmissa tapauksissa ilmaa. (Björkholtz 2009, 12; Rafnet-ryhmä 2004a, 13–14; Kaila 2010, 457.) Björkholtz (2009, 12) on luetellut muutamien pintojen emissiviteettejä huoneenlämmössä, joista muutamia esimerkkejä on koottu taulukkoon 3.

Taulukko 3. Materiaalien emissiviteettejä huoneenlämmössä Björkholtzin mukaan (2005, 12).

PINTAMATERIAALI	EMISSIVITEETTI $\epsilon$
alumiini, kaupallinen kirkkaus	0,09
alumiini, oksidoitunut	0,20-0,33
betoni, karkea	0,94
huurre	0,985
jää, sileä	0,97
puu	0,8-0,9
polttettu tiili	0,91-0,93

Kuten taulukosta 3 on huomattavissa, on materiaalien pinnalla vaikutusta säteilyn tehokkuuteen. Kirkas pinta on tehokas heijastaja, mistä syystä esimerkiksi saunojen seinissä käytetään alumiinipintaista eristettä. (Kaila 2010, 457.)

Konvektiossa taas lämpö siirtyy kaasun tai nesteen virtauksen mukana. Virtaus voidaan synnyttää pakottamalla eli jonkin ulkopuolisen voiman aiheuttamana tai se voi esiintyä luonnollisena eri lämpötiloista aiheutuvien tiheyserojen avulla. (Björkholtz 2009, 13.) Kailan mukaan luonnollinen konvektio perustuu siihen, että ”lämmetessään molekyylit vaativat enemmän tilaa, jolloin aine laajenee ja samalla tietysti kevenee”. Kevenemisestä johtuen lämmin aine, on se sitten kaasua tai nestettä, nousee ylöspäin. (Kaila 2010, 458.) Rossipohjien tuuletus on yleisesti järjestetty konvektion avulla, mutta harvemmin pelkästään luonnollisena. Ilman virtaus saadaan aikaan lämpötilaerojen avulla, mutta lisäksi pakotettava tekijänä esiintyy tuuli. Toisinaan alapohjarakenteissa on myös koneellinen poisto, joka on toinen pakotettua konvektiota aiheuttava tekijä. (Björkholtz 2009, 13.)

Rakennuksen eri osille on laskettava rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjeiden mukaisesti lämmönläpäisykerroin eli määritettävä U-arvo. U-arvo, joka vanhemmissa lähteissä on mainittu k-arvona, kertoo 1 m<sup>2</sup>:n alan lävitse menevän lämpövirran suuruuden, kun lämpötilaero on 1° K (Björkholtz 2009, 14). Siikanen ja Kaila mainitsevat vielä erikseen läpäisyn keston sekunniksi (Siikanen 1998, 101; Kaila 2010, 461). C3 määrää alapohjan U-arvon maksimiksi 0,60 W/m<sup>2</sup>K (RakMK 2010, C3). Lisäksi U-arvossa on huomioitava rakenteessa olevien kylmäsiltojen vaikutus (RakMK 2010, C3; RakMK 2003, C4; Rafnet-ryhmä 2004a, 16). Björkholtz (2009,19) määrittelee kylmäsiltojen tarkoittavan ”sellaista kohtaa rakennusosassa, jonka kautta virtaa enemmän lämpöä ulos kuin sen ympärillä olevan rakennusosan kautta”. Tällaisia kohtia rakenteissa ovat esimerkiksi erilaiset rakennekannattimet sekä kantavat betonirakenteet (Siikanen 1998, 101).

Jotta rakenteen eristekerros toimisi moitteetta ja U-arvo vastaisi määritettyä arvoa, on rakennusvaiheessa oltava tarkkana eristemateriaalien suojaamisen kanssa. Kosteus heikentää eristeen toimintaa, koska kostuneessa eristeessä

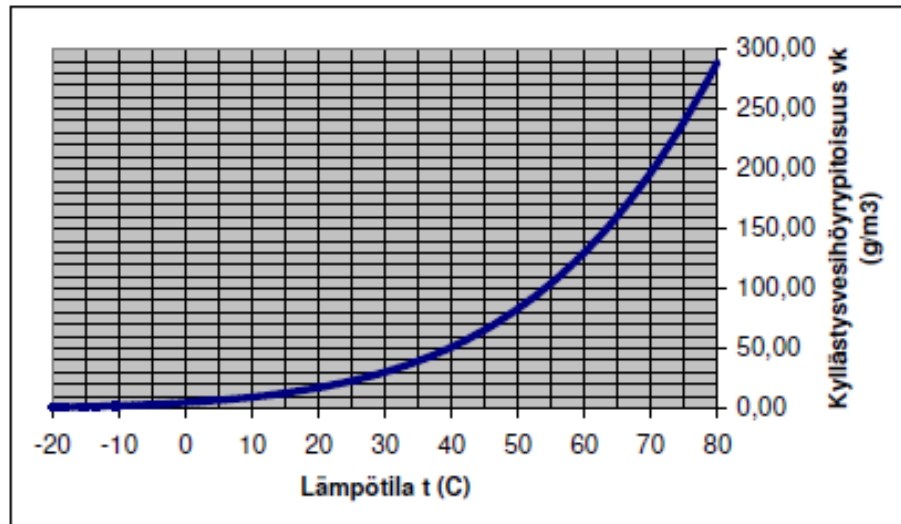
lämmönjohtavuus kasvaa ja tällöin sen eristyskyky heikkenee. (Björkholtz 2009, 35.)

## 6.2 Kosteus

Tyypillisimmät kosteusrasituksen aiheuttajat ovat julkisivuun sekä muihin rakenteisiin kohdistuva sade eri muodoissaan, maaperän kosteus ja vesihöyry. Alapohjarakenteiden kannalta ratkaisevaa on vapaan veden esiintyminen maanpinnalla, kapillaarisesti nouseva vesi sekä ilman kuljettaman vesihöyryn määrä. Lisäksi rakenteissa esiintyy vettä sitoutuneena eri materiaaleihin. Huokoiset materiaalit, kuten esimerkiksi puu, pystyvät myös sitomaan vettä ympäristöstään (Flannigan & Morey 1996, 31). Kaikille materiaaleille on kuitenkin ominaista niiden sisältämän kosteuden tasoittuminen ympäristönsä kanssa samalle tasolle. Tätä tilaa kutsutaan hygroskooppiseksi tasapainokosteudeksi. (Siikanen 1998, 106; Björkholtz 2009, 60; Rafnet-ryhmä 2004b, 36). Sitä kosteutta, joka rakenteesta poistuu sen kuivussa tasapainotilaan, kutsutaan rakennekosteudeksi. Sen määrä on riippuvainen materiaalin koostumuksesta, rakentamisen ja kuljettamisen aikaisesta varastoinnista ja suojaamisesta. Kosteutta voi siirtyä materiaalista toiseen myös niiden ollessa kosketuksissa toisiinsa. (Björkholtz 2009, 51.)

Panu Kaila (2010, 274) kirjoittaa, että ”ilman kyky vesihöyryn sitomiseen riippuu sen lämpötilasta”. Björkholtzin mukaan ilma voi kesällä sisältää viisinkertaisen määrän vesihöyryä verrattuna talviseen tilanteeseen ja Kailakin toteaa, että ”lämpimään ilmaan mahtuu paljon vettä ja kylmään vähän” (Björkholtz 2009, 48; Kaila 2010, 274).

Ilman sisältämää kosteutta voidaan kuvata joko sen todellisena vesihöyrypitoisuutena tai suhteellisena kosteutena. Todellinen vesihöyrypitoisuus tarkoittaa vesihöyryn grammamäärää kuutiossa ilmaa (Siikanen 1998, 106). Suhteellinen kosteus, RH eli relative humidity, kuvaa sitä kosteusmäärää, jonka ilma pystyy sitomaan eli todellisen vesihöyrypitoisuuden suhdetta kyllästysvesihöyrypitoisuuteen. (Rafnet-ryhmä 2004b, 7; Kaila 2010, 274.) Kyllästysvesihöyrypitoisuus on riippuvainen ilman lämpötilasta, mikä on huomattavissa kuviosta 1.



Kuvio 1. Kyllästysvesipitoisuus eri lämpötiloissa (Rafnet-materiaali 2004b, 8).

Maaperässä esiintyy kosteutta pohjaveden lisäksi myös pintavetenä, kapillaarivetenä sekä vesihöyrynä maaperän huokosten ilmassa (Björkholtz 2009, 49). Alapohjarakenteille kosteus on suurina määrinä haitallista kaikissa edellä mainituissa olomuodoissa. Rakenteen toiminnan kannalta onkin oleellista, että siihen kohdistuva kosteusrasitus on mahdollisimman pientä. Tähän pyritään pohjan salaojittamisella, kapillaarikatkona toimivalla sorakerroksella sekä vesihöyryn haihtumista estävällä muovikalvolla maanpinnalla. On myös huomioitava, että sadevedet kulkeutuvat rakennuksesta poispäin pinnan muotoilun ja syöksytörien avulla.

Vesihöyry muodostaa riskin rakenteelle lämpötilan laskiessa. Tuuletustilaan lämpimän ilman mukana kulkeutunut vesihöyry voi tällöin tiivistyä rakenteiden pinnalle. Lämpötilaa, jossa tiivistymistä tapahtuu, kutsutaan kastepisteeksi. (Siikanen 1998, 106–107.)

### 6.3 Kapillaarisuus, diffuusio ja konvektio

Veden kapillaarinen siirtyminen tarkoittaa veden siirtymistä rakenteessa tai maaperässä huokosalipaineen vaikutuksesta (Björkholtz 2009, 53; Siikanen 1996, 53; Rafnet-materiaali 2004b, 22). Huokosalipaineen voimakkuus riippuu huokosten koosta, ollen pienessä huokosessa suuri. (Rafnet-materiaali 2004b,

22–24.) On myös huomioitava, että kapillaarista siirtymistä ei tapahdu ainoastaan ylöspäin vaan myös sivuttain ja alaspäin (Rafnet-materiaali 2004b, 24; Siikanen 1996, 53.) Veden kapillaarista nousua rakenteessa estetään kapillaarikatkokerroksella, joka voi olla esimerkiksi tiivis pintakerros, bitumikaistale tai –sively. Maaperän veden kapillaarinousua estetään muovilla tai karkeasta maaineesta tehdyllä kapillaarikatkolla. (Siikanen 1996, 53; Rafnet-materiaali 2004b, 26.)

Diffuusio syntyy vesihöyrynosapaine-eroista. Diffuusio tarkoittaa kaasumolekyylien liikkumista kaasuseoksessa siten, että syntyy tasaisesti jakautunut seos. (Siikanen 1996, 56.) Molekyylien liikkumissuunta on suuremmasta pitoisuudesta pienempään (Rafnet-materiaali 2004b, 27). Rakennuksissa diffuusiota esiintyy yleisimmin kosteuden liikkumisena rakenteen läpi suunnassa lämpimämmästä kylmempään ja on näin ollen yleisintä talviaikaan, jolloin sisäilmassa oleva vesihöyry pyrkii rakenteen läpi ulos. (Siikanen 1996, 56; Rafnet-materiaali 2004b, 27). Suurin merkitys on kuitenkin tilojen välisellä ilman kosteuserolla. Tällöin kosteus pyrkii siihen tilaan, jossa on pienempi vesihöyrynosapaine. (Siikanen 1996, 56.) Diffuusiota pyritään estämään asentamalla rakenteeseen vesihöyrytiiviskerros eli yleensä höyrynsulkumuovi sekä suunnittelemalla rakenne siten, että sen vesihöyryn vastus pienenee kylmempään suuntaan mentäessä (Siikanen 1996, 56).

Konvektio on vesihöyryn liikkumista ilmavirtausten mukana. Se voi esiintyä rakenteessa luonnollisena tai pakotettuna. Luonnollista konvektiota esiintyy seinien sisällä ja se on riippuvainen ilman tiheyseroista. Pakotettua konvektiota on rakenteessa olevien reikien ja rakojen kautta tapahtuva ilmanpaine-erojen aiheuttama liike. (Siikanen 1996, 56; Björkholtz 2009, 57.) Merkityksellistä konvektiota on kylmänä vuodenaikana sisältä ulos tapahtuvien ilmapuotojen vuoksi, sillä konvektio voi tällöin liikuttaa suuria määriä kosteutta (Siikanen 1996, 56). Konvektiota voi tapahtua ilman lisäksi myös muiden kaasujen aiheuttaman virtauksen mukana (Rafnet-materiaali 2004b, 31).

#### 6.4 Kosteuden tiivistyminen

Kosteuden tiivistymistä eli kondensoitumista tapahtuu, kun vesihöyryn kastepiste ylittyy. Tällöin vesihöyry tiivistyy vedeksi vesihöyryä kylmemmälle tasaiselle pinnalle. Kyseisen pinnan lämpötilan on siis oltava vesihöyryn kastepistelämpötilaa alhaisempi. Parhaiten kondensaatioilmion näkee asunnon pesutilan ilmassa olevan vesihöyryn tiivistyessä kylmän ikkunalasin pinnalle. Sen lisäksi, että kosteus voi tiivistyä tällaiselle kylmälle pinnalle tai kylmempään tilaan rajoittuvaan sisäpintaan, voi kosteus tiivistyä myös rakenteen sisään, jollei rakennetta ole tehty sisäpuolelta riittävän tiiviiksi. (Siikanen 1996, 57; Björkholtz 2009, 64.)

Vesihöyryn liikkumisen kannalta riittävän tiivis materiaali ymmärretään usein muoviksi, mutta sen rinnalla toimivia ovat myös esimerkiksi erilaiset vuorauspaperit sekä tiiviit rakennuslevyt. Rakennetta ei pidä tehdä liian tiiviiksi vaan on huomioitava, että rakenteen vesihöyrynvastus on sitä pienempi mitä kylmemmäksi rakenne muuttuu. Vesihöyrynvastus tarkoittaa materiaalin kykyä vastustaa vesihöyryn virtausta. (Siikanen 1996, 57.)

Vesihöyryn ryömintätilaan tiivistymisen kannalta kriittistä aikaa ovat kevät ja alkukesä. Tuolloin ryömintätilan maapohja on vielä kylmä talven jäljiltä, kun taas ilman kosteuspitoisuus kasvaa. (Virta 2003, 27–28.)



## 7 BIOLOGISET VAURIOTEKIJÄT

Puuta vaurioittavia biologisia tekijöitä on useita: lahottaj sienet, homesienet, sinistäjäsienet, bakteerit, auringonvalo- ja –lämpösäteily sekä tuhohyönteiset (Siikanen 1998, 60). Lisäksi puu voi vaurioitua kemiallisten reaktioiden vaikutuksesta (Kärkkäinen 2007, 348).

Biologisten vauriotekijöiden esiintyminen edellyttää lajista riippuvien sopivien olosuhteiden esiintymistä. Yleisesti voidaan sanoa, että kaikki vaativat kosteutta, lämpöä, ravintoa ja happea. Jos yksikin näistä tekijöistä saadaan poistettua, niin poistuu myös vaara lahottajasienestä. (Siikanen 1998, 60; Kaila 2010, 311.) Tilanteessa, jolloin alapohjassa on aikaisemmin todettu lahottajasienen esiintyminen, on kuitenkin huomioitava, että pelkästään poistamalla yksi kasvua edistävä tai ylläpitävä tekijä ei vielä ratkaista koko ongelmaa. Useat lahottajasienilajit voivat siirtyä ns. lepotilaan eli tilaan, jossa kasvua ei tapahdu. Mikäli olosuhteet muuttuvat lajille suotuisiksi, kasvu alkaa uudelleen. (Kaila 2010, 310; Siikanen 1998, 61.)

### 7.1 Lahottajasienet ja laho

Matti Kärkkäinen (2007, 324) määrittelee kirjassaan *Puun rakenne ja ominaisuudet* lahoaksi ”lahottajasienen kemiallisesti tai fysikaalisesti muuttamaa puuta”. Käsitteiden laho ja lahottaja käytössä on siis muistettava, että ne tarkoittavat kahta eri asiaa.

Lahottajat jaotellaan perinteisesti kahteen ryhmään: valkolahottajiin, ruskolahottajiin ja sekä 1950-luvulta alkaen myös kolmanteen ryhmään katkolahottajiin. Jaottelu perustuu lahottajasienien puulle aiheuttamiin vaurioihin sekä niiden väreihin. (Kaila 2010, 303; Kärkkäinen 2007, 324.) Valko- ja ruskolahojen vauriot voivat kuitenkin olla samanlaisia kuin katkolahottajienkin. Varsinkin valko- ja ruskolahottajat vaurioittavat puuta tehokkaasti. Kärkkäisen mukaan laboratorio-tutkimuksissa on valkolahottajan jäljiltä todettu puolessa vuodessa yli 50 %:n massan väheneminen puuaineessa. Katkolahon toiminta taas on hidasta. (Kärkkäinen 2007, 324; Länsirannikon Rakennusklinikka 2004.)

Lahotyyppejä jaottelua on suoritettu ainakin kahdella eri tavalla. Kärkkäinen toteaa, että puutieteessä valkolaho on mainittu omana kohtanaan, kun taas toisessa lähteessä valkolaho on yhdistetty korroosio- eli syövytyslahoon. Lahoryhmät ovat korroosio- eli syövytyslaho, kutistumis- eli destruktiolaho, katkolaho ja valkolaho. (Kärkkäinen 2007, 326–327; Länsirannikon Rakennusklinikka 2004; Kaila 2010, 304.)

Suurin merkitys laholla on puun lujuuden muutoksille ja juuri siitä syystä lahon aikainen havaitseminen on hyväksi. Lahottajan tunnistaminen ei ole tärkeintä lahovaurioiden kohdalla, koska sitäkin tärkeämpää on yksinkertaisesti hankkiutua eroon lahonaiheuttajasta ja kuivata puu huolellisesti (Länsirannikon Rakennusklinikka 2004; Kaila 2010, 305.) Kärkkäinen lainaa useita lähteitä todetessaan, että nopeimmin laho vaikuttaa iskutaivutuslujuuteen, mutta vaikutukset taivutuslujuuteen ovat myös merkittäviä. Kun puun massa lahon vaikutuksesta vähenee 5 %, on massanvähennyksen vaikutus iskutaivutuslujuuteen -50...-80 %:n luokkaa. Taulukossa 4 on esitetty massanvähennyksen vaikutus muihin lujuusarvoihin, kun massa vähenee 10 %:a.

Taulukko 4. Lahon aiheuttaman 10 %:n massanvähennyksen vaikutus puun lujuusarvoihin (Kärkkäinen 2007, 327).

Taivutuslujuus	-60... -70 %
Puristuslujuus (syitä vasten kohtisuora)	-60 %
Puristuslujuus (syiden suuntainen)	-40 %
Vetolujuus (syiden suunnassa)	-50...-60 %
Kovuus ja leikkauslujuus	ehkä -20 %

Lahosienien esiintyminen alapohjassa riippuu tuuletustilan olosuhteista. Useimmilla lahottajilla kasvu alkaa, kun suhteellinen kosteus on ollut pitkään 20...60 %:n välillä sekä lämpötila välillä +5...+30 °C. Lahottajat lisääntyvät itiöi-

den kautta ja itiöt voivat säilyä lepotilassa vuosiakin ennen kuin kasvu alkaa suotuisissa olosuhteissa. (Siikanen 1998, 60–62.)

#### 7.1.1 Valkolahottajat, valkolaho ja korroosio- eli syövytyslaho

Valkolahottajat, jotka ovat vaalean värinsä lisäksi tunnistettavissa vuosirenkaitten halkeilusta, käyttävät ravinnokseen puun ligniiniä, selluloosaa ja hemiselloosaa. Se, missä suhteessa lahottaja näitä käyttää, riippuu sienilajista. Ligniinin kadotessa puuhun jää vaaleaa massaa, selluloosaa, johon syntyy koloja. Puun hajoaminen ei kuitenkaan ole tasaista, vaan suurimmat kolot syntyvät niihin kohtiin, joissa sienien toiminta on aktiivisinta. Korroosiolahossa puu säilyttää lujuutensa kohtuullisen hyvin, ainakin verrattaessa kutistumislahon vaikutuksiin. (Kärkkäinen 2007, 324–326; Länsirannikon Rakennuskliniikka 2004.)

Valkolaho tekee puusta sitkeää ja kiinteää. Väriltään se on valkoista ja yleensä tumman reunuksen ympäröimä. (Kärkkäinen 2007, 326–327.)

#### 7.1.2 Ruskolahottajat ja destruktio- eli kutistumislaho

Ruskolahottajien ravinnonlähteenä on pääosin selluloosa ja sienien jäljiltä puuhun jää ruskeaa ligniinimassaa. Sienen vaikutuksesta puu muuttuu haperoksi sekä murumaiseksi ja tällöin myös sen kestävyys kärsii. Puu alkaa tällöin muistuttaa hiiltynyttä puuta. Valkolahoon verrattuna ruskolaho on kokonaisvaltaisempi tuhoaja. (Kärkkäinen 2007, 325–327.)

#### 7.1.3 Katkolahottajat

Kaila (2010, 304) kirjoittaa, että ”katkolahoa esiintyy lähinnä maahan upotetuissa pylväissä”. Katkolahottaja tuhoaa puuta sisältä päin ja yllättävän taivutusrasituksen voimasta puu katkeaa syiden suunnassa. Katkolahottajat ovat myös varsin elinvoimaisia ja ne voivat kasvaa sekä erittäin kuivissa että erittäin kosteissa olosuhteissa. (Kärkkäinen 2007, 326; Länsirannikon Rakennuskliniikka 2004.)

## 7.2 Homeet

Home voi suotuisissa olosuhteissa kasvaa lähes minkä tahansa materiaalin pinnalla, kunhan ympäristön kosteus on sille suotuisa ja sen ravinnon saanti on taattua. Pinta toimii tällöin homeen kasvualustana ja siinä olevat aineet ravintona. Homeiden kasvun kannalta puu on suotuisa kasvualusta, sillä orgaanisena materiaalina siinä on itsessään homesienen kasvulle tarpeellista ravintoa. Kärkkäinen toteaa, että nopeasti keinokuivattu puu muodostaa homeelle paremman kasvualustan kuin hitaasti keinokuivattu tai ilmakeivattu puu. Syyksi hän mainitsee puun pinnalla lisääntyvät sokerit ja typpipitoiset aineet. Puuta hajottavana home ei ole merkittävä ongelma, jos sitä verrataan lahottajasieniin, mutta hajoaminen on kuitenkin mahdollista. (Kärkkäinen 2007, 322.)

Suhteellisen kosteuden ollessa alle 75 %, ei kasvua tapahdu, mutta homeen kasvun kannalta optimaalisimmillaan kosteus on 96–98 %. Lämpötilan suhteen homeella ei ole suuria vaatimuksia vaan kasvua voi tapahtua jopa +5...+40 °C:n lämpötila-alueella. Ilmankosteuden lisäksi toinen homeen kasvulle merkityksellinen kosteustilähde on kasvualustan kosteus. Merkityksellistä siitä ei tee kosteuden määrä vaan sen esiintyminen ja veden aktiivisuus eli vapaan veden osuus. (Kärkkäinen 2007, 322.)

## 7.3 Sinistäjäseni

Sinistäjäsenen vaikutus rakenteelle on suurimmalta osin vain kosmeettinen, mutta se voi myös toisinaan aiheuttaa katkolahoa (Siikanen 1998, 61). Sieni muuttaa puun värin siniseksi tai harmaaksi. Värin muutos johtuu todennäköisesti sienien aikaansaaman reaktiotuotteen ja puussa olevan raudan yhteisvaikutuksesta. Värjäytymisen syytä ei kuitenkaan ole vielä pystytty täysin aukottomasti selittämään. Sinistäjäseni saa ravintonsa soluonteloiden ravintoaineista eikä se näin ollen tuhoa solujen seinämiä. Sienen rihmat eli hyffit kulkevat puussa solujen välillä huokosia hyväksikäyttäen, jolloin sienien merkitys puun lujuudelle on vähäinen. Kärkkäinen viittaa useisiin lähteisiin todetessaan, että

sinistymän aiheuttamat staattisen lujuuden muutokset ovat olleet muutaman prosenttia luokkaa. (Kärkkäinen 2007, 321.)

Sinistäjäsiemenelle edullinen kasvulämpötila on 25–30 °C, mutta kasvua voi tapahtua jo alle +5 °C:n lämpötilassa. Kasvunopeus vaihtelee, ollen optimiolosuhteissa viikon aikana noin 10–15 mm:ä säteen suuntaan ja noin 50 mm:ä syiden suuntaan. Puu voi saada sieni-infektion kolmella eri tavalla: sieni-itiöiden kautta, aikaisemmin kontaminoituneeseen kohtaan muodostuneen rihmaston levittämänä tai hyönteisten mukanaan kuljettamasta rihmaston osasta. (Kärkkäinen 2007, 321.)

Sienitartuntaa voidaan torjua erilaisilla myrkyillä ja tehokkaalla kuivaamisella. Turvallisena kosteusrajana pidetään 22 %:n kosteutta, ja mitä nopeammin kosteus saadaan laskettua rajan alapuolelle, sen parempi tilanne on. Kohteissa, joissa sieni halutaan pitää poissa, on lämpöpuun käyttö suositeltavaa, koska sieni ei iske siihen. (Kärkkäinen 2007, 321–322.)

## 7.4 Muita vaurioittajia

### 7.4.1 Bakteerit

Myös bakteerit voivat vaurioittaa puuta. Vaikka bakteereja voi esiintyä terveessä puussa jo ennen kaatoa, tapahtuu kontaminaatio yleisimmin vasta kaadon jälkeen. Varsinkin jälsi on bakteereille otollinen alusta ravinnerikkautensa vuoksi. (Kärkkäinen 2007, 338.)

Bakteerit vaativat menestyäkseen erittäin kosteaa puuta, koska niiden liikkuminen on riippuvaista veden määrästä. Tällaiset olot ovat tavallisia vesivarastoinnissa, joista allasvarastoidulla puulla bakteeripitoisuus on suurempi kuin sadetulla. (Kärkkäinen 2007, 339.)

Bakteerit vaurioittavat puuta hajottamalla muiden aineiden lisäksi myös selluloosaa samalla tavalla kuin sienet, mutta hajottamisprosessi kestää kauemmin. Vauriot vaikuttavat lujuuteen; pitkä vesivarastointi voi heikentää puun lujuutta 10–15 %:lla. (Kärkkäinen 2007, 338–339.)

## 7.4.2 Kemiallinen tuhoutuminen

Alapohjassa, jossa puu on suojassa auringonvalolta ja -säteilyltä, voi kemiallista tuhoutumista tapahtua kosteuden ja naulojen metallin yhteisvaikutuksesta. Riittävä kosteus ruostuttaa rautanaulaa, jolloin ruoste hajottaa ympärillään olevan puun selluloosaa. Seurauksena on naulojen löystyminen ja sitä kautta rakenteen kantokyvyn heikkeneminen. (Kärkkäinen 2007, 348.)

## 7.5 Suotuisat olosuhteet

Taulukkoon 5 on koottu eräiden yleisimpien lahottajien sekä home- ja sinistäjäisien sukujen kasvuolosuhteita. Taulukossa 6 esitellään lahottajasienille tyypillisimmät kasvuolosuhteet. Näiden perusteella voidaan todeta, että biologisten vauriotekijöiden olosuhdevaatimukset ovat hyvin laaja-alaisia ja etteivät kaikki lajit ole kuivuuden sekä lämpötilan suhteen nirsoja.

Taulukko 5. Organismien kasvun vaatimia olosuhteita (Siikanen 1998, 61–64).

ORGANISMI	KOSTEUS (RH)		LÄMPÖTILA (°C)		PUUN KOSTEUS-%
	OPTIMI	KASVUALUE	OPTIMI	KASVUALUE	
homesienet	90...95	>75...95	+30...+35	0...+55	20...150
sinistäjäisienet			+22...+28	-3...+40	30...120
lattiasieni	30...40	>25...30	+21	+3...+40	
kellarisieni		>25	+23		50...60
aidaskääpä	kestää kuivuutta	>30...40		n. +5...+40	
kelokääpä			n. +25	max +40	35...40
rivikääpä	runsas		n. +28	max +33	
saunakääpä	kestää kuivuutta		n. +35	max +50	

Taulukko 6. Lahottajasienten tavanomaisia kasvuolosuhteita Siikasen mukaan (1998, 62).

Rihmaston vaiheet	Puun kosteus paino-%	Lämpötila °C	Ilman suhteellinen kosteus RH%
kasvu alkaa	25...30	>0	95...98
voimakas kasvu	30...80	+20...+25	>98
kasvu pysähtyy	120...160	+25...+50	-
lepotila	<18; >100...160	>0	-
kuolee	-	+35...+70	-
itiöt kuolevat	-	>+100 (½ tunnin ajan)	-

## 8 KUNTOTUTKIMUSOHJE

Ympäristöministeriön vuonna 1997 teettämän *Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus* –kirjan esipuheessa todetaan, että ”ammattitaidolla tehty kuntotutkimus luo hyvän pohjan kestäville ja toimiville korjaustoimenpiteille ja edistää suunnitelmallista korjaustoimintaa”. Teos on laadittu ohjeeksi rakentamisen ammattilaisille, jotta Suomessa tehtävät kuntotutkimukset olisivat yhteisiä. (Ympäristöministeriö 1997, 3.)

Kuntotutkimuksella on tärkeä osuus korjattaessa kosteusvaurioita. Kuntotutkimusta tehtäessä kartoitetaan kosteusvaurioon johtaneet syyt sekä kartoituksen perusteella valitaan vaurion korjaamisen sopivat menetelmät. Ohje on jaettu kahteen osaan, joista ensimmäinen osa käsittelee kuntotutkimuksen suunnittelua sekä toteutusta ja toinen osa vaurioitumisen arviointiperusteita ja korjaustavan valintaa. Ensimmäinen osa on sovellettavissa kaikkiin kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten kuntotutkimuksiin. (Ympäristöministeriö 1997, 9.)

Kuntotutkimuksen laajuus, samoin kuin suoritettavan tutkimuksen ohjelma, on riippuvainen kohteen vaurioista. Mikäli tiedetään, millainen vaurio kohteessa on ja mikä on sen ensisijainen syy, voidaan korjaamistoimenpiteet aloittaa ilman tarkempia mittauksia ja selvityksiä. Samoin mahdollisesti lisätutkimuksia vaativat kohdat rakenteissa voidaan kohdentaa tarkemmin. Toinen ääripää on kohde, jossa vaurion selvittämiseksi on tehtävä riskiarvio, kohdetutkimuksia paikan päällä sekä erilaisia mittauksia. (Ympäristöministeriö 1997, 9–10.) Kuntotutkimus voidaan laatia myös sellaisesta rakennuksesta, jossa kosteusvauriota vastaan epäillään. Tällöin tutkimuksen kohdalla puhutaan ennakoivasta selvityksestä. (Ympäristöministeriö 1997, 12–15.)

Tutkimusohjelma on kaksivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa selvitetään kohteen lähtötiedot, laaditaan riskiarvio rakenteissa mahdollisesti esiintyvistä vaurioista, niiden syistä ja laajuudesta sekä suunnitellaan tutkimusohjelmakokonaisuus. Toisessa vaiheessa suoritetaan kohdemittauksia ja –tutkimuksia, analysoidaan saadut tulokset sekä laaditaan tutkimusseloste, jossa myös esitetään vaihtoehtoiset korjaustavat. (Ympäristöministeriö 1997, 12.)



Kohteen lähtötietoja ovat kohteesta laaditut erilaiset piirustukset, pohjatutkimustulokset, rakentamisen aikana työmaalla laaditut dokumentit, kuten työmaapäiväkirja, edeltävät kuntoarviot ja –tutkimukset sekä niiden pohjalta tehdyt tai muusta syystä tehdyt korjaukset. Tietoja voidaan myös kerätä erilaisilla asukasta käyttäjäkyselyillä tai –haastatteluilla sekä haastatteleamalla rakentajia ja suunnittelijoita. (Ympäristöministeriö 1997, 12–14.)

Riskiarvio suoritetaan rakennuksen asiakirjojen, lähinnä piirustusten, sekä paikanpäällä tehtävän aistinvaraisen tarkastuksen perusteella. Riskiarvioon liittyviä mitattavia suureita ovat ilman lämpötila, suhteellinen kosteus ja pintakosteus. Riskiarvion tuloksia verrataan rakennusfysiikan perusteiden mukaisiin rakenteiden normaaliin toimintaan liittyviin arvoihin. (Ympäristöministeriö 1997, 14–15.)

Kuntotutkimuksen suorittamista tukemaan kyseiseen teokseen on myös kerätty rakennusosakohtaiset tarkastuslistat. Ryömintätilaisen alapohjaan liittyvät kysymykset sisältävät kysymyksiä rakenteesta, veden havainnoimisesta tuuletustilassa, tuuletuksesta ja sen toimimisesta, salaojista, homehavainnoista tai homeeseen viittaavista havainnoista sekä ryömintätilan fysikaalisista olosuhteista. (Ympäristöministeriö 1997, 116–117.)

## 9 TIETOKANNAN PARAMETRIEN MÄÄRITYS

Tutkimustulokset biologisia vaurioita aiheuttavien mikro-organismien suotuisista kosteusoloista perustuvat pääasiassa tasapainokosteuden vallitessa suoritettuihin laboratoriotutkimuksiin. Sen sijaan rakennuksissa todellisuudessa vallitsevien pienilmastollisten olojen, kuten lämpötilan vaihtelun ja sen myötä suhteellisen kosteuden muutosten vaikutuksien tutkimus on jäänyt vähälle huomiolle. Tutkimuksen suorittaminen kyseisiä parametreja varioiden ja vaihtelujen syklit huomioiden antaisi rationaalisemman kuvan materiaalien homehtumisesta ja homeen kasvusta rakenteissa. (Flanningan & Morey 1996, 23.) Tämänkaltaisen pitkäaikaiseen tutkimukseen perustuvan aineiston kokoamisella on myös laajempaa käyttöarvoa tieteellisen argumentoinnin kannalta. Aineiston pohjalta voidaan helpommin määrittellä, miksi samassa rakenteessa voi toisessa kohteessa olla pahojakin bio-organismien aiheuttamia vaurioita ja toisessa samalla ajanjaksolla tarkasteltuna ei havaittavia vaurioita ole lainkaan.

### 9.1 Tietokannan tarkoitus

Puurakenteisista alapohjista laadittavan tietokannan tarkoituksena on koota mahdollisimman kattava tietopankki alapohjarakenteista ja ryömintätilojen olosuhteista. Tavoitteena on löytää ne tekijät, jotka joko yksin tai yhdessä esiintyessään ovat rakenteellisia riskitekijöitä ja systemaattisesti johtavat vaurioon alapohjarakenteessa. Tämän pohjalta on mahdollista kehittää puurakenteista alapohjaa

Vaurioiden synty nopeuteen pääasiassa vaikuttavia tekijöitä ovat aika ja kosteuspitoisuus, jotka ovat toisiinsa nähden kääntäen verrannollisia. Näin ollen ryömintätilan kosteuspitoisuuden kasvaessa vaurion syntymiseen vaadittava aika pienenee. Näiden kahden tekijän rinnalla vaikuttavia tekijöitä ovat biologisten vaurionaiheuttajien ravinnon tarve ja saanti, puutteellinen tuuletus sekä kasvun kannalta sopiva pH.

## 9.2 Lomake kohdekäyntejä varten

Ympäristöministeriön kuntotutkimusohjeen rakennekohtaisten tarkastuslistojen pohjalta laadittiin lomake käytettäväksi kohdekäynneillä. Lomake on liitteenä 1. Lomakkeelle kerätään oleellisia tietoja ryömintätilasta sekä siellä vallitsevista olosuhteista, jotta voidaan selvittää suunnitelmien ja valmiin rakenteen yhdenpitävyys. Käytettäessä samaa lomaketta kaikissa kohteissa varmistetaan myös se, että kaikista kohteista saadaan kerättyä samat tiedot.

Suunnitelmien tietoja on selvitetty Turun rakennusvalvontaviraston arkistossa. Tietokantaa varten valittiin ensin kuusi soveltuvaa, 2000-luvulla tai pari vuotta ennen rakennettua kohdetta, joiden lupakuvista kerättiin rakenteen kannalta oleelliset tiedot, kuten alapohjan mitat ja tuuletusaukkojen määrät sekä alapohjaan vievän kulkuaukon sijainti. Myös pohjatutkimustulokset selvitettiin kaikista kohteista.

## 9.3 Tietokantaan tallennettavat tiedot

Tietokannasta on tarkoitus tehdä mahdollisimman tarkka läpileikkaus pientalojen puurakenteisista alapohjista, niiden kosteusteknisestä toiminnasta sekä tiiloissa suoritettavien mittausten tulokset.

Pitempiaikaista seurantaan silmällä pitäen ovat tietokannassa olevat kohteet oltava paikannettavissa ja niiden tiedot yhdistettävissä oikeisiin kohteisiin. Tämän vuoksi on perusteltua tallentaa tietokantaan vähintään rakennuslupanumero, mutta mielellään myös kohteen osoite.

Rakennuksen käyttöä ajatellen tietokantaan kirjataan tietoihin rakentamisvuosi ja tiedot loppukatselmuksesta. Rakentamisvuoden perusteella voidaan rakennusta peilata aikakauden normaaleihin rakentamiskäytäntöihin, -olosuhteisiin sekä voimassa olleisiin määräyksiin. Loppukatselmuksen pitäminen tarkoittaa, että rakennus on hyväksytty käyttöön otettavaksi. Tällöin voidaan olettaa, että rakennus vastaa sille asetettuja vaatimuksia.

Talotoimittajan ja suunnittelijan tietojen tallentamisella varmistetaan, että mahdollisten vaurioiden osuessa toistuvasti saman toimittajan kohteisiin tai saman suunnittelijan töihin, voidaan asiaan puuttua perustellummin. On kuitenkin syytä selvittää, voiko yrityskohtaisia tietoja tällä tavoin tallettaa. Tälle ei todennäköisesti ole estettä, sillä kaikkien rakennusten tiedot, myös valmistajan ja suunnittelijan osalta, ovat löydettävissä rakennusvalvontaviraston arkistosta ja täten kaikkien saatavilla.

Perustustapaan ja salaojitukseen liittyvien tietojen perusteella voidaan verrata tonttien pohjaolosuhteita perustamismahdollisuuksien ja maapohjan kuivatuksen suhteen. Pääosa nykyajan omakoti- ja pientaloista perustetaan paaluille, koska tontin olosuhteet sitä vaativat, mutta vanhempien rakennusten kohdalla myös muut perustamistavat voivat tulla kyseeseen. Perustustavan valintaa varten suoritetaan pohjatutkimus, jonka perusteella päätetään myös salaojitustarpeesta tontilla. Salaojituksen oikealla sijoittamisella ja sen toiminnalla on suuri vaikutus tontin kosteustekniseen toimintaan. Tällä on myös suora vaikutus ryömintätilaan pääsevään maaperän kosteuteen sekä rakenteiden altistumiselle roudan vaikutuksille. Tähän vaikuttaa myös rakennuksen routaeristyksen paksuus ja oikea sijainti.

Ryömintätilan tuulettumisen kannalta on olennaista perusmuurissa olevien tuuletusaukkojen koko, määrä ja määräysten mukainen sijoittelu. Myös tuuletusaukkojen koko ja sijainti ryömintätilan kantavissa linjoissa on vastattava määräyksiä. Ryömintätilan on tuuletettava kokonaisuudessaan eikä sinne saa muodostua umpinaisia kohtia. Tuulettumisen onnistumiseen vaikuttaa myös ryömintätilan korkeus. Kosteusmäärän kasvaessa on laskennallisesti tarkastettavissa, toimivatko tuuletusaukot suunnitellusti.

Määräysten mukaisesti ryömintätila on tarvittaessa päästävä tarkastamaan. Useissa rakennuksissa kulkuaukko on sijoitettu siten, että kulku tapahtuu sisätilojen kautta, mikä on projektin kannalta valitettavaa, koska tällöin esimerkiksi mittareiden asentaminen ja poistaminen on suoritettava asukkaan esittämänä aikana.

Kohdekäynneillä on mahdollista tehdä aistinvaraisia havaintoja ryömintätilassa. Ryömintätilan maanpinnan ja tontin pinnan suhde on huomioitava, jotta voidaan varmistua sadevesien johtamisesta pois päin rakennuksesta. Myös maanpinnan muotoilu ryömintätilassa on kosteuden esiintymisen kannalta merkityksellinen. Ryömintätilassa esiintyvistä kosteudesta kohdekäynnillä kartoitetaan vapaan veden esiintyminen, pinnalle tiivistyneen veden esiintyminen, merkit seisoneesta vedestä maanpinnalla sekä merkkejä homeesta. Mikäli tuuletustilan ilmassa on selvästi ummehtunut haju, on myös se kirjattava muistiin. Lisäksi on selvitettävä tuuletustilan suhteellinen kosteus sekä lämpötila. Näihin liittyen on kirjattava muistiin tutkimushetkellä valinneet sääolot, joilla voi olla suuri merkitys ryömintätilan olosuhteisiin.

Alapohjan rakenne on selvitettävissä Rakennusvalvontaviraston lupakuvista, mutta olemassa olevan rakenteen ja kuvien vastaavuudesta on varmistuttava. Suunnitellun rakenteen pohjalta on alapohjalle laskettu U-arvo. Yleensä suunnitellusta rakenteesta poiketaan säästämällä materiaalikustannuksissa, jolloin rakenteeseen käytetyt materiaalmäärät ovat suunniteltua pienemmät. Tällaiset poikkeamat rakenteessa vaikuttavat heikentävästi U-arvoon sekä rakenteen lämmönläpäisykykyyn tai rakenteen kosteustekniseen toimintaan.

#### 9.4 Kohdekäynnit ja suoritettut mittaukset

Rakennusvalvontavirastosta valittuihin kohteisiin lähetettiin kirje tai asukkaita lähestyttiin puhelimitse ja tiedusteltiin asukkaiden suostumusta rakennuksen alapohjassa suoritettaviin tutkimuksiin sekä mittauslaitteiden asennuksiin. Luvan perusteella kaksi opiskelijaa suoritti kenttämittauksia vuoden 2011 syyskuussa neljässä rakennuksessa. Kenttämittauksista laadittu projektityöraportti on liitteenä 2. Mittausten ja kohdekäyntien suorittaminen näin projektityönä oli perusteltua myös siltä kannalta, että kohdetietolomake on laadittava siten, ettei vastauksiin liittyen tule tulkinnallisia ongelmia. Samat ihmiset eivät välttämättä tee jatkossakaan kohdekäyntejä ja käsittele saatuja vastauksia ja tuloksia.

Ryömintätiloihin asennettiin anturit, jotka mittaavat tilan lämpötilaa ja kosteutta. Mittausjaksoksi valittiin tässä vaiheessa kahden kuukauden mittainen ajanjakso alkaen 1.10. ja päättyen 31.12. Yhdessä kohteessa asennettiin myös yksi anturi ryömintätilan ulkopuolelle, jotta saadaan tallennettua myös ulkoilman olosuhteet. Tällöin ryömintätilasta saadut tulokset voidaan suhteuttaa ulkona vallitseviin olosuhteisiin.

Kohdekäyntien mittaustuloksia ei käsitellä tässä työssä. Projektityön tuloksena kuitenkin todettiin, että paikoitellen alapohjarakenteissa ja lupakuvissa on eroavaisuuksia. Esimerkiksi eräässä kohteessa kuvien perusteella alapohjassa oli harvalaudoitus kyllästetystä puutavarasta, mutta todellisuudessa ko. rakenneosa oli tavallista raakalautaa. Projektin raportissa mainittiin myös puuttuva muovikalvo maapohjasta sekä poikkeamia tuuletusaukkojen määrissä ja toiminnassa.

Kohdekäynneillä täytettyjen lomakkeiden perusteella voi todeta, että lomakkeen sisältö on hyvä ja kattava, mutta sen asemointia on parannettava, jotta vastaukset ovat yksiselitteisesti luettavissa ja kirjattavissa tietokantaan.

## 10 YHTEENVETO

Vaikka puurakenteinen alapohjaratkaisu on monelta osin vaurioaltis rakenne, on se silti mahdollista rakentaa täysin toimivana. Tuulettumisen kannalta tärkeintä on riittävän tuuletusilman pääsy ryömintätilaan. Kosteuden siirtymistä ulkoilmasta ryömintätilaan ei voida estää, mutta hyvin suunnitellussa rakenteessa kosteus ei pääse haitallisesti kulkeutumaan rakenteisiin tai niiden välillä. Myös kosteuden tiivistyminen on hallittavissa.

Asuinrakennusten suurimmaksi vitsaukseksi on muutamien viime vuosien aikana noussut home. Pääsyy tähän ei ole homeen rakenteelle aiheuttamat vauriot vaan homeitiöiden aiheuttamat terveyshaitat. Rakenteiden toiminnan ja säilymisen kannalta suurempi merkitys on lahon aiheuttamilla vaurioilla. Molempien taustalla kuitenkin on liiallisen kosteuden esiintyminen. Home toimii ns. tunnuksena rakenteessa olevasta kosteusvauriosta, jolloin rakenteeseen voidaan odottaa kasvavan myös lahottajasieniä.

Ennako-oletus oli, että rakentajien ja rakennuttajien keskuudessa ajatellaan, että kaikkien määräysten toteutuessa myös rakenne toimii tarkoituksenmukaisella tavalla. Tämä koskee myös rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Kuitenkin esille tulee jatkuvasti uusia vauriokohteita. Projektityönä toteutetuilla kohdekäynneillä on tullut esille selkeitä poikkeamia rakenteiden kohdalla. Tuuletustilaa käytetään myös puutavaran säilyttämiseen vaikka orgaanista materiaalia ei siellä saa olla. Vastaan tuli myös tilanne, jossa tuuletusaukkojen määrä poikkeaa suunnitellusta ja niiden toiminta on ollut puutteellista. Mikäli näissä kohteissa tulevaisuudessa havaitaan liiallista kosteutta tuuletustilassa ja siitä aiheutuneita vaurioita, on syytä ensimmäiseksi selvittää, voiko syynä olla jokin edellä mainituista syistä tai liian vähäinen tuuletusaukkojen määrä ja se, etteivät ne toimi.

Esille nousee myös kysymys, onko tällainen suunnitelmista poikkeaminen yleistäkin pientalorakentamisessa. Rakenteiden suunnittelussa lähtökohtana on varmistaa sen asianmukainen toiminta, ja poikkeaminen suunnittelusta ilman asianmukaisia lupia ei yleensä ainakaan paranna rakenteen toimintaa.

Työn tavoitteena oli kartoittaa tietokannan käytön kannalta relevantit muuttujat, jotka vaikuttavat puurakenteisessa alapohjassa suoraan tai välillisesti. Taustatietojen ja suoritettujen kohdekäyntien perusteella voi sanoa, että tietokannan laajuus on riittävä käyttökelpoisuuden kannalta. Kohdekäynnit myös osoittivat todeksi epäilyt eroavaisuuksista olemassa olevien rakenteiden ja niistä laadittujen rakennuslupaan liittyvien suunnitelmien välillä. Rakenteen toiminnan kannalta tärkeät tiedot on tullut huomioitua riittäväällä tarkkuudella ja tietokanta tulee valmistuttuaan toimimaan suunnitellusti.

Projekti TiKaPuun jatkon kannalta on syytä muokata kohdetietolomake vastausten luettavuutta parantavaan muotoon. On myös syytä esimerkiksi opinnäytetyön muodossa paneutua niiden kohteiden mittaustuloksiin, joissa rakenteen kosteusteknisen toiminnan voidaan olettaa alentuneen rakennepoikkeaminen johdosta. Rakennukset ovat valmistuneet 2000-luvulla, joten ryömintätilan olosuhteiden vaikutukset rakenteeseen eivät ole vielä jatkunut kymmeniä vuosia. Projekti TiKaPuuhun liittyen jatketaan soveltuvien kohteiden kartoittamista sekä kohdekäyntejä ja aloitetaan tietokannan rakentaminen tähän mennessä kerättyjen tietojen pohjalta.



## LÄHTEET

Björkholtz, D. 2010. Rakennusfysiikka. 3. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

von Bonsdorff, B., Gardberg, C. J., Lindberg, B., Kruskopf, E., Nummelin, R., Ringbom, S., Ringbom, Å. & Schalin, M. 2000. Suomen taiteen historia. Suom. Kaija Valkonen. 2. korjattu painos. Helsinki: Schildts Kustannus oy.

Eurokoodi 5: Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje. 3. painos. Helsinki: RIL.

Flannigan, B. & Morey, P.R. 1996. Rakennusten kosteus ja homevaurioiden torjunta. Control of moisture problems affecting biological indoor air quality. Sisäilmayhdistys raportti 7. Helsinki: Sisäilmayhdistys.

Hirsi, H. 2006a. Puurakenteiden perusteet. Oppimateriaali. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.

Hirsi, H. 2006b. Puurakenteiden suunnittelu. Puun ominaisuudet. Oppimateriaali. Otaniemi: Teknillinen korkeakoulu.

Kaila, P. 2010. Talotohtori – Rakentajan pikkujättiläinen. 16. painos. Helsinki: WSOY.

Karjalainen, J & Riippa, T. 2010. Jälleenrakentamiskauden korjausopas. Aducate Reports and Books 15/2010. Koulutus- ja kehittämiskeskus Aducate. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto.

Keppo, J (toim.). 1993. Rossipohja. Pientalon tuuletettavan puurakenteisen ajapohjan suunnittelu ja rakentaminen. Jyväskylä: Rakennusalan tutkimuskeskus Oy.

Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Hämeenlinna: Metsäkustannus oy.

Liimapuu yhdistys. Tuulettuvan alapohjan mitoitus. [verkkodokumentti]. 13.1.2003. [viitattu 4.3.2012]. [http://www.glulam.fi/fi/?\\_\\_EVIA\\_WYSIWYG\\_FILE=6459&name=file](http://www.glulam.fi/fi/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=6459&name=file)

Luotonen, P. 2009. Missä vika, kun kaikki ”homentuu”? RIA 3/2009. 34–36. [viitattu 27.4.2012.] Saatavissa: [http://www.digipaper.fi/live\\_ria/29813/index.php?pgnumb=30](http://www.digipaper.fi/live_ria/29813/index.php?pgnumb=30)

Luotonen, P. 2010a. Ongelmana kosteus, homeet ja ahneus. RIA 4/2010. 68–69. [viitattu 27.4.2012.] Saatavissa: [http://www.digipaper.fi/live\\_ria/53170/index.php?pgnumb=24](http://www.digipaper.fi/live_ria/53170/index.php?pgnumb=24)

Luotonen, P. 2010b. Terve talo – onko sellaista? RIA 3/2010. 46–47. [viitattu 27.4.2012.] Saatavissa: [http://www.digipaper.fi/live\\_ria/46905/index.php?pgnumb=33](http://www.digipaper.fi/live_ria/46905/index.php?pgnumb=33)

Länsirannikon Rakennuskeskus. 2004. Lahottajasisienet, bakteerit ja mikrobit. Opintomateriaali, Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 5.2.1999/132.

Siikanen, U. 1996. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovellukset. 4. täysin uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto oy.

Siikanen, U. 1998. Puurakennusten suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2001. B10: Puurakenteet. Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1975. C2: Kosteus. Ympäristöministeriö.

Suomen rakentamismääräyskokoelma. 1998. C2: Kosteus. Ympäristöministeriö.

Vaasio, P. 2011. Puutaloja 40 vuotta. RIA 5/2011, 24–29.

Viljakainen, M. 2005. Avoin puurakennusjärjestelmä. Suunnitteluperusteet. Wood Focus Oy. Internet-lähde. <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-suunnitteluperusteet> [viitattu 4.3.2012]

Vilppo, M. 2011. Tuulettuvien alapohjien ongelmat. Insinööriyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu.

Virta, J. 2003. Terveellinen sisäilmasto. Sisäilmastotietoa rakentajille, sisäilmastoselvitysten tekijöille ja kiinteistöjen omistajille. Espoo: Työsuojelurahasto.

**KOHDETIETOLOMAKE**

OSOITE \_\_\_\_\_

RAKENNUSLUPANUMERO \_\_\_\_\_

RAKENTAMISVUOSI \_\_\_\_\_

LOPPUKATSELMUS    PIDETTY             EI PIDETTY 

PÄIVÄMÄÄRÄ \_\_\_\_\_

mahd. huomautukset \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

TALOTOIMITTAJA \_\_\_\_\_

SUUNNITTELIJA \_\_\_\_\_

ELEMENTTIRAKENNUS     PAIKALLA RAKENNETTU 

KERROSLUKU \_\_\_\_\_    PINTA-ALA \_\_\_\_\_

LÄMMITYSMUOTO \_\_\_\_\_

ILMANVAIHTOTYYPPI \_\_\_\_\_

**PERUSTUSTAPA**    PAALUTETTU ANTURAPERUSTUS 

SOKKELIRAKENNE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

SOKKELIN ULKOMITAT \_\_\_\_\_

KANTAVIA SISÄSEINIÄ  KPL \_\_\_\_\_

LÄMPÖERISTE SOKKELISSA

huom. \_\_\_\_\_

### **SALAOJAT**

SIJAINTI \_\_\_\_\_

KORKEUSASEMA RYÖMINTÄTILAN MAANPOHJAAN NÄHDEN

\_\_\_\_\_

KOKO \_\_\_\_\_ KALLISTUS \_\_\_\_\_

SORASTUS \_\_\_\_\_

TOIMIVAT KYLLÄ  EI

### **ROUTAERISTYS**

ERISTYSMATERIAALI \_\_\_\_\_

ERISTYSTAPA \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**TUULETUSAUKOT** KOKO \_\_\_\_\_

MÄÄRÄ \_\_\_\_\_

RITILÄ  HYÖNTEISVERKKO

MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI

### TUULETUSAUKOT KANTAVASSA SISÄSEINÄSSÄ

KYLLÄ  EI

KOKO \_\_\_\_\_ MÄÄRÄ \_\_\_\_\_

RITILÄ  HYÖNTEISVERKKO

MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI

**RYÖMINTÄTILA** KORKEUS \_\_\_\_\_

MUOVIKALVO  KONEELLINEN ILMANVAIHTO

JOKA KÄYTÖSSÄ  KOSTEUDENKERÄÄJÄ

KULKUAUKKO  KOKO \_\_\_\_\_

SIJAINTI \_\_\_\_\_

### MAANPINNAN SUHDE YMPÄRÖIVÄÄN MAANPINTAAN

\_\_\_\_\_

VALUVESIEN MAHDOLLISUUS KYLLÄ  EI

TÄYTTÖ/KAPILLAARIKATKO \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

NÄKYVÄÄ VETTÄ  MERKKEJÄ SEISONEESTA VEDESTÄ

RYÖMINTÄTILASSA ORGAANISTA JÄTETTÄ

RYÖMINTÄTILASSA MERKKEJÄ HOMEESTA

UMMEHTUNUT HAJU

MERKKEJÄ TIIVISTYNEESTÄ VEDESTÄ

SOKKELIN PINNASSA

ALAPOHJAN ALAPINNASSA

SUHTEELLINEN KOSTEUS \_\_\_\_\_

LÄMPÖTILA \_\_\_\_\_

### **MAASTOSUHTEET**

RAKENNUKSEN KORKEUSASEMA \_\_\_\_\_

HUOMIOITA YMPÄRÖIVÄSTÄ MAASTOSTA \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

POHJATUTKIMUS      TEHTY     EI TEHTY

HUOMIOITAVAA \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ALAPOHJAN RAKENNE \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

U-ARVO \_\_\_\_\_ PINTA-ALA \_\_\_\_\_

PUTKIEN LÄPIVIENNIT TIIVIIT

MERKKEJÄ PUTKIVUODOISTA

SÄÄOLOLOT TUTKIMUSHETKELLÄ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MUITA HUOMIOITA

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

LOMAKKEEN TÄYTTI \_\_\_\_\_

PVM \_\_\_\_\_



Timo Kiiski

Mikko Vähäaho

## **PROJEKTITYÖ**

### **Tuulettuvien alapohjien kenttämittaukset**

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>3</b>
<b>2 TYÖN SUORITUS</b>	<b>3</b>
2.1 Aloitus	3
2.2 Laitteiden asennus	4
2.3 Tietojen vertailu	5
<b>3 YHTEENVETO</b>	<b>5</b>
<b>LIITTEET</b>	<b>6</b>
Liite1 kohdetietolomake 280/01	6
Liitteen 1 kuvat	11
Liite 2 kohdetietolomake 630/08	13
Liitteen 2 kuvat	18
Liite 3 kohdetietolomake 322/00	19
Liitteen 3 kuvat	24
Liite 4 Kohdetietolomake 700/98	26
Liitteen 4 kuvat	31

# 1 JOHDANTO

Projektityö liittyy osatehtävänä Turun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehittämisprojektiin TIKAPUU, jossa on tarkoitus luoda tietokanta puurakenteisista alapohjista.

Tässä raportissa esitetään projektiin valittuihin neljään tutkimuskohteeseen suoritettut mittalaitesennukset ja muut paikan päällä suoritettut toimenpiteet. Tutkimuskohteissa täytetyt kohdetietolomakkeet ovat tämän raportin liitteinä.

# 2 TYÖN SUORITUS

## 2.1 Aloitus

Ensimmäisessä kohteessa 280/01 käytiin projektipäällikkö Rauli Lautkankareen sopimana aikana 22.9.2011. Projektipäällikkö toimi ohjaajana tässä kohteessa suoritetuille toimenpiteille.

Muihin kohteisiin projektityön tekijät ottivat puhelimitse yhteyttä ja sopivat asukkaiden kanssa lopuille kolmelle kohteelle (630/08, 322/00, 700/98) käyntipäiväksi 29.9.2011.

## 2.2 Laitteiden asennus

Jokaisen kohteen ryömintätilaan asennettiin kaksi kosteutta ja lämpötilaa mittaavaa anturia, joista toinen pyrittiin asentamaan keskelle (kuva 4) ja toinen hieman sivummalle.



Kuva 4 630/08 Anturi sijoitettuna kantavan keskilinjan viereen.

Anturit asennettiin maahan painettujen tukikeppien varaan 20 - 30 cm:n korkeudelle ryömintätilan maanpinnasta.

Ensimmäiseen kohteeseen asennettiin lisäksi yksi anturi sadevedeltä suojaisiin ulkotilaan, mittaamaan ulkoilman kosteutta ja lämpötilaa.

Kaikki anturit ajastettiin käynnistymään yhtäaikaaisesti 1.10.2011 kello 02.00. Mittaus asetettiin loppumaan 31.12.2011 kello 02.00, jota ennen kaikkien antureiden tiedot on tarkoitus lukea ja asentaa ne uudelleen seuraavaksi mittausjaksoksi.

### 2.3 Tietojen vertailu

Paikan päällä vertailtiin Turun rakennusvalvonnasta aiemmin saatujen suunnitelmatietojen paikkansapitävyyttä todellisiin rakenteisiin ja ratkaisuihin.

Vertailu suoritettiin tarkistamalla näkyvissä olevat rakenteet, mitään rakenteita ei rikottu selvittäessä niiden yhdenmukaisuutta suunniteltuihin ratkaisuihin. Yhtä kohdetta lukuun ottamatta haastateltiin myös asukkaita tietojen ja kokemusten selvittämiseksi.

Kuvassa 1 (alla) näkyy, ettei harvalauditus ole kyllästettyä vaikka rakennusvalvonnasta saatujen tietojen mukaan sen piti olla.



Kuva 4 280/01 keskipalkki.

## 3 YHTEENVETO

Jokaisessa kohteessa täytettiin kohdetietolomake, josta selviää alapohjan ja perustusten rakenne. Mahdolliset puutteet lomakkeen tiedoissa pyritään täydentämään antureiden lukutapahtuman yhteydessä.

Perustustöistä saatiin tarkempaa tietoa myös asukkailta, jotka olivat työn teettäneet. Asukkaat olivatkin erittäin kiinnostuneita saamaan palautteena tietoa ryömintätilansa toimivuudesta ja mahdollisista virheistä. Yhdessä kohteessa asukkaita ei päästy haastattelemaan paikan päällä, joten asia pyritään korjaamaan myöhemmin.

Ryömintätilassa olevista rakenteista löytyi jonkin verran eroja rakennusvalvonnasta saatuihin tietoihin nähden. Esimerkkinä mainittakoon muovikalvon puuttuminen alapohjan täytöstä ja tuuletusaukkojen määrä ja toimivuus.

## LIITTEET

## Liite1 kohdetietolomake 280/01

	Anturit	- 019 Ryöm.kesk.	
	1,10 klc 02,00	- 323 Ryöm.reuna	
	31.12 klc 02,00	- 355 Oike	1(5)
	(2011)		
OSOITE	SAARENKUJA 2		
RAKENNUSLUPANUMERO	280/01	RAKENTAMISVUOSI	2001 ULLAKKO 2003
LOPPUKATSELMUS	PIDETTY <input checked="" type="checkbox"/>	PÄIVÄMÄÄRÄ	12.3.2004
	EI PIDETTY <input type="checkbox"/>		
	mahd. huomautukset	TONTIN P.A 863m <sup>2</sup>	
TALOTOIMITTAJA	ALVSBY		
	SUUNNITTELIJA	NILS SANDSTRÖM	
	ELEMENTTIRAKENNUS <input checked="" type="checkbox"/>	PAIKALLA RAKENNETTU	<input type="checkbox"/>
	KERROSLUKU	7 1/2	PINTA-ALA YHT. 153 huon
	LÄMMITYSMUOTO	SÄHKÖ + LV-PUMPPU YLHÄLLÄ + VARMA TAKKA	
	ILMANVAIHTOTYYPPI	KONE	
PERUSTUSTAPA	PAALUTETTU <input checked="" type="checkbox"/>	ANTURAPERUSTUS	<input type="checkbox"/>
	PAALUT 6-12 m	BET. PALKKI 130 x 490	
	SOKKELIRAKENNE		
	SOKKELIN ULKOMITAT	13450 x 8230	

2(5)

KANTAVAT LINJAT RYÖM.TILASSA



KPL

2 (altr. o. l.)

→ RYÖMINTÄTILAN ONTELOIDEN MÄÄRÄ KPL

3 kpl

LÄMPÖERISTE SOKKELISSA



EI

huom. \_\_\_\_\_

SALAOJAT

SIJAINTI

PITKÄ SOKK. LINJA

KORKEUSASEMA RYÖMINTÄTILAN MAANPOHJAAN NÄHDEN

-0,20 m

KOKO

Ø110

KALLISTUS

?

SORASTUS \_\_\_\_\_

TOIMIVAT

Kyllä EI 

ROUTAERISTYS

ERISTYSMATERIAALI \_\_\_\_\_

ERISTYSTAPA \_\_\_\_\_

TUULETUSAUKOT

KOKO

120x300 mm

MÄÄRÄ

10 kpl

RITILÄ



HYÖNTEISVERKKO



MUOTO:

NELIÖ SUORAKAIDE PUTKI 

TUULETUSAUKOT KANTAVASSA SISÄSEINÄSSÄ

Kyllä EI 

KOKO

PALKIT ALTA  
AVI21

MÄÄRÄ

RITILÄ



HYÖNTEISVERKKO





3(5)

RYÖMINTÄTILA

MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI KORKEUS 300 MUOVIKALVO EI KONEELLINEN ILMANVAIHTO  EI JOKA KÄYTÖSSÄ KOSTEUDENKERÄÄJÄ  EI KULKUAUKKO KOKO 600\*600 SIJAINTI MHMAANPINNAN SUHDE YMPÄRÖIVÄÄN MAANPINTAAN SOKKELIA NÄKYVÄ 23.MAA WOPAA SIIS 67 cmVALUVESIEN MAHDOLLISUUS KYLLÄ  EI 

TÄYTTÖ/KAPILLAARIKATKO \_\_\_\_\_

NÄKYVÄÄ VETTÄ  MERKKEJÄ SEISONEESTA VEDESTÄ  EIRYÖMINTÄTILASSA ORGAANISTA JÄTETTÄ  EIRYÖMINTÄTILASSA MERKKEJÄ HOMEESTA  UMMEHTUNUT HAJU MERKKEJÄ TIIVISTYNEESTÄ VEDESTÄ SOKKELIN PINNASSA  MAAN HIRUA MUUFEN RAIKUTSALAPOHJAN ALAPINNASSA 

SUHTEELLINEN KOSTEUS \_\_\_\_\_

LÄMPÖTILA \_\_\_\_\_

MAASTOSUHTEET

RAKENNUKSEN KORKEUSASEMA +41,50

4(5)

HUOMIOITA YMPÄRÖIVÄSTÄ MAASTOSTA \_\_\_\_\_

KASVILLISUUS: PAIKOIN PENSAITTA KIINNI  
 JULKISIVULOUDOISSA, JA MAANPEITTO-  
 KATSEJA KIINNI KOKO MAAN SORKEUSSA

POHJATUTKIMUS

TEHTY EI TEHTY 

HUOMIOITAVAA \_\_\_\_\_

ALAPOHJAN RAKENNE

KUTEN KUVISSA

U-ARVO \_\_\_\_\_

PINTA-ALA  $8,23 \times 13,45 =$ PUTKIEN LÄPIVIENNIIT TIIVIIT MERKKEJÄ PUTKIVUODOISTA 

SÄÄOLOJEN TUTKIMUSHETKELLÄ

TAIVAS UMPIPIIVESSÄ, PIENÄ SADETTA,  
 SYKSYINEN, PIENÄ TUULTA

5(5)

MUITA HUOMIOITA

Hieinan ummehtunut haju ryömintätilassa.

Osassa ryömintätilaa hienorakeinen hiekka.

Maa joutiin verran kostea.

LOMAKKEEN TÄYTTI

VÄÄHÄ-AMM JONNI / TIMO KIISSKÄ PVM

22.9.2011

Liitteen 1 kuvat



Kuva 1 280/01 keskipalkki.



Kuva 2 280/01 Reunapalkki, maassa merkkejä kosteudesta.



Kuva 3 280/01 Alapohjassa merkkejä tiivistyneestä kosteudesta.

## Liite 2 kohdetietolomake 630/08

KOHDETIETOLOMAKE

1(5)

OSOITE	<u>Keijunkuja 24</u>		
RAKENNUSLUPANUMERO	<u>630/08</u>	RAKENTAMISVUOSI	<u>2008</u>
LOPPUKATSELMUS	PIDETTY <input checked="" type="checkbox"/>	PÄIVÄMÄÄRÄ	<u>24.6 - 2010</u>
	EI PIDETTY <input type="checkbox"/>		
	mahd. huomautukset _____		
	_____		
	_____		
TALOTOIMITTAJA	<u>Simons element</u>		
	SUUNNITTELIJA	<u>Haapanen Markku</u>	
	ELEMENTTIRAKENNUS <input checked="" type="checkbox"/>	PAIKALLA RAKENNETTU	<input type="checkbox"/>
	KERROSLUKU	<u>2</u>	PINTA-ALA <u>198</u>
	LÄMMITYSMUOTO	<u>Suora sähkö, varaava takka</u>	
	ILMANVAIHTOTYYPPI	<u>Koneellinen</u>	
PERUSTUSTAPA	PAALUTETTU <input type="checkbox"/>	ANTURAPERUSTUS	<input checked="" type="checkbox"/>
	SOKKELIRAKENNE	<u>Harkko (muraattu)</u>	
		_____	
	SOKKELIN ULKOMITAT	<u>8612x11222</u>	

2(5)

KANTAVAT LINJAT RYÖM.TILASSA  KPL 1→ RYÖMINTÄTILAN ONTELOIDEN MÄÄRÄ KPL 2LÄMPÖERISTE SOKKELISSA 

huom. \_\_\_\_\_

SALAOJAT

SIJAINTI Pitkin sokkelilinjan

KORKEUSASEMA RYÖMINTÄTILAN MAANPOHJAAN NÄHDEN \_\_\_\_\_

-0,2mKOKO Ø100 KALLISTUS \_\_\_\_\_

SORASTUS \_\_\_\_\_

TOIMIVAT KYLLÄ  EI 

ROUTAERISTYS

ERISTYSMATERIAALI EPSERISTYSTAPA Sokkelin ulkopuolinen

TUULETUSAUKOT

KOKO 200x200 MÄÄRÄ 18RITILÄ  HYÖNTEISVERKKO MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI TUULETUSAUKOT KANTAVASSA SISÄSEINÄSSÄ KYLLÄ  EI KOKO 200x200 MÄÄRÄ 7 kplRITILÄ  HYÖNTEISVERKKO

3(5)

RYÖMINTÄTILA

MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI KORKEUS 900 MUOVIKALVO KONEELLINEN ILMANVAIHTO  JOKA KÄYTÖSSÄ KOSTEUDENKERÄÄJÄ  KULKUAUKKO KOKO 640 x 800 SIJAINTI sokkeli

MAANPINNAN SUHDE YMPÄRÖIVÄÄN MAANPINTAAN \_\_\_\_\_

Sokkeli näkyvissä 300-500 mm. Noja 450 mm maanpinnan alapuolelle.VALUVESIEN MAHDOLLISUUS KYLLÄ  EI TÄYTTÖ/KAPILLAARIKATKO sepele (seulothu) (8-16)NÄKYVÄÄ VETTÄ  MERKKEJÄ SEISONEESTA VEDESTÄ RYÖMINTÄTILASSA ORGAANISTA JÄTETTÄ  eiRYÖMINTÄTILASSA MERKKEJÄ HOMEESTA  UMMEHTUNUT HAJU MERKKEJÄ TIIVISTYNEESTÄ VEDESTÄ SOKKELIN PINNASSA ALAPOHJAN ALAPINNASSA 

SUHTEELLINEN KOSTEUS \_\_\_\_\_

LÄMPÖTILA \_\_\_\_\_

MAASTOSUHTEET

RAKENNUKSEN KORKEUSASEMA \_\_\_\_\_



4(5)

HUOMIOITA YMPÄRÖIVÄSTÄ MAASTOSTA Kalliainen tonttiRakennuksen ympäriltä lastua joka suuntaan.

POHJATUTKIMUS

TEHTY EI TEHTY 

HUOMIOITAVAA

ALAPOHJAN RAKENNE

Kuten kuvissa

U-ARVO

PINTA-ALA

PUTKIEN LÄPIVIENIT TIIVIIT MERKKEJÄ PUTKIVUODOISTA 

SÄÄOLOI TUTKIMUSHETKELLÄ

5(5)

MUITA HUOMIOITA

Ryömintätilassa viemäriputket eristetty.  
" Raikas haju, kuiva.

LOMAKKEEN TÄYTTI

Timo Keskitalo

PVM

29.9.2011

Liitteen 2 kuvat



Kuva 4 630/08 Anturi sijoitettuna kantavan keskilinjan viereen.



Kuva 5 630/08 toinen anturi lähempänä ulkoseinää.

## Liite 3 kohdetietolomake 322/00

(Timo)

KOHDETIETOLOMAKE

1(5)

OSOITE

Päiväntasaus 8

RAKENNUSLUPANUMERO

322/00

RAKENTAMISVUOSI

2000/2001

LOPPUKATSELMUS

PIDETTY



PÄIVÄMÄÄRÄ

8.9 2003

EI PIDETTY



mahd. huomautukset

TALOTOIMITTAJA

Jetta talo

SUUNNITTELIJA

Kivilähde Sami

ELEMENTTIRAKENNUS



PAIKALLA RAKENNETTU



KERROSLUKU

1

PINTA-ALA

131

LÄMMITYSMUOTO

Suora sähkö / talon

ILMANVAIHTOTYYPPI

koneellinen

PERUSTUSTAPA

PAAJUTETTU



(teräs)

ANTURAPERUSTUS



SOKKELIRAKENNE

harikko, alapaneerivälitepallo

SOKKELIN ULKOMITAT

8240 x n. 15500

2(5)

KANTAVAT LINJAT RYÖM.TILASSA  KPL 1→ RYÖMINTÄTILAN ONTELOIDEN MÄÄRÄ KPL 2LÄMPÖERISTE SOKKELISSA 

huom. \_\_\_\_\_

SALAOJAT

SIJAINTI Sokkelin linjassa ulkopuolellaKORKEUSASEMA RYÖMINTÄTILAN MAANPOHJAAN NÄHDEN -350 mmSokkelia nähyy n. 450 mmKOKO 100 KALLISTUS ?

SORASTUS \_\_\_\_\_

TOIMIVAT KYLLÄ  EI 

ROUTAERISTYS

ERISTYSMATERIAALI EPSERISTYSTAPA Sokkelin ulkopuolella, kuvan  
mukaan

TUULETUSAUKOT

KOKO 150x200 MÄÄRÄ 10 (+mahd. 1 m<sup>2</sup>  
kattorassissa  
alla?)RITILÄ  HYÖNTEISVERKKO MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI 

TUULETUSAUKOT KANTAVASSA SISÄSEINÄSSÄ

KYLÄ  EI KOKO 200x200 MÄÄRÄ 3 + isompi  
kattorassa  
400x600RITILÄ  HYÖNTEISVERKKO

3(5)

RYÖMINTÄTILA

MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI KORKEUS 800 - 750 MUOVIKALVO KONEELLINEN ILMANVAIHTO  JOKA KÄYTÖSSÄ KOSTEUDENKERÄÄJÄ  KULKUAUKKO KOKO 880 x 400 SIJAINTI sokkeliMAANPINNAN SUHDE YMPÄRÖIVÄÄN MAANPINTAAN -400VALUVESIEN MAHDOLLISUUS KYLLÄ  EI TÄYTTÖ/KAPILLAARIKATKO "salaojassa"NÄKYVÄÄ VETTÄ  MERKKEJÄ SEISONEESTA VEDESTÄ RYÖMINTÄTILASSA ORGAANISTA JÄTETTÄ  lautoja säilytyksessäRYÖMINTÄTILASSA MERKKEJÄ HOMEESTA  UMMEHTUNUT HAJU MERKKEJÄ TIIVISTYNEESTÄ VEDESTÄ SOKKELIN PINNASSA ALAPOHJAN ALAPINNASSA 

SUHTEELLINEN KOSTEUS \_\_\_\_\_

LÄMPÖTILA \_\_\_\_\_

MAASTOSUHTEET

RAKENNUKSEN KORKEUSASEMA + 38.32

4(5)

HUOMIOITA YMPÄRÖIVÄSTÄ MAASTOSTA fasainen,  
 ei "kaatoa"

POHJATUTKIMUS TEHTY  EI TEHTY

HUOMIOITAVAA Ei suositella tuuletusta  
 alapohjaa

ALAPOHJAN RAKENNE

Kuvan mukainen

U-ARVO \_\_\_\_\_

PINTA-ALA \_\_\_\_\_

PUTKIEN LÄPIVIENNIIT TIIVIIT MERKKEJÄ PUTKIVUODOISTA 

SÄÄOLOT TUTKIMUSHETKELLÄ

pilvinen

5(5)

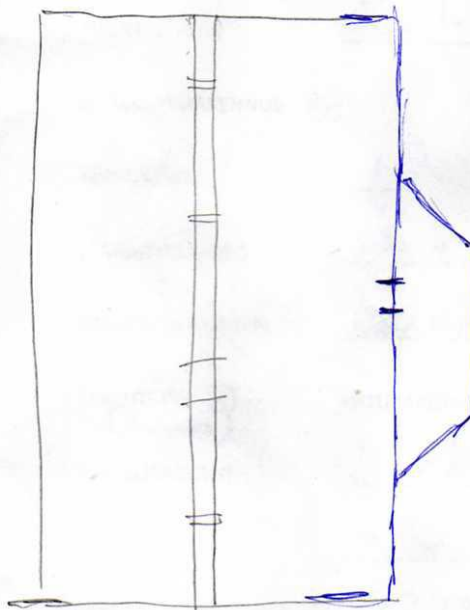
MUITA HUOMIOITA

Täyttö sora kostea.  
Sätkelin sisäpuolisen eristyksen getä  
kantavan linjan molemmiin puolin eristetyä  
alueen pinta kuiva.

(Suunnitella tuuletusputki ryömintä-  
tilaan.)

LOMAKKEEN TÄYTTI

M. L. Vähäala PVM 29.9.11



kuistin sätkelisen  
 tuuletusaukko  
 vain ryömintätila  
 päin.



Liitteen 3 kuvat



Kuva 6 322/00 täyttö kostea, paitsi reunoista.



Kuva 7 322/00 puutavaraa.

,



Kuva 8 322/00 levyt kupruilla, kosteusjälkiä.

## Liite 4 Kohdetietolomake 700/98

/ (Timu)

KOHDETIETOLOMAKE

1(5)

OSOITE	<u>Talvenselkä 22</u>	
RAKENNUSLUPANUMERO	<u>700/98</u>	RAKENTAMISVUOSI _____
LOPPUKATSELMUS	PIDETTY <input type="checkbox"/>	PÄIVÄMÄÄRÄ _____
	EI PIDETTY <input type="checkbox"/>	
	mahd. huomautukset	_____ _____ _____
TALOTOIMITTAJA	_____	
	SUUNNITTELIJA	_____
	ELEMENTTIRAKENNUS <input type="checkbox"/>	PAIKALLA RAKENNETTU <input type="checkbox"/>
	KERROSLUKU <u>1,5</u>	PINTA-ALA _____
	LÄMMITYSMUOTO	_____
	ILMANVAIHTOTYYPPI	_____
PERUSTUSTAPA	PAALUTETTU <input checked="" type="checkbox"/> <u>teräs</u>	ANTURAPERUSTUS <input type="checkbox"/>
	SOKKELIRAKENNE	<u>palkei e harkko</u>
	SOKKELIN ULKOMITAT	<u>7200 x 11850</u>

2(5)

KANTAVAT LINJAT RYÖM.TILASSA  KPL 2→ RYÖMINTÄTILAN ONTELOIDEN MÄÄRÄ KPL 1LÄMPÖERISTE SOKKELISSA 

huom. \_\_\_\_\_

SALAOJAT

SIJAINTI sokkeliin

KORKEUSASEMA RYÖMINTÄTILAN MAANPOHJAAN NÄHDEN \_\_\_\_\_

-0,15mKOKO 7 100 KALLISTUS \_\_\_\_\_

SORASTUS \_\_\_\_\_

TOIMIVAT KYLLÄ  EI 

ROUTAERISTYS

ERISTYSMATERIAALI \_\_\_\_\_

ERISTYSTAPA \_\_\_\_\_

TUULETUSAUKOT

KOKO 150 x 200 MÄÄRÄ 10 kplRITILÄ  HYÖNTEISVERKKO MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI TUULETUSAUKOT KANTAVASSA SISÄSEINÄSSÄ KYLLÄ  EI 

KOKO \_\_\_\_\_ MÄÄRÄ \_\_\_\_\_

RITILÄ  HYÖNTEISVERKKO

3(5)

RYÖMINTÄTILA

MUOTO: NELIÖ  SUORAKAIDE  PUTKI KORKEUS 900 MUOVIKALVO KONEELLINEN ILMANVAIHTO  JOKA KÄYTTÖSSÄ KOSTEUDENKERÄÄJÄ  KULKUAUKKO KOKO 600x600 SIJAINTI sokkeli

MAANPINNAN SUHDE YMPÄRÖIVÄÄN MAANPINTAAN \_\_\_\_\_

-0,3 m sokkelia näkyy 470-570VALUVESIEN MAHDOLLISUUS KYLLÄ  EI TÄYTTÖ/KAPILLAARIKATKO hiekkäNÄKYVÄÄ VETTÄ  MERKKEJÄ SEISONEESTA VEDESTÄ RYÖMINTÄTILASSA ORGAANISTA JÄTETTÄ Varasteitu puutarhaonRYÖMINTÄTILASSA MERKKEJÄ HOMEESTA  UMMEHTUNUT HAJU MERKKEJÄ TIIVISTYNEESTÄ VEDESTÄ SOKKELIN PINNASSA ALAPOHJAN ALAPINNASSA 

SUHTEELLINEN KOSTEUS \_\_\_\_\_

LÄMPÖTILA \_\_\_\_\_

MAASTOSUHTEET

RAKENNUKSEN KORKEUSASEMA \_\_\_\_\_

4(5)

HUOMIOITA YMPÄRÖIVÄSTÄ MAASTOSTA Talokapin puolelta  
maasto viettää taloon päin

POHJATUTKIMUS      TEHTY       EI TEHTY

HUOMIOITAVAA \_\_\_\_\_

ALAPOHJAN RAKENNE

U-ARVO \_\_\_\_\_      PINTA-ALA \_\_\_\_\_

PUTKIEN LÄPIVIENNET TIIVIIT       MERKKEJÄ PUTKIVUODOISTA

SÄÄOLOJEN TUTKIMUSHETKELLÄ

pilvistä

5(5)

MUITA HUOMIOITA

Takapihan puolella kalliorinne, jonka  
puolella ryömintätilan hiekka selvästi  
kosteampaa.

Hirsitalo

Alapohjan alapintaan asennettu  
~~erä~~ Finnform levy (30mm) pääosin reuna-  
osille.

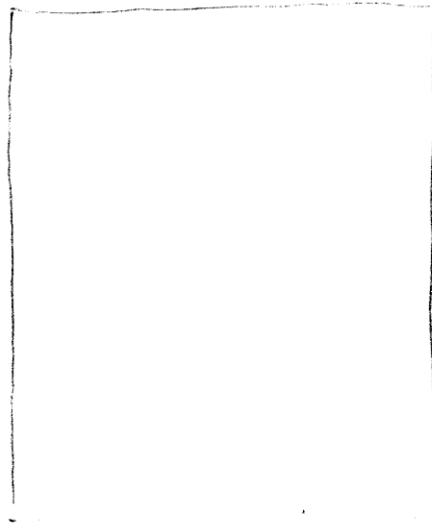
LOMAKKEEN TÄYTTI

Timo Kästli

PVM

29.9.2011

H18 takapihan puolella



Liitteen 4 kuvat



Kuva 9 700/98 puutavaraa.



Kuva 10 700/98 levyt kupruilla.





Kuva 11 700/98 lisäeristystä.