

# Pientalojen riskirakenteita ja kuntotutkimusmenetelmiä

Martta Riipinen

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2023

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma  
Rakennustuotanto

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma  
Rakennustuotanto

RIIPINEN, MARTTA:

Pientalojen riskirakenteita ja kuntotutkimusmenetelmiä

Opinnäytetyö 80 sivua

Joulukuu 2023

---

Opinnäytetyössä perehdytään kuntotutkimuksiin ja erilaisiin pientalojen riskirakenteisiin. Opinnäytetyössä käsitellään tietoa myös sisäilmasta ja mittausmenetelmistä, joita ovat esimerkiksi tarkat kosteusmittaukset, suuntaa antavat kosteusmittaukset ja sisäilmamittaukset. Työssä käsitellään riskirakenteita ja ongelmia 1920-luvulta 2000-luvulle. Lisäksi näiden vuosikymmenten aikana on esiintynyt yhteisiä ongelmia ja riskirakenteita. Opinnäytetyössä on erityisesti käsitelty valesokkelia. Opinnäytetyöhön ei kirjattu betonin jaksoittain luettavaa seuranta-mittausta, tai betonin jatkuvatoimista seurantamittausta.

Opinnäytetyössä laadittiin toimeksiantajana toimineelle insinööritoimistolle TERVATEK® INSINÖÖRITOIMISTO muun muassa tietoa asuntokaupan kuntotarkastuksista, mittauksista ja eri riskirakenteista. Tätä varten esimerkiksi haastateltiin työntekijöitä ja katsottiin raportteja. Tavoitteena oli saada tietoa liittyen esimerkiksi riskirakenteisiin ja mittauksiin, ja lopputuloksena näistä saatiinkin tietoa, joka jäi toimeksiantajan käyttöön. Opinnäytetyön lähteenä käytettiin myös internet-sivuja ja pdf-dokumentteja, kuten esimerkiksi hengitysliiton Kosteus -ja homealkoot -pdf dokumentti, Käyhkön kirjoittamaa tietoa Asuinrakennukset -internetsivustolla, ja Ympäristöministeriön Ympäristöopas 2016 Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -pdf dokumentti, jossa toim. Miia Pitkä-ranta.

Tämän opinnäytetyön kohderyhmää ovat erityisesti opiskelijat ja insinööritoimistot, jotka voivat hyötyä eri vuosikymmenten riskirakennetiedoista ja eri tutkimusmenetelmistä. Tämän lisäksi pientalojen omistajat voivat hyötyä riskirakennetiedoista. Opinnäytetyön kohteena taas ovat pientalot. Pientaloja ovat esimerkiksi rivitalot, omakotitalot ja paritalot. Pientaloihin eivät taas kuulu muun muassa korkeat kerrostalot.

Työn lopputuloksena on myös tietoa riskirakenteista eri vuosikymmeniltä ja monipuolisesti tietoa eri mittauksista, kuten kosteusmittauksista. Keskeinen tulos oli, että jokaiselta tutkitulta vuosikymmeneltä löytyy useampi ongelma ja riskirakenne. Jotkut riskirakenteet, kuten valesokkeli, esiintyvät yleisesti usean vuosikymmenen aikana.

---

Asiasanat: riskirakenne, kuntotutkimus, mittausmenetelmä, valesokkeli, sisäilma

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Production

RIIPINEN, MARTTA:  
Risk Structures of Low-Rise Residential Buildings and Research Methods

Bachelor's thesis 80 pages  
December 2023

---

The objective of this thesis was to find and collect information on condition examinations, and different risk structures. Each decade from 1920's to 2000's has its own risk structures and problems, as well as similar risk structures and problems. The thesis especially tells about the false plinth. This work was commissioned by TERVATEK® INSINÖÖRITOIMISTO, an engineering office.

With the company data was collected through interviews, for example. Data was also collected for the thesis through different websites and pdf-documents.

The target groups of this thesis are students and engineering companies, who could benefit from information on different risk structures of different decades and measurement methods. In addition, the owners of low-rise residential buildings could benefit from information about risk structures. The scope of this thesis are low-rise residential buildings. These are, for example, row houses, town houses and semi-detached houses.

The findings and conclusions were that there are multiple different risk structures and problems in different decades, and a variety of measurement methods. Some risk structures are common in multiple different decades. Some information is confidential and only for the company.

---

Key words: risk structure, condition examination, measurement method, false plinth, indoor air

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TUTKIMUSMENETELMIÄ .....	9
2.1.	Tavoitteena kosteusvaurion laajuuden selvittäminen, äkillinen kosteusrasitus .....	9
2.1.1	Lähtötiedot.....	9
2.1.2	Alustava riskiarvio.....	9
2.1.3	Mahdolliset tutkimusmenetelmät .....	9
2.2.	Tavoitteena kosteus- ja homevaurion syiden ja laajuuden selvittäminen .....	10
2.2.1	Lähtötiedot.....	10
2.2.2	Mahdolliset tutkimusmenetelmät .....	10
2.3.	Tutkimussuunnitelman sisältöä ja käytettäviä mittausmenetelmiä 10	
2.3.1	Tavoite.....	11
2.3.2	Lähtötiedot.....	11
2.3.3	Alustava riskiarvio.....	11
2.3.4	Mahdolliset tutkimusmenetelmät .....	11
2.4.	Tutkimusmenetelmien valinta.....	12
2.4.1	Miten tutkimusmenetelmiä valitaan.....	12
2.4.2	Tutkimus – ja mittausmenetelmien valinta.....	13
2.4.3	Tarkoitukseen soveltuvat mittaus – ja tutkimusmenetelmät 14	
2.4.4	Aistinvarainen tarkastelu ja pintakosteuskartoitus .....	15
2.4.5	Rakennuksen tarkastelut ulkopuolelta .....	16
2.5.	Rakenneavaukset ja materiaalinäytteet .....	16
2.5.1	Käytössä olevia menetelmiä .....	17
2.5.2	Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan? .....	17
2.6.	Rakennekosteusmittaukset .....	18
2.7.	Rakenneavaukset .....	18
2.8.	Materiaalinäytteiden mikrobianalyysi.....	22
2.9.	Pintakosteuskartoitus .....	22
2.10.	Kosteusmittaukset .....	23
2.11.	Tarkkoja rakenteen suhteellisen kosteuden mittauksia.....	24
2.11.1	Näytepalamittausmenetelmä.....	24
2.11.2	Porareikämittausmenetelmä .....	27
2.11.3	Viiltomittausmenetelmä .....	30
2.11.4	Materiaalin kosteuspitoisuuden määrittäminen painoprosentteina kuivauspunnitusmenetelmällä .....	31
2.12.	Suuntaa antavia rakenteen suhteellisen kosteuden mittauksia .	32

2.12.1	Hetkellinen kosteusmittaus rakenteessa .....	32
2.12.2	Suuntaa antavat materiaalin kosteuspitoisuuden mittaukset	
	33	
3	SISÄILMA .....	34
3.1.	Sisäilmatutkimuksella havaittu poikkeava tilanne, yleinen epäily, haju tai tilan käyttäjien oireilua .....	34
3.2.	Sisäilmaolosuhteiden ja sisäilman epäpuhtauksien mittaukset ....	35
3.3.	Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan?.....	35
3.4.	Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastus .....	38
3.5.	Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan ilmanvaihtojärjestelmän tarkastus .....	39
3.6.	Mittausten ajankohta ja kesto.....	40
3.7.	Sisäilman epäpuhtaudet.....	41
3.8.	Tiiveyden ja epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkiminen.....	42
3.8.1	Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan? .....	42
4	RISKIRAKENTEISTA.....	45
4.1.	Yleistä riskirakenteista .....	45
4.2.	Valesokkeli.....	47
5	ERI VUOSIKYMMENTEN RISKIRAKENTEITA JA ONGELMIA .....	50
5.1.	1920-luku .....	50
5.2.	1930-luku .....	50
5.3.	1940-luku .....	52
5.4.	1950-luku .....	53
5.5.	1960-luku .....	55
5.6.	1970-luku .....	59
5.7.	1980-luku .....	61
5.8.	1990-luku .....	64
5.9.	2000-luku .....	65
5.10.	Yhteistä kaikille vuosikymmenille.....	66
6	MUITA RISKIRAKENTEITA JA ONGELMIA.....	67
7	POHDINTA .....	73
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>75</b>

**ERITYISSANASTO**

VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Hengitysliitto n.d.c)
PCB	Polyklooratut bifenyylit, ympäristömyrkkjä, jotka ovat ihmisille vaarallisia (Asbesti.info 2017; Hengitysliitto n.d.b)
PAH	Polysykliset aromaattiset hiilivedyt, haitallisia terveydelle (Hengitysliitto n.d.a)
Fiberoskooppi	Tähystin, joka on varustettu kuituoptiikalla (terve.fi n.d.)
Endoskooppi	Tarkastuskamera (Biltema n.d.; Clas Ohlson n.d.)

## 1 JOHDANTO

Suomessa on eri riskirakenteita sekä ongelmia rakenteiden hallinnassa. Riskirakenteet on yleensä tehty aikansa ohjeiden mukaisesti, mutta ne on jälkepäin huomattu riskialttiiksi. Erilaisia riskirakenteita ja ongelmia on sen verran, että niistä on syytä olla tietoinen. Tässä työssä riskirakennetiedot on rajattu pientaloihin.

Tässä opinnäytetyössä ensimmäinen osuus liittyy eri tutkimusmenetelmiin. Näitä ovat esimerkiksi eri kosteusmittaukset, aistinvaraiset tutkimukset, pintakosteuskartoitus, rakenneavaukset, materiaalinäytteet, ja rakennekosteusmittaukset.

Kosteusmittausmenetelmät voidaan jakaa sekä tarkkoihin, että suuntaa antaviin mittauksiin. Tarkkoja kosteusmittausmenetelmiä ovat porareikä -, näytepala - ja viiltomittausmenetelmä ja materiaalin kosteuspitoisuuden määrittäminen kuivaus-punitusmenetelmällä.

Seuraavaksi työssä käsitellään sisäilmaan liittyviä tutkimusmenetelmiä. Tässä on esimerkiksi kirjoitettu sisäilmaolosuhteiden ja sisäilman epäpuhtauksien mittauksista, ilmanvaihtojärjestelmän tarkastuksesta ja sisäilman epäpuhtauksista. Lisäksi on tiiveyden ja epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkiminen.

Seuraavassa osuudessa on yleistä riskirakenteista, ja erityisesti kerrottu valesokkelista. Tämän jälkeen on riskirakenteita ja ongelmia 1920-luvulta 2000-luvulle jokaisen vuosikymmenen kohdalla. Lisäksi eri vuosikymmenille on yhteisiä ongelmia. Aivan työn lopussa on muita riskirakenteita ja ongelmia sekä jonkin verran lisää kuvia riskirakenteista.

Riskirakenneariheen tiedoista voisi olla hyötyä tekijälle jälkepäin. Tiedoista voisi tietenkin olla myös hyötyä eri opiskelijoille ja yhtiöille. Tavoitteena oli saada sopivasti tietoa eri riskirakenteista, mutta mukaan otettiin myös tiedot erilaisista tutkimusmenetelmistä.

Riskirakenteista on opinnäytetyössä jonkin verran kuvia. Mittausvaihteista ei ole kuvia, mutta niitä on jossain alkuperäisissä lähteissä. Eräs hyvä riskirakenteiden lähde kuvien kanssa on Hengitysliiton Kosteus- ja hometalkoot -pdf-dokumentti, jonka nimi on "Tunnista ja tutki riskirakenne." Opinnäytetyö alkoi tiedon etsimisellä erityisesti riskirakenteista, mutta myös mittausmenetelmistä haettiin tietoa melko alussa. Tietoa löytyi monipuolisesti eri internet-lähteistä sekä pdf-dokumenteista. Lähteitä tässä työssä olivat esimerkiksi hengitysliiton Kosteus- ja hometalkoot -pdf dokumentti, Käyhkön kirjoittamaa tietoa Asuinrakennukset -internetsivustolla, ja Ympäristöministeriön Ympäristöopas 2016 Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus -pdf dokumentti, jossa toim. Miia Pitkäranta.



## **2 TUTKIMUSMENETELMIÄ**

### **2.1. Tavoitteena kosteusvaurion laajuuden selvittäminen, äkillinen kosteusrasitus**

#### **2.1.1 Lähtötiedot**

Lähtötietoina on jossain tapahtunut kosteus- tai vesivahinko sekä sen ilmeneminen. Tämän lisäksi on vahingon tapahtumisajankohta ja pitkäaikaisuus. Lisäksi lähtötiedoissa on tarvittavat piirustukset ja muut asiakirjat. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 26.)

#### **2.1.2 Alustava riskiarvio**

Alussa selvitetään rakenteet kastuneella tai mahdollisesti kastuneella alueella, ja arvioidaan suunnitelmista sekä paikan päällä veden mahdolliset kulkureitit rakenteiden sisällä. Lisäksi arvioidaan kastuneiden ja mahdollisesti kastuneiden rakenteiden homehtumisriskit sekä muut kosteusvaurioriskit. (Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, toim. Pitkäranta, 26.)

#### **2.1.3 Mahdolliset tutkimusmenetelmät**

Mahdollisia tutkimusmenetelmiä ovat rakenteita rikkomattomat aistinvaraiset havainnot, ja kosteus- ja lämpötilamittaukset rakenteiden pinnoilta ja rakenteiden sisältä. Näiden lisäksi ovat rakenteiden avaukset ja tarvittaessa mikrobianalyysit materiaalinäytteistä. (Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, toim. Pitkäranta, 26.)

## **2.2. Tavoitteena kosteus- ja homevaurion syiden ja laajuuden selvittäminen**

### **2.2.1 Lähtötiedot**

Lähtötietoihin kuuluvat käyttö- ja huolto-ohje ja muut kiinteistönpidon aikana tuotetut tiedot, tarvittavat suunnitelmat sekä muut rakentamiseen liittyvät asiakirjat. Lisäksi ovat käyttäjien, asukkaiden sekä huoltohenkilökunnan tiedot rakennuksen kosteusvaurioihin ja homevaurioihin viittaavista ongelmista. (toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 27.)

### **2.2.2 Mahdolliset tutkimusmenetelmät**

Tutkimusmenetelmiin kuuluvat aistinvaraiset havainnot rakenteita rikkomatta, asukas- ja käyttäjäkyselyt, ja rakenteiden avaus tarvittavilta osin. Kosteus- ja lämpötilamittauksia tehdään esimerkiksi ulkoilmasta, sisäilmasta, rakenteiden pinnoilta, rakenteiden sisältä, ryömintätilasta ja yläpohjan tuuletustilasta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 27.)

Voidaan myös todeta rakennuksen vaipan ilmanvuotokohtat, tehdä paine-eromittaukset tutkittavan rakenteen yli, tutkia ilmanvaihtuvuutta, ottaa näytteitä ja tehdä mikrobiologiset määritykset laboratoriossa. Kosteusvaurion ja homevaurion laajuus ja syy ja rakenteiden kuivatarve selvitetään siinä yhteydessä, kun tutkimus- ja mittaustuloksia analysoidaan. Rakenteiden vaihtoehtoiset kuivatus-, purku - ja korjaustavat esitetään tulosten perusteella. Tutkimusselostuksessa esitetään kaikki vaurion syyn ja laajuuden selvittämisen kannalta oleelliset tutkimustulokset. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 27.)

## **2.3. Tutkimussuunnitelman sisältöä ja käytettäviä mittausten menetelmiä**

### **2.3.1 Tavoite**

Tavoitteena on mahdollisen kosteusvaurion ja mikrobivaurion tai -vaurioiden paikallistaminen ja laajuuden, syiden ja sisäilmavaikutusten selvittäminen, ja kemikaalipäästöjä aiheuttavien materiaalien selvitys. Lisäksi on poikkeavien kuitujen ja pölyjen esiintymisen sekä lähteiden selvittäminen, ja puhtauden ja toimivuuden selvittäminen ilmanvaihdossa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 28.)

### **2.3.2 Lähtötiedot**

Terveysviranomaisten tai muun sisäilman epäpuhtauslähteitä selvittäviä tutkimuksia tehneen toimijan raportit, mittaustulokset ja toimenpide-ehdotukset voivat toimia lähtötietoina. Tämän lisäksi tarvittavat suunnitelmat sekä muut rakennusasiakirjat ja asukkaiden, käyttäjien ja huoltohenkilökunnan tiedot rakennuksen kosteus- ja homevaurioihin viittaavista ongelmista ja havainnoista voivat olla lähtötietoja. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 28.)

### **2.3.3 Alustava riskiarvio**

Todennäköisimmät ongelmalähteet arvioidaan kohdekäynnin, suunnitelmien ja asukas- ja käyttäjäkyselyiden perusteella, jotta tutkimukset voidaan myös kohdistaa oikeisiin asioihin. Riskirakenteiden tunnistaminen on erittäin oleellista, kun ei ole näkyviä vaurioita. Kun on tarve, voidaan käyttää laskennallista analyysiä kriittisten rakenneratkaisujen löytämiseksi tai voidaan määrittää laskennallisen analyysin tarve tulosten tulkinnan tueksi. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 28.)

### **2.3.4 Mahdolliset tutkimusmenetelmät**

Mahdollisiin tutkimusmenetelmiin kuuluvat asukas- ja käyttäjäkyselyt, aistinvaraiset havainnot rakenteita rikkomatta ja rakennuksen ulkovaipan vesitiiveyspuutteiden tunnistaminen, mikä on tärkeää sisäpuolisten rakenneavausten kohdistamiseksi. Rakenteita avataan tarvittavin osin, huomioiden esimerkiksi riskikohdat. Päärakennetyypit tarkastetaan siten, että saadaan yleiskuva kunkin rakenneosan toteutuksesta ja kunnosta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 28.)

Mahdollisiin tutkimusmenetelmiin kuuluu lisäksi myös kosteus- ja lämpötilamittaukset, jotka tehdään sisäilmasta, ulkoilmasta, rakenteiden pinnoilta ja sisältä, ja ryömintätilasta ja yläpohjan tuuletustilasta. Rakennuksen ulkovaipan sisäkuoren ilmapuotokohdat todetaan, voidaan tehdä paine-eromittaukset mahdollisesti epäpuhtauksia sisältävän rakenteen yli, määrittää ilmanvaihtuvuus ja tutkia ilmanvaihtojärjestelmän puhtaus sekä toimivuus. Lisäksi voidaan tehdä sisäilman ja materiaalien haitta-ainetutkimuksia, sisäilman epäpuhtausmittauksia, pintojen ja materiaalien emissiotutkimuksia, ja materiaalinäytteiden mikrobitutkimuksia. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 28.)

Tulosten perusteella esitetään tarvittavat toimenpiteet ja rakenteiden vaihtoehtoiset purkutavat, kuivatustavat ja korjaustavat. Tutkimusselostuksessa esitetään vaurion syyn ja laajuuden selvittämisen kannalta oleelliset tulokset. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 28.)

## **2.4. Tutkimusmenetelmien valinta**

### **2.4.1 Miten tutkimusmenetelmiä valitaan**

Tutkimusmenetelmät valitaan alustavan riskiarvion ja lähtötilanteen perusteella. Tietojen perusteella voidaan valita tarkemmin tutkittavat rakenteet ja tutkimuskohdat, tutkimuksen ajankohdat, tutkimusmenetelmät, ja muun muassa

mittausjaksojen pituudet. Tutkimusmenetelmästä riippuen tehdään myös tapauskohtaisesti tarpeellisia vertailututkimuksia oletetuilta vaurioitumattomilta alueilta. Ensin tehdään ainetta rikkomattomat tarkastelut, ja sitten tarpeen mukaan löydökset varmennetaan esimerkiksi rakenneavauksin tai rakennekosteusmittauksin. Menetelmien valintaan vaikuttavat rakennuksen rakenteiden ja käytön asettamat rajoitukset, joihin voidaan vaikuttaa osittain mittausajankohdan valinnalla suhteessa siihen, kun korjaukset alkavat. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 29.)

Mittausjärjestelyn ei tule muuttaa rakenteiden rakennusfysikaalista käyttäytymistä. Kuntotutkijan tulisi tuntea menetelmät eri riskitekijöiden selvittämiseksi sekä mittaamiseksi. Yksittäinen kuntotutkimuksia tarjoava yritys ei välttämättä kuitenkaan itse pysty tarjoamaan kaikkia mittauksia ja tutkimuksia, jotka ovat tutkimussuunnitelmassa, ja tällöin ne voidaan tilata muilta palveluntarjoajilta. Tutkimussuunnitelman mukaisessa tarjouksessa on myös sitten sanottava, mitä kokonaisvaltaisen tutkimukseen osakokonaisuuksista tilataan ulkopuolisena palveluna. Ulkopuolisia palveluita voivat olla esimerkiksi ilmanvaihdon toiminnan tarkastus, rakennekosteusmittaukset, merkkiainekokeet tai lämpökamerakuvaukset. Kuntotutkijan tulisi teettää ja tehdä vain sen kaltaisia mittauksia, joiden tuloksia hän joko pystyy analysoimaan tai tulkitsemaan osana tutkimuskokonaisuutta, mikäli tutkimus on teetetty kolmannella osapuolella. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 29-30.)

#### **2.4.2 Tutkimus – ja mittausmenetelmien valinta**

Mittausten laajuus on monesti rajoitettu kustannussyistä, ja tuloksessa tulee tiedostaa liian pienen mittaus- tai näytemäärän aiheuttama epävarmuus. Mittauskaluston, jota käytetään, on oltava kunnossa ja kalibroitu.

Tutkimussuunnitelmassa esitetään tarkoitukseen soveltuvat tutkimusmenetelmät ja mittausmenetelmät rakenneteknisille ja kosteusteknisille tutkimuksille, ilmanvaihtojärjestelmän tutkimuksille, epäpuhtauslähteitä selvittäville tutkimuksille ja sisäilman laadun mittauksille. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 30.)

### **2.4.3 Tarkoitukseen soveltuvat mittaus – ja tutkimusmenetelmät**

Tyypillisiä rakenneteknisiä ja kosteusteknisiä tutkimuksia on muun muassa seuraavasti:

- Kaikkien tutkittavien tilojen aistinvarainen tarkastelu ja pintakosteuskartoitus, myös käyttötilojen ulkopuolisissa tiloissa.
- Rakennuksen tarkastus ulkopuolelta.
- Rakenteiden toteutuksen ja kunnan tarkastaminen rakenneavauksista, sisältäen lisäksi tarvittavat rakennusmateriaalinäytteiden analyysit.
- Mittaukset, jotka tehdään rakenteiden sisältä.
- Lämpö- ja ilmavuotojen mittaukset.
- Mittaukset, jotka tehdään tuuletetuista rakennusosista.
- Mittaukset maaperän ominaisuuksista.
- Sadevesijärjestelmän sekä salaojaverkoston toiminnan varmistaminen.
- Muita erityiskohtia.

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 30.)

#### 2.4.4 Aistinvarainen tarkastelu ja pintakosteuskartoitus

Kuntotutkimuksessa tehdään aina tilojen aistinvarainen tarkastelu, jossa apuvälineenä käytetään pintamittauksia ja tarpeen mukaan myös merkkisavua ja paine-eromittaria. Tarkastelussa otetaan huomioon muun muassa seuraavat asiat, eli

- ”pintamateriaalit, niiden kunto ja ikä
- näkyvät kosteus- ja mikrobikasvustot, homevauriot, mahdolliset lahovauriot
- homeen haju ja muut hajut
- riskialttiit rakenneratkaisut
- ilmavuodot
- ilmanvaihtuvuus
- ilmanvaihtoventtiilien sijainti ja toiminta
- hormien, kuilujen, putkikanaalien, ontelotilojen jne. olemassaolo ja sijainti
- suunnitelmien muutokset
- väärät käyttötottumukset
- huollon ja kunnossapidon puutteet
- rakennusmateriaalien tai säilytettävän tavaran emissiot
- pintalämpötilat. ”

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 30-31.)

Pintakosteuskartoitus pitäisi suorittaa aina vähintään ulkovaipan riskialueille. Tähän kuuluvat muun muassa ulkoseinien alaosat, maanvaraiset alapohjat, perustuksiin ulottuvien väliseinien alaosat ja välipohjista ulkoseinien vierustat soveltuvin osin. Lisäksi kartoitusta tehdään vesipisteiden läheisyyteen. Myös käyttötilojen ulkopuoliset osat rakennuksen sisällä, kuten ryömintätilat, yläpohjat, portaiden alustatilat sekä putkikanaalit ja -käytävät tulisi tarkistaa, kun tehdään laajempaa kuntotutkimusta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 31.)

### **2.4.5 Rakennuksen tarkastelut ulkopuolelta**

Aistinvaraista tarkastelua on erittäin tärkeää tehdä myös rakennuksen ulkopuolella. Julkisivujen ja vesikaton vesitiiveyspuutteet sekä puutteet sade- ja pintaveisien ohjauksessa ovat tyypillisiä ongelmien aiheuttajia ja tällaiset tulisi tunnistaa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 31.)

Salaojaverkoston mahdollisilla tarkistusmittauksilla ja toimintaa tutkimalla voidaan arvioida kosteusrasitusta, joka kohdistuu maasta perustusrakenteisiin. Alkuperäisten suunnitelmien oikeellisuuden ja verkoston kunnan perusteella voidaan arvioida salaojaverkoston toimivuutta. Mikäli alustavassa riskiarviossa tai kohteessa tehtävien havaintojen yhteydessä havaitaan merkittäviä puutteita, jotka voivat liittyä toimimattomaan salaoja- ja sadevesijärjestelmään, tulisi järjestelmän kunto tarkastaa perusteellisesti esimerkiksi kuvaamalla verkostoja. Salaojajärjestelmän ja sadevesijärjestelmän olemassaoloa ja kuntoa on suositeltava tarkastaa ainakin vähintään periaatetasolla. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 31.)

## **2.5. Rakenneavaukset ja materiaalinäytteet**



### 2.5.1 Käytössä olevia menetelmiä

Rakenneavauksissa ja materiaalinäytteissä on käytössä muun muassa sellaisia menetelmiä, kuin

- rakenteen sahaus, poraus ja piikkaus; levytysten, pellitysten ynnä muun irrotus
- aistinvarainen tarkastelu rakenteen sisäosista, materiaalien tunnistus sekä rakennetyyppien ja detaljien dokumentointi
- materiaalinäytteiden otto avatuista rakenteista tarpeen mukaan

- mikrobianalyysi ja haitta-aineanalyysit: asbesti, PCB, PAH, öljyhiilivedyt, kloorifenolit ja raskasmetallit

- VOC-yhdisteiden emissioiden määrittäminen materiaalista ja muiden yhdisteiden emissioiden määrittäminen materiaalinäytteistä, kuten ammoniakkin ja formaldehydin määrittäminen.

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniikka-kuntotutkimus, 31.)

### 2.5.2 Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan?

Näitä toteutetaan Ympäristöoppaan (2016, 31) mukaan seuraavien syiden vuoksi:

- Kun havaitaan sisäpuolisessa tarkastuksessa sellaisia poikkeamia, jotka viittaavat sisäisiin vaurioihin rakenteessa.
- Mikäli on epäily rakenteen virheellisestä toteutuksesta, riskirakenteista tai vesivuoto, joka on tiedossa.

- Varsinkin vanhemmissa rakennuksissa jokaisen päärakennetyypin suunnitelmienmukaisuus on suositeltavaa tarkastaa ainakin läpiporaamalla ja endoskoopilla tarkastaen.
- Materiaalin vaurioituneisuus voidaan monesti todeta aistinvaraisesti, mutta kun on epäselvä tapaus, laboratorioanalyysit ovat usein tarpeen.

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 31.),

## **2.6. Rakennekosteusmittaukset**

Käytössä olevien mittausmenetelmien nimityksiä ovat

- ”porareikämittaus
- näytepalamittaus
- viiltomittaus
- materiaalin kuivatus–punnitusmenetelmä
- lyhytkestoinen kosteusmittaus rakenteen sisältä, yleensä eristetilasta
- materiaalin kosteuspitoisuuden mittaus ns. piikkimittarilla.”

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 31.)

## **2.7. Rakenneavaukset**

Rakenneavausten tarkoituksena on arvioida aistinvaraisesti materiaalien kuntoa, tarkastaa rakenteen rakennetyyppi sekä tehdä tarvittavia mittauksia ja

näytteenottoja rakenteiden sisäpuolelta. Avatusta rakenteesta voidaan nähdä, onko rakenteet toteutettu olemassa olevien suunnitelmien mukaisesti ja voidaan selvittää sellaisten rakenteiden toteutustapa, joista ei ole lähtötietoja. Avauskohdat, avauskoot ja riittävän määrän avauksia määrittää tutkija kohteessa tekemiensä havaintojen perusteella, ja rakenneavauksia tehdään oletettuihin vauriopaikkoihin ja riskipaikkoihin vesikatoilla, julkisivulla tai sisätiloissa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 45.)

Avatusta rakenteesta voidaan mitata rakenteiden kosteuspitoisuus, esimerkiksi piikkimittarilla puurakenteista. Tehdyt havainnot dokumentoidaan valokuvilla ja kirjallisesti. Rakennetyyppi rakennepaksuuksien kanssa on myös hyvä dokumentoida tämän lisäksi piirtämällä. Tarvittaessa rakenteista otetaan materiaalinäytteitä muun muassa haitta-aineiden selvittämiseksi tai mikrobianalyysiä varten. Pitää välttää näytteen kontaminoitumista, kuumentumista ja jäätymistä. Ulkoseinä-rakenteen lämmöneristeestä voidaan ottaa sisäkautta näyte niin, että avataan rakenne höyrysulun sisäpintaan asti rikkomatta höyrysulkua, minkä jälkeen näytteenotto tehdään desinfioiduin näytteenottovälinein höyrysulun takaosasta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 46.)

Suunnitelluista rakenneavauksista, niiden sijainnista ja laajuudesta tulee tiedottaa tilaajaa sekä tilojen käyttäjiä, ja rakenteita rikkoville tutkimuksille tulisi aina olla rakennuksen omistajan lupa. Rakenneavausten edellyttämistä mahdollisista suojaustoimista ja avausten paikkaamisesta tulisi sopia tilaajan kanssa, ja jos rakennus on käytössä, avauskohdat tulisi lisäksi mahdollisuuksien mukaan valita niin, että ne eivät haittaa rakennuksen käyttöä. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 46.)

Maanvastaisiin seinä- ja alapohjarakenteisiin tehtävissä rakenneavauksissa on vältettävä mahdollisen vedeneristeen rikkomista, jos se vain on mahdollista. Kun suunnitellaan maanvastaisten rakenteiden tutkimuksia, on huomioitava erityisesti vedenpaine-eristetyt rakenteet, joissa harkitsemattomilla rakenneavauksilla voidaan tuottaa hyvin huomattavia äkillisiä tulvavahinkoja. Pesutiloissa, jotka ovat käytössä, ei myös ole suositeltavaa tehdä vedeneristyksen rikkovia rakenneavauksia, elleivät ne ole erittäin tärkeitä tutkimuksen kannalta. Mikäli mahdollista, rakenteet pyritään avaamaan kuivan tilan puolelta, ja avauksia edeltäen selvitetään sähkö- ja vesiputkien sijainti. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 46.)

Rakenteisiin tehdyt avaukset tulisi peittää välittömästi tarkastelun jälkeen vähintään rakennusmuovilla teippausta käyttäen ja rakenneavauksen varsinainen korjaus tulisi tehdä nopeasti. Rakenneavauksen tulisi myös olla tarpeeksi suuri, jotta siitä voidaan tehdä luotettavia havaintoja. Rakennusavausten yhteydessä sisätiloissa käytetään aina vähintään hepa-suodattimella varustettua kohdepoistoa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 46.)

Ennen rakenteen sahausta tai porausta tulisi harkita, voiko materiaali sisältää asbestia tai muita haitta-aineita, jolloin näytteenottajan altistumisen sekä tilan kontaminoitumisen estämiseksi tulee varautua tavallista tehokkaammilla suojaustoimilla. On suositeltavaa käyttää alipaineistusta ja osastointia silloin, kun avattavissa rakenteissa epäillään olevan kosteus- tai mikrobivaurioita, haitta-aineita kuten asbestia ja PAH-yhdisteitä, tai mikäli tutkittavat tilat ovat käytössä, kun rakenteita avataan. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 46.)

Betonisen alapohjarakenteen rakenneavaukseksi riittäisi tavanomaisesti  $\varnothing 16...32$  mm porareikä, josta rakennetta voidaan tarkastella fiberoskooppia tai

endoskooppia apuna käyttäen. Rakenteeseen poratut reiät käyvät myös kivirakenteisten ulkoseinärakenteiden sekä välipohjarakenteiden tarkasteluun. Toisaalta, kevytrakenteisten rakenteiden avaukseksi taas suositellaan tehtäväksi riittävän iso, noin 300 x 300 mm tarkasteluaukko. Joissakin tapauksessa jopa  $\varnothing 100$  mm rasiaporanterällä tehty aukko riittää. Höyrysululla varustettuja rakenteita avattaessa on myös huomioitava, kuinka höyrysulku voidaan paikata tarkastelun jälkeen. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 47.)

Rakenneavauksia ovat lisäksi erilaisten jalkalistojen ja peitelistojen irrotukset, joiden kautta saadaan tietoa muun muassa rakenneliittymien toteutuksesta sekä tiiveydestä. Julkisivulla ja vesikatolla tehtävät rakenneavaukset paikataan heti kun tarkastelu on tehty, ja bitumikermien paikkaajalla on myös oltava tarvittavat tulityöluvat. Vesikatolla tehtävät rakenteiden avaukset on joskus myös suositeltavaa tehdä sääsuojan alla. Julkisivuilla taas tehdään tyypillisesti muun muassa levytysten ja pellitysten aukaisuja ja julkisivuverhouksen laudoitusten ja tiilien irrotuksia. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 47.)

Rakenneavauksien kanssa oikean paikan valitseminen on erittäin tärkeää, jotta vaurioituneet rakenteet löydetään. Aina avattavien kohtien valitseminen ei kuitenkaan ole yksiselitteistä, esimerkiksi siksi, että kosteus voi siirtyä rakenteissa. Vaurioiden paikallistaminen voi olla haastavaa esimerkiksi kerroksellisten rakenteiden vanhojen, jo kuivuneiden vaurioiden kohdalla. Vanhat vauriot on usein voitu korjata pinnallisesti, mikä usein vaikeuttaa merkittävästi paikantamista. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 47.)

## 2.8. Materiaalinäytteiden mikrobianalyysi

Mikrobikasvua ja vaurioituneisuutta materiaaleissa voidaan arvioida aistinvaraisesti sekä tarvittaessa materiaaleista otettujen näytteiden mikrobianalyysillä. Mahdollisesti vaurioituneiden materiaalien toistuvaa ja pitkäaikaista haistamista tulisi kuitenkin välttää, vaikkakin mikrobikasvustolle tunnusomainen homeen- tai maakellarinhaju on viite kasvusta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 48.)

## 2.9. Pintakosteuskartoitus

Pintakosteuskartoitukset ovat sellaisia vertailututkimuksia, jotka eivät riko rakennetta, ja joissa samasta rakenteesta eri kohdista havaittuja arvoja vertaillaan keskenään. Epäilyt poikkeavasta kosteudesta tarkistetaan jälkeinpäin rakennekosteusmittauksin. Pintakosteuskartoitus on ainoastaan suuntaa-antava menetelmä. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 53.)

Tutkimusselostuksessa ilmoitetaan se pintakosteusilmaisimien, jota on käytetty, ja se tarkasteluasteikko, jota on käytetty. Pintakosteusilmaisimien ei mittaa materiaalin absoluuttista tai suhteellista kosteutta vaan sen toiminta perustuu pikemminkin materiaalien sähkönjohtavuuteen. Tähän vaikuttavat kosteuden lisäksi useat tekijät, kuten rakenteiden sisässä olevat teräkset, vesijohtoputket, lämmityskaapelit ja mitattavan materiaalin koostumus sekä rakenteiden pintaosien vaihtelut. Mitä paremmin materiaali johtaa sähköä, sitä suurempia lukemia laite tulee näyttämään. Suolakertymät nostavat lukemaa, ja alustasta irti oleva materiaali, kuten laminaatti ja alusmatto tai pinnoitteen irtoaminen alustasta taas madaltavat

lukemaa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 53.)

Pintakosteudenilmaisimien ilmaisee sähkönjohtavuuden koko mittaamaltaan syvyydeltä, ja sen tulosten perusteella ei voi erotella kosteuspitoisuutta rakenteen eri syvyyksillä. Edellä olevista syistä pintakosteudenilmaisimien lukemille ei etukäteen voida määrittää yleisiä raja-arvoja vaan lukemat ovat suuntaa-antavia. Vaikka pintakosteudenosoitinta on helppo käyttää, sen käyttö vaatii kuitenkin kokemusta virhetulkintojen välttämiseksi. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, toim. 53.)

## **2.10. Kosteusmittaukset**

Kosteusmittausten avulla voidaan selvittää rakenteiden kosteus- ja lämpötekniistä toimintaa. Rakennekosteusmittauksilla voidaan saada selville rakenteen kosteuspitoisuus ja -jakauma ja kosteuden siirtymisen suunta, sekä voidaan selvittää pintarakenteisiin kohdistuva todellinen kosteusrasitus. Hänen, joka analysoi kosteusmittausten tuloksia, pitää tuntea eri rakenneosien rakennusfysikaalisen toiminnan periaatteet ja tavanomaiset kosteustasot. Kosteusmittausmenetelmät perustuvat kosteuden muutoksen aiheuttamiin pituuden, tilavuuden tai materiaalien sähköisten ominaisuuksien muutoksiin kosteusmitta-anturin materiaalissa. Kosteusantureista kapasitiivisia on valtaosa, ja mittaus edellyttää kosteuserkän materiaalin tasaantumista vallitseviin olosuhteisiin. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 53.)

Kosteusmittausmenetelmät voidaan jakaa sekä tarkkoihin, että suuntaa antaviin mittauksiin. Tarkkoja kosteusmittausmenetelmiä ovat porareikä -, näytepala - ja viiltomittausmenetelmä ja materiaalin kosteuspitoisuuden määrittäminen kuivaus-punitusmenetelmällä. Suuntaa antavia kosteusmittausmenetelmiä voidaan myös käyttää kuntotutkimuksissa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 53.)

## **2.11. Tarkkoja rakenteen suhteellisen kosteuden mittauksia**

### **2.11.1 Näytepalamittausmenetelmä**

Näytepalakosteusmittausmenetelmä on kaikista nopein ja tarkin käytössä oleva rakenteen suhteellisen kosteuspitoisuuden mittausmenetelmä. Tätä menetelmää voidaan käyttää tutkittavan rakenteen lämpötilan ollessa jopa - 20 – + 80 °C. Näytepalakosteusmittausmenetelmässä irrotetaan piikkaamalla tutkittavasta rakenteesta betonimurusia valituilta mittaussyvyyksiltä. Piikkauksessa pitää olla varovainen vesiputkien ja sähköjohtojen kanssa. Näytepalat suljetaan heti lasiseen, puhtaaseen koeputkeeseen. Koeputkeen asennetaan heti suhteellisen kosteuden mittapää ja mittapään johdon ja koeputken suuaukon väli tiivistetään tarkasti vesihöyrytiivillä elastisella massalla. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 54.)

Paras mittaustarkkuus saavutetaan, kun jokaiselta mittaussyvyydeltä otetaan vähintään kaksi rinnakkaisnäytettä. Koeputket siirretään vakioämpötilaan, joka on yleensä + 20 °C, ja niiden tasaantumisaika on yleensä 5...12 tuntia, riippuen mitta-anturin ominaisuuksista. Näytepalamittausmenetelmää käytetään pääasiassa arvioitaessa, onko betonialusta riittävän kuiva lattiapäällysteen asennusta varten. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 54.)



Näytepalamittauksella voidaan myös mitata rakenteen pintaosan kosteutta. Syvyytarkkuus on parhaimmillaan 2 mm luokkaa. Yleensä yksittäisten näytepalojen koon tulisi olla luokkaa 5 mm × 5 mm × 5 mm. (RT 103333 2021, 10-11)

Kun mitataan syvemmältä, näytteenottopinta saavutetaan poraamalla kuivamenetelmällä halkaisijaltaan yleensä 50...100 mm:n reikä tai piikkaamalla betonia tahdottuun syvyyteen. Jos näyte otetaan huolellisesti, on mahdollista päästä jopa suurin piirtein 1 mm:n syvyytarkkuuteen. Mittauskohtaa eli reikää on suurennettava, jos betonin maksimirunkoainerae onkin enemmän kuin 16 mm, jos samalta syvyydeltä otetaan näyte useampaan koeputkeen tai mikäli mittauskohdasta otetaan näytteitä eri syvyyksiltä. (RT 103333 2021, 10)

Suosittelava, riittävä määrä näytepaloja on vähintään 1/3 koeputken tilavuudesta. Samaan koeputkeen pistetään useampi samasta syvyydestä otettu pieni betonikappale/muru, eli ei pelkkiä runkoainepartikkeleita. Nämä yhdessä muodostavat mitattavan näytteen. Poikkeavissa lämpötiloissa mittapäiden ja koeputkien tiivistysaineiden lämpötilan tulisi olla ennen näytteenoton aloittamista lähellä rakenteen lämpötilaa. (RT 103333 2021, 10)

Kun näytepalat ja mittapään sisältävät koeputket siirretään mittauspisteestä vakio-olosuhteisiin tasaantumaan, siirtämisen ja tasaantumisen aikana koeputkien tulee olla suojattuna merkittävilta lämpötilamuutoksilta, jolloin kuljetus ja säilytys tapahtuu esimerkiksi lämpölaukussa. Hyvään mittaustarkkuuteen pyrittäessä vaadittu tasaantumisaika on normaalilujuuksisilla, eli lujuuden ollessa alle 45 MPa, betoneilla välillä 5...12 h. Jo yhden tunnin tasaantumisen tasapainokosteus saavutetaan yleisesti ottaen noin  $\pm 2$  RH-yksikön tarkkuudella, ja tätä tietoa voidaan hyödyntää alustavassa, tulosten nopeassa tarkastelussa. Jos taas betonin näytteenottohetken lämpötila poikkeaaakin oleellisesti rakenteen

tavallisesta käyttölämpötilasta, tulisi tasaantumisaikaa pidentää 5 tunnista yöspäin. (RT 103333 2021, 12.)

Tämän lisäksi korkean lujuusluokan betoneilla, eli yli 45 MPa betoneilla, tulee käyttää pidempää tasaantumisaikaa, eli vähintään 12 tuntia. Tällainen tapaus on esimerkiksi ontelolaatta. Vaihtoehtoisesti tasaantumista voidaan myös seurata esimerkiksi loggerilla, jolloin se, että kosteusarvo ei muutu, kertoo riittävästä tasaantumisesta vakiolämpötilassa. Koeputkeen suljettavan betoninäytteen rajallisesta kosteuden sisällöstä johtuen näytepalamittaukset pitäisi tehdä mittapäillä, joiden kosteuskapasiteetti on pieni, eli jotka itsessään sitovat kosteutta mahdollisimman vähän ja joiden johtoa tai vartta pitkin ei pääse haihtumaan kosteutta. (RT 103333 2021, 12.)

Mikäli mittapäättä ei pystytä asentamaan koeputkeen heti kun näytepalat on irrotettu, näytemäärää suurennetaan siten, että koeputki tulee puolilleen. Tässä tapauksessa koeputken kosteussisältö pysyy riittävänä mittapään asentamisen yhteydessä tehtävästä avaamisesta huolimatta. Mittapään laittaminen koeputkeen näytepaloja myöhemmin yleensä heikentää jonkin verran mittauksen tarkkuutta. Sen jälkeen, kun mittapää on ollut tiivistetyssä koeputkessa tasaantumisajan verran, yhdistetään mittapää näyttölaitteeseen mittaustulosten lukemista varten. Lisäksi RT-kortin (2021, 12) mukaan ”Mittaustulosten lisäksi mittausraporttiin kirjataan koeputkien säilytys- ja lukemienotto-olosuhteet.” Lukemien otto yritetään tehdä rakenteen tavallisessa käyttölämpötilassa tai muuten valitussa lämpötilassa. Jos lukemat otetaan poikkeavassa lämpötilassa, vaikutus mittaustarkkuuteen tulisi selvittää erikseen. Mittauksen tarkkuutta voidaan lisätä siten, että otetaan samasta kohdasta kaksi rinnakkaista näytettä. Mikäli mittaustulosten ero samalta syvyydeltä otettujen rinnakkaisnäytteiden välillä on suurempi kuin  $\pm 3$  RH-yksikköä, olisi syy eron selvitettävä ja tarvittaessa tulisi mittaus uusia. (RT 103333 2021, 12)

Näytepalamittausmenetelmä kuitenkin rikkoo rakennetta ja on myös menetelmänä melko työläs, joten kuntotutkimuksissa yleensä kannattaa käyttää

kevyempiä porareikäkosteusmittaus- ja viiltomittausmenetelmiä rakenteen kosteusteknisen toimivuuden arviointiin ja kosteusprofiilin määrittämiseen. Tämän lisäksi porareikä- ja viiltomittausmenetelmillä voidaan selvittää myös rakenteen todellinen lämpötila, jolloin voidaan lisäksi arvioida rakenteen lämpöteknistä toimivuutta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 54.)

### 2.11.2 Porareikämittausmenetelmä

Porareikämittauksessa mitataan rakenteeseen porattuun reikään tasaantuneen ilmatilan lämpötila sekä suhteellinen kosteus. Kun arvioidaan päällystettävyyttä, suosituslämpötila porareikämittaukselle on välillä +18...+25 °C, mikäli tarkoituksena on arvioida rakenteen kosteuspitoisuutta lopullisessa, normaalissa huoneenlämpötilassa. (RT 103333 2021, 5)

Mikäli mittauksessa käytetään lämpöä johtavaa sauvamaista mittapäätä, joka jää merkittävältä osin ulkopuolelle mittausreiästä, mittapäätä ympäröivän eli yleensä betonirakenteen pinnalla olevan ilman ja rakenteessa olevan mittapään lämpötilanäyttämien ero ei saa olla yli 2 °C. Muuten mittaustarkkuus saattaa merkittävästi huonontua. Tämän vuoksi suurikokoisia sauva-antureita ei tulisi käyttää varsinkaan rakennusvaiheen mittauksissa. (RT 103333 2021, 5.)

RT 103333 -kortin (2021) mukaan, ”Jos mittauksilta vaaditaan hyvää mittaustarkkuutta, mutta lämpötila poikkeaa oletetusta käyttölämpötilasta yli 5 °C, kosteusmittaus tulee tehdä näytepalamenetelmällä. Betonirakenteiden päällystettävyyssmittauksissa mittaus tehdään näytepalamenetelmällä, jos betonin tai ilman lämpötila on alle 18 °C tai yli 25 °C. Mittauspisteen lämpötilan porauksesta lukemienottoon, eli mittauksen aikana, tulee pysyä mahdollisimman muuttumattomana  $\pm 3$  °C tarkkuudella. Olosuhteiden tulee olla tasaantuneet 24 tunnin ajan ennen porauksia. Olosuhteita, varsinkin lämpötiloja, seurataan, jotta voidaan tehdä mahdollisimman tarkka arvio mittausepävarmuudesta.” (RT 103333 2021, 5.)

Porareikämittauksen reikä tehdään esimerkiksi kuivamenetelmällä iskuporakoneella halkaisijaltaan 16 mm:n terällä. Porareikämittaus voidaan myös tehdä mitalaitevalmistajan mukaan mittapääkohtaisen asennusputken edellyttämän kokoisena. Porareiän halkaisijan tulisi olla kuitenkin vähintään 10 mm, jotta reikä voidaan putkittaa luotettavasti täsmällisen mittaussyvyyden saavuttamiseksi. Jos reikä on tätä pienempi, sen pohjan pinta-ala on suhteessa putken ilmatilaan liian pieni. Porareiän halkaisijan tulisi olla sellainen, että reikään asetettu putki pystytään tiivistämään sivuiltaan, ja että mittapää myös mahtuu mittaasputkeen. (RT 103333 2021, 6.)

Porauspöly poistetaan imuroimalla. Pölyn poistossa voidaan käyttää myös paineilmaa tai pumppua, mikäli se ei vain viilennä mittaasreikää. Lisäksi, jos poraus tehdään valmiissa rakennuksessa, imuria käytetään kohdepoistona, jotta epäpuhtauksien leviäminen estyy. Lisäksi myös reikään asetettu putki puhdistetaan imuroimalla se putkeen mahtuvalla suuttimella. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 54; RT 103333 2021, 6-7.)

Mittapään tai mittapään johdon ja putken väli tiivistetään heti ja huolella vesihöyryntiiviillä kitillä tai tarkoitukseen tehdyllä tiiviillä tulpalla. Suosituksena on, että betonirakenteessa mittaasreiän pitäisi tasaantua vähintään kolme vuorokautta porauksen jälkeen, mikä on yleensä riittävä aika porauksen vaikutuksen enimmälle poistumiselle. Porareikä suojataan lämpötilan vaihteluilta sekä muilta häiriöiltä, ja reiän annetaan tasaantua putken kanssa ja tiivistettynä minimissään kolme vuorokautta. Porareiän syvyyden pitäisi olla millimetrin tarkkuudella se syvyys, jossa halutaan selvittää vallitseva kosteuspitoisuus. (RT 103333 2021, 6-8.)

Mittausputkena käytetään porareiän pohjaan asti ulottuvaa putkea, joka voi olla esimerkiksi muovinen sähköputki, jonka ulkohalkaisija on sama kuin reiän halkaisija. Putken pituus valitaan yleisesti ottaen siten, että mittapää mahtuu kokonaan putkeen. Putken ja betonin yläpinnan rajakohta tiivistetään vesihöyryntiiviillä kittillä, ellei sitä pystytä saamaan joillain muilla toimenpiteillä vesihöyryntiiviiksi. Mittausputket voidaan myös putkittaa reiän syvyisellä mittausputkella tai sitten katkaista betonipinnan tasolta, jotta ne eivät häiritse tilan normaalia toimintaa. Jos porareikä on puhdistamaton tai puhdistettu huonosti, saattaa se antaa liian korkeita suhteellisen kosteuden arvoja, liata mittapäätä, heikentää mittaustarkkuutta sekä hidastaa mittapään tasaantumisaikaa mittausputkessa. (RT 103333 2021, 6-7.)

Mittapään annetaan seuraavaksi tasaantua reiässä mittapäälle ominaisen ajan, eli tavallisesti vähintään 1...4 tuntia. Jos tasaantumisaika taas on liian lyhyt, voi se johtaa todellista arvoa alhaisempaan suhteellisen kosteuden arvoon. Toisaalta, jos mittapään asennus pystytään toteuttamaan tiivistyksen läpi työntämällä siten, että mittausputkeen tasaantunut kosteus ei muutu, saattaa vähimmäistasaantumisajasta olla mahdollista poiketa vaikkapa tasaantumista aktiivisesti seuraamalla, tallentamalla kosteusarvon kehitys tai lukemia määräajoin ottaen. Tasaantumisen jälkeen kiinnitetään näyttölaite mittapäähän ja kosteusarvo voidaan lukea sen näytöltä. Jos reiän ei anneta tasaantua, saattaa mittaustulokseen tulla hyvinkin suuri mittausvirhe todellista arvoa kuivempaan suuntaan. (RT 103333 2021, 8.)

Ympäristöministeriön mukaan (2016, 54) ”porauksessa tulee varoa vesiputkia ja sähköjohtoja” (Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 54). Riippuen mittauksen tavoitteista, valitaan tapauskohtaisesti mittapisteiden määrä ja mittaussyvytykset. Sellaiselle alueelle, jonka oletetaan olevan kuiva ja hyväkuntoinen, tehdään referenssimittaus. Sellaisille alueille, jonka taas oletetaan olevan kosteampia, tehdään riittävän monta kosteusmittausta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 55.)

Porareikämittauksia tarvitaan tyypillisesti sellaisissa tilanteissa, joissa on epäselvää mistä mahdollinen liiallinen kosteus siirtyy rakenteeseen ja mikä on rakenteen sisältämän kosteuden määrä. Porareikämittauskohtia valitessa tulee huomioida, että vedeneristeitä esimerkiksi maanpaineiseinissä ja märkätiloissa ei rikotaisi, eikä myös lattiaan mahdollisesti asennettuja lattialämmityskaapeleita tai muita putkiasennuksia hajotettaisi. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 55.)

Rakenteen kosteusprofiilin tarkastelu myös toimii korjaussuunnittelun lähtötietona, kun arvioidaan rakenteen kuivatustarvetta ja uusien päällystemateriaalien soveltuvuutta kyseiseen rakenneratkaisuun sekä kosteusrasitustasoon, joka siinä on. Porareikämittaukset ovat tutkimusmenetelminä käteviä, ja mittauspisteet on mahdollista paikata lähes huomaamattomiksi tutkimusten jälkeen. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 55.)

### **2.11.3 Viiltomittausmenetelmä**

Viiltomittausmenetelmällä voidaan selvittää liimattavan lattiapäällysteen ja liima-kerrokseen kohdistuva kosteusrasitus. Lattiapäällysteitä voivat olla vaikkapa muovimatot ja linoleumimatot. Viiltomittauksessa tehdään lattiapäällysteeseen viilto tutkittavalle kohdalle, ja viiltoon asennetaan heti tämän jälkeen kosteusmittausanturi ja viiltokohta tiivistetään huolellisesti vesihöyrytiiviksi. Kun käytetään nopeasti tasaantuvia mittapäitä, on anturin tasaantumisaika 15...20 minuuttia. Viiltomittaus on kaikista tarkimmillaan + 20 °C lämpötilassa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 55-56)

Mittauksen jälkeen viillosta voidaan tehdä havainnot ja havainnot päällysteen tartunnasta alustaan, liiman väristä ja koostumuksesta ja päällysteen alapuolisista hajuista. Viiltomittausten kohdistuksessa käytetään pintakosteuskartoituksen tuloksia ja hyödynnetään rakennetyyppitietoja. Pitää tehdä vähintään referenssimittaus oletetusti kuivalle ja hyväkuntoiselle alueelle, ja alueille, jotka ovat oletetusti kosteampia tehdään riittävän monta kosteusmittausta. Viiltomittauksia tehdään sellaisessa laajuudessa, että saadaan tarpeeksi kattavasti määriteltyä alueet, joilla kosteuspitoisuus on koholla. Viiltomittausten lukumäärä määräytyy kohdekohtaisesti ja ne sopivat hyvin kuntotutkimuksen mittausmenetelmäksi, koska niitä on helppo tehdä nopeasti ja mittauskohdat pystytään paikkaamaan lähes huomaamattomiksi. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 56.)

#### **2.11.4 Materiaalin kosteuspitoisuuden määrittäminen painoprosentteina kuivauspunnitusmenetelmällä**

Kuivatus-punnitusmenetelmää käytetään silloin, kun halutaan selvittää materiaalin kosteuspitoisuus painoprosentteina esimerkiksi punatiilestä tai betonista. Mittaus etenee siten, että aluksi näyte otetaan tutkittavasta materiaalista ja laitetaan tiiviiseen astiaan tai pussiin, jossa se on punnitukseen saakka. Seuraavaksi näyte punnitaan kosteana, ja kuivataan +105 asteessa vähintään vuorokausi. Kidevedellisten materiaalien, kuten esimerkiksi kipsin, kuivauslämpötila on taas usein + 40 astetta. Kuivauslämpötila tulisi valita materiaalkohtaisesti. Näyte punnitaan kuivana, ja määritellään kosteuspitoisuus. Tähän voidaan käyttää kaavaa laskemiseen, joka on Ympäristöoppaassa. Joskus näyte pitää kuivata ja punnita useamman kerran, kunnes näytteen paino ei enää muutu. Jos näyte on pieni, säilytysastian vapaan ilmatilan tulisi olla mahdollisimman pieni, jotta näytteen kosteuspitoisuus ei kuljetuksen aikana muutu. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 57.)

## **2.12. Suuntaa antavia rakenteen suhteellisen kosteuden mittauksia**

Joskus ei ole tarpeellista, tai mahdollistakaan päästä hyvään mittaustarkkuuteen, jolloin voidaan tehdä suuntaa antavia mittauksia, joiden mittaustarkkuus voi olla ihan riittävä, kunhan niiden epätarkkuus myös tiedostetaan. Suuntaa antavia suhteellisen kosteuden mittausmenetelmiä ovat esimerkiksi sellaiset menetelmät, jossa rakenteiden sisältä tehdään hetkelliset kosteusmittaukset, porareikää ei putkiteta, käytetään toistuvasti samaa mittausreikää, porareikämittaus tiettyjen lämpötilojen ulkopuolelta tai piakkoin poraamisen jälkeen. Lisäksi näytepalamittauksessa ei asenneta mittapäätä heti mittausputkeen tai se tehdään pienellä näytemäärällä, tai siten, että syvyys on epätarkka. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 56.)

### **2.12.1 Hetkellinen kosteusmittaus rakenteessa**

Rakenteen hetkellinen kosteusmittaus on suuntaa antavaa mittausmenetelmä, jota voidaan käyttää rakenteiden kosteuspitoisuuden selvittämiseen. Esimerkiksi sisätiloissa voidaan asentaa mittapäää tutkittavan kerroksellisen rakenteen sisälle rakenteeseen poratun reiän kautta. Mittapäää tiivistetään elastisella, vesihöyrytiivillä massalla porausreikään, ja kosteusmittaus tehdään reiästä, jota ei ole putkitettu. Käytettävän mittapään tasaantumisaika ei tyypillisesti ole pitkä, noin 15...45 minuuttia. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 56.)

Sisätiloissa tasalämpöisissä rakenneosissa rakenteen hetkellisillä kosteusmittauksilla pystytään riittävän luotettavasti selvittämään, onko rakenneosan kosteuspitoisuus poikkeavan korkea. Mittauksilla voidaan selvittää esimerkiksi



väliseinärakenteen, puukoolatun lattiarakenteen, kerroksellisen välipohjarakenteen täyttökerroksen, tai ulkoseinärakenteen lämmöneristekerroksen kosteuspiitoisuutta. Ulkovaipparakenteen sisältä tehtävissä hetkellisissä kosteusmittauksissa tulee lisäksi huomioida, että mitattavan rakenteen ja sisäilman välinen lämpötilaero voi aiheuttaa tulokseen huomattavankin mittavirheen. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 57.)

### **2.12.2 Suuntaa antavat materiaalin kosteuspiitoisuuden mittaukset**

Puun kosteuspiitoisuutta voidaan mitata piikkimittarilla, joka antaa mittaustuloksen painoprosentteina, ja syvemmällä puumateriaalissa kosteutta voidaan mitata juntta-anturilla, jossa mittaus tapahtuu haluttuun syvyyteen lyötyjen piikkien kärjistä. Mittauksessa pitää huomioida, että tulos saattaa vaihdella riippuen siitä, onko metallielektrodit asennettu puun syiden vastaisesti vai puun syiden suuntaisesti samaan syyhyn. Tämän lisäksi, jos on kyllästysaineita, se vaikuttaa mittaustulokseen, kuten myös puun suolapitoisuus. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 57.)

### 3 SISÄILMA

#### 3.1. Sisäilmatutkimuksella havaittu poikkeava tilanne, yleinen epäily, haju tai tilan käyttäjien oireilua

Silloin kun rakennuksessa esiintyy poikkeavia hajuja, rakennuksen käyttäjillä on todettu sisäilmaongelmaan viittaavaa oireilua, tai kun sisäilmamittauksissa on todettu poikkeamia, kuntotutkimuksella selvitetään ongelmien laajuus ja syyt - epäily voi tulla kyseeseen myös silloin, jos tiedossa ollut kosteus- tai homevaurio on korjattu, mutta rakennuksen käyttäjät edelleen oireilevat (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 27).

Vaikka oireiden sekä poikkeavien hajujen syyksi usein epäillään mikrobivaurioita, syynä saattavat myös olla esimerkiksi rakennusmateriaalien tai kalusteiden kemialliset päästöt, tai ympäröivistä tiloista kulkeutuvat hajut. Lisäksi voi olla vanhojen rakennusmateriaalien sisältämien, tai rakenteisiin muuten päätyneiden haitallisten aineiden päästöjä. Tämän lisäksi taustalla on monesti myös puutteellinen ilmanvaihto ja esimerkiksi huoneilman korkea lämpötila. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 27.)

Yleiset sisäilmaongelmatapaukset saattavat tarvita jopa laajojakin tutkimuksia, ennen kuin ongelman aiheuttaja voidaan paikallistaa ja osoittaa. Kohdekäynnin sekä alustavan riskiarvion perusteella voidaan arvioida, millaisia mahdollisia riskejä liittyy ilmanvaihtojärjestelmään, rakenneratkaisuihin ja materiaaleihin. Näiden tietojen perusteella sitten laaditaan tutkimussuunnitelma sekä valitaan sopivat tutkimusmenetelmät. Ongelman aiheuttajan tai aiheuttajien tunnistaminen tarvitsee lähes poikkeuksetta rakennusteknisiä mittauksia, rakenneavauksia, ilmanvaihtuvuuden mittauksia ja/tai mikrobitutkimuksia. Sisäilman epäpuhtauksien mittaaminen voi olla perusteltua oireilevien tilan käyttäjien altistumisen arvioinnin tukena. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 27.)

### 3.2. Sisäilmaolosuhteiden ja sisäilman epäpuhtauksien mittaukset

Käytössä olevia menetelmiä ovat

- ”suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittaus
- hiilidioksidipitoisuuden mittaus
- hiilimonoksidipitoisuuden mittaus
- typen oksidien (NO<sub>2</sub>) mittaus
- hiukkaspitoisuuksien (kokonaisleijuma eli TSP, PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub>) mittaus
- sisäilman mikrobinäytteet
- pölyjen ja kuitujen mittaus
- haihtuvien orgaanisten yhdisteiden eli VOC yhdisteiden määrittäminen sisäilmasta
- muiden kaasumaisten epäpuhtauksien määrittäminen sisäilmasta

- ammoniakki, formaldehydi, radon

- haitta-aineiden määrittäminen sisäilmasta (tai pölystä)

- asbesti, PAH, PCB, öljyhiilivedyt, kloorifenolit, metallit.”

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 32.)

### 3.3. Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan?

Sisäilman olosuhdemittaukset, eli lämpötila ja suhteellinen kosteus, ovat kuntotutkimuksen perusmittauksia. Näitä toteutetaan myös muiden mittausten yhteydessä, kuten rakennekosteusmittauksien yhteydessä. Jotta saadaan kattavammat olosuhdemittaukset, edellytetään pitkäaikaisia seurantamittauksia, joiden perusteella voidaan arvioida muun muassa talotekniikan toimivuutta, sisätilojen

kosteuslisän määrää ja sisätilojen lämpöolosuhteita. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 33.)

Ennen kuin ryhdytään seurantamittauksiin tai näytteenottoihin, on suositeltavaa tarkastaa ilman virtaus ilmanvaihdon pääte-elimillä esimerkiksi merkkisavun avulla, sekä mitataan rakennuksen ulkovaipan yli vallitsevat painesuhteet lyhytkestoisella paine-eromittauksella. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 33.)

Tyypillisesti hiilidioksidipitoisuutta mitataan sellaisissa tilanteissa, joissa halutaan tarkastella ilmanvaihdon riittävyttä tilan käytön aikana. Kun valitaan mittausten määrää sekä mittauskohtia, pitää huomioida muun muassa tilojen käyttö sekä kuormitus, ja ilmanvaihdon kapasiteetti. Tilan käyttö on saattanut esimerkiksi muuttua siitä, mitä se alun perin oli. Hiilidioksidipitoisuus on hyvä kuvaamaan niin sanottua tunkkaisuutta tilassa, ja muiden ihmisperäisten päästöjen määrää sekä kosteuslisää, jota käyttäjät tuottavat sisäilmaan. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 33.)

Suosittelaa, että mittaukset toteutetaan vähintään joitain vuorokausia kestäväenä pitkäaikaisseurantana. Hiilimonoksidia ja/tai typen oksideja mitataan silloin, kun epäillään palokaasujen tai pakokaasujen pääsyä sisäilmaan, jotka ovat polttoprosesseista peräisin. Tällöin kaasut voivat olla peräisin lämmityksestä, autoista tai muista koneista, jotka ovat polttomoottorikäyttöisiä. Hiilimonoksidia saattaa myös kertyä puupelletivarastojen ilmaan, jotka ovat huonosti tuulettuvia, ja sieltä kulkeutua viereisiin tiloihin rakenteiden kautta. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 33.)

Sisäilman hiukkaspitoisuuksien mittaus saattaa tulla tarpeeseen, kun epäillään, että tilassa on merkittäviä hiukkaslähteitä tai epäillään, että tilaan kulkeutuu merkittävästi hiukkasia ulkoa, koska tuloilma on riittämättömästi suodatettua tai jonkun muun syyn vuoksi. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristö-opas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 33.)

Mikrobinäytteet sisäilmasta eivät ole ensisijainen tutkimusmenetelmä, ja niiden tarkoituksena on olla tukemassa muita tutkimusmenetelmiä. Näytteillä voidaan tietyin ehdoin arvioida mikrobiologista laatua näytteenottoajankohdan sisäilmassa. Mittausten perusteella saadaan tietoa mahdollisesti poikkeavasta sisäilman laadusta, mikä voi auttaa paikallistamaan mikrobilähteen tiettyyn rakennusosaan. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 33.)

Pölymittauksia ja kuitumittauksia taas käytetään silloin, kun käyttäjien oireiden perusteella epäillään poikkeavia pölylähteitä ja kuitulähteitä, tai kun halutaan selvittää pölyjen alkuperä ja koostumus. Lisäksi voidaan haluta määrittää, onko siivoustaso riittävä pölyntymisen nopeuteen verraten tai että onko pölynhallinta korjausten aikana ollut riittävä. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 33.)

Jos esimerkiksi sisäilmassa havaitaan poikkeavaa hajua ja/tai on koettuja oireita, joiden perusteella on syytä epäillä määrältään tai laadultaan poikkeavien yhdisteiden haihtuvan tai kulkeutuvan rakennusmateriaaleista sisäilmaan, voidaan sisäilman VOC-yhdisteitä mitata. Pitää kuitenkin huomioida, että VOC-tutkimus ei kata kaikkia mahdollisia kaasumaisia epäpuhtauksia, eikä se myöskään yleensä ole yksinään riittävä tutkimusmenetelmä sisäilmahaitan tai jonkin vaurion todentamiseen. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 33.)

Tyypillisesti muita kaasumaisia epäpuhtauksia mitataan vain silloin, kun on syytä epäillä niiden olemassaoloa lähtötietojen perusteella. Tästä esimerkkinä on radonpitoisuuden mittaaminen, joka tapahtuu joko radonin riskialueilla tai jos on epäilyksistä radonia on peräisin rakennusmateriaaleista. Jos radonia todetaan huoneilmassa radonalueilla, tämä myös indikoi, että alapohjarakenne on epätiivis, jolloin myös muita maaperän epäpuhtauksia saattaisi kulkeutua sisäilmaan. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 33.)

Haitta-aineiden mittaamiset sisäilmasta ja/tai pölystä saattavat olla tarpeen silloin, kun on syytä epäillä rakentamisajankohdan tai muun lähtötiedon perusteella, että rakennusmateriaalit sisältävät aineita, joita luokitellaan haitallisiksi ja joilla saattaa olla käytön aikaisia sisäilmavaikutuksia. Näitä ovat esimerkiksi asbestia sisältäneet, rikkoutuneet putkieristeet tai levyrakenteet sisätiloissa sekä vanhoista vedeneristeistä haihtuvat PAH-yhdisteet. Toisaalta voi olla syytä epäillä, että haitta-ainepitoisten materiaalien purkutyössä on levinnyt haitta-ainepitoisia pölyjä purkualueen ulkopuolelle tai rakennuksen historian aikana tiedetään tai epäillään tapahtuneen kemikaalivahinkoja, kuten esimerkiksi öljysäiliöiden vuotoja. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 33-34.)

### **3.4. Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastus**

Käytössä olevia menetelmiä ilmanvaihtojärjestelmän tarkastukselle on seuraavasti:

- ”Järjestelmän toimivuuden, kunnon ja puhtauden tarkastaminen.
- Ilmanvaihtokoneet, kanavat, päätelaitteet ja muut järjestelmän osat.
- Suunnitelmienmukaisuus.

- Ilmamäärien mittaaminen (erityisesti ulkoilmavirran riittävyyden varmistaminen).
- Käyttöasetusten ja toiminta-aikojen tarkastus.
- Teollisten mineraalivillakuitulähteiden kartoitus.
- Painesuhteiden mittaaminen.
- Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen.”

(Toim. Pitkäranta, Ympäristö-ministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 34.)

### **3.5. Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan ilmanvaihtojärjestelmän tarkastus**

Ilmanvaihtojärjestelmän tarkastusta toteutetaan ainakin seuraavasti:

- Varsinkin vanhemmissa rakennuksissa on suositeltavaa tehdä ilmanvaihtojärjestelmän perustutkimus kosteusteknisen ja sisäilmateknisen kuntotutkimuksen yhteydessä, sillä puutteellinen ilmanvaihto tavallisesti pahentaa sisäilmaongelmia, jotka aiheutuvat muista tekijöistä.
- Ilmanvaihtojärjestelmän puhtauden tarkastus tulisi tehdä, mikäli rakennuksessa oleskelevat ihmiset oireilevat jollain tapaa sisäilmaongelmiin viittavalla tavalla, tai rakenteet ovat likaantuneet ilmanvaihtoventtiilien läheisyydessä tai kun otetaan käyttöön uusittu tai korjattu järjestelmä.
- Ilmamäärien mittaus tulee tarpeeseen silloin, kun tilan käyttö on muuttunut alkuperäisestä, kun tilassa on mitattu korkeita hiilidioksidipitoisuuksia tai kun tilan sisäilma koetaan tunkkaiseksi.
- Paine-eromittauksilla, jotka tehdään Ilmanvaihtotutkimusten yhteydessä, voidaan selvittää, toimiiko ilmanvaihtojärjestelmä suunnitellulla tavalla sekä käyttötarkoituksen mukaisesti, eikä esimerkiksi ylipaineista siihen suunnittele mattomia rakennuksia, tai alipaineista rakennusta liikaa. Pitkäaikaisilla seurantamittauksilla saadaan kattavin kuva paine-eroista.
- Ilmanvaihtotutkimusten yhteydessä tehdään hiilidioksidimittauksia, jos niitä ei ole tehty sisäilmamittausten yhteydessä.

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 34.)

### 3.6. Mittausten ajankohta ja kesto

Mittausten kesto ja ajankohta vaikuttavat siihen, kuinka luotettavia mittaustulosten analysoinnit ovat. Mitä lyhyempi mittausjakso on, sitä tarkemmin mittauksen ajankohta pitää valita. Sitten, sitä enemmän tulosten analysointi vaatii sisätilojen ja rakenteiden rakennusfysikaalisen toiminnan tuntemista, jotta voidaan varmistua siitä, että mittaus todella on edustava ja kuvaa rakennemittausten osalta rakenteen todellista, kosteusvaurioriskien sekä muiden riskien kannalta kriittisintä käyttäytymistä. Rakennuksen käytöllä, vuorokauden ajankohdalla ja vuodenajalla on vaikutusta mittaustuloksiin. Näiden tekijöiden vaikutus eri kosteudensiirtymismuotoihin, rakenteisiin ja epäpuhtauslähteisiin on tunnettava, jotta mittaustuloksia myös osataan analysoida oikein. Tarkoituksenmukaisia fysikaalisten tekijöiden mittausjaksojen pituuksia voidaan jakaa ohjeellisesti seuraavasti:

- Vaatimukset, jota mittauslaite asettaa: lyhin mittausjakson pituus on mittauslaitteen tarvitsema tasaantumisaika mittaustilanteessa, kuten esimerkiksi kosteusmittauksissa.
- Vaatimukset, jota vuorokaudenajat asettavat: lyhin mittausjakson pituus on yksi vuorokausi, muun muassa sisäilmaolosuhdeseurannat ja paine-eroseurannat, ja sisäilman hiilidioksidipitoisuus.
- Vaatimukset, joita rakennuksen normaalin käyttö asettaa: mittausjakson pituus rakennuksen käyttötarkoituksesta ja koneellisen ilmanvaihdon käyntiajoista riippuen on noin yhdestä seitsemään vuorokautta, muun muassa paine-eroseurannoissa.
- Vaatimukset, joita vuodenaajat asettavat: useat mittausjaksot eri vuodenaikoina, ottaen huomioon jonkun vaurion tai ongelman ilmeneminen, kuten muun muassa kosteusmittauksissa ja olosuhdemittauksissa.“



(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 34.)

### 3.7. Sisäilman epäpuhtaudet

Sisäilman epäpuhtauksia mitataan lähtökohtaisesti sellaisessa tilanteessa, joka vastaa tilan normaalia käyttöä, jolloin mittaustulos kuvastaa tilassa oleskelijoiden altistumistasoa. Laskeutuneen pölyn sekoittumiseen vaikuttaa tiloissa liikkuminen, joka siten yleensä nostaa esimerkiksi hiukkasmaisten epäpuhtauksien pitoisuuksia. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 36.)

Kun arvioidaan rakenteista peräisin olevia epäpuhtauksia, poistetaan ilmeiset tulosten tulkintaa hankaloittavat virhelähteet. Näitä voivat olla esimerkiksi multaiset tai homeiset elintarvikkeet mikrobimittauksissa, tai ilmanraikastimet, hajusteet, ja puhdistuskemikaalit VOC-mittausten tapauksessa. (Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 36.)

Sisäilman epäpuhtauksien mittauksissa tulee myös huomioida seuraavat tekijät:

- Rakennuksen ja ilmanvaihtojärjestelmän erilainen käyttö eri vuorokaudenaikoina sekä eri viikonpäivinä vaikuttaa sisäilman epäpuhtauspitoisuuksiin, ja näytteenotto pitäisi tehdä tavanomaisissa käyttöolosuhteissa.
- Kasvukaudella, eli keväällä, kesällä ja varsinkin syksyllä ulkoilman mikrobiitiöpitoisuudet ovat oikein korkeat, mikä vaikeuttaa päätelmien

tekoa ja mahdollisesti estää sisäilman poikkeavien mikrobin havaitsemisen.

- Materiaalien kemialliset emissiot riippuvat ilman kosteudesta ja lämpötilasta, ja esimerkiksi sisäilman VOC-pitoisuudet ovat talvella matalampia.

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 36.)

### **3.8. Tiiveyden ja epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkiminen**

Käytössä olevat menetelmät ovat

- ”painesuhteiden mittaus
- lämpökuvaus
- merkkiainetutkimukset
- merkki- ja puhdassavututkimukset
- vesitiiveyskokeet
- rakennusvaipan tiiveyden ja ilmavuotoluvun q50 määrittäminen.”

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 32.)

#### **3.8.1 Minkä vuoksi ja milloin toteutetaan?**

Aiemmin mainittuja rakennekosteusmittauksia toteutetaan silloin, kun on epäily, että tiettyyn rakenneosaan saattaa kohdistua kosteusrasitusta, joka on

poikkeavaa. Mitattavaksi valitaan sellaiset riskialueet, joissa voi mahdollisesti olla korkeita kosteuspitoisuuksia, sekä vertailualue, jossa on oletettavasti normaali tilanne. (Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus, 31.)

Toteutetaan myös, kun halutaan selvittää rakenteen kosteusteknistä toimintaa, tai seuraavien asioiden kanssa:

- Valikoidaan mittauspaikat pintakosteuskartoituksen, aistinvaraisten tarkastelujen ja rakennetyyppien tarkastelujen perusteella.
- Kosteusmittaukset voidaan toteuttaa suuntaa-antavina siinä tapauksessa, kun menetelmän mittausepä-tarkkuus tiedostetaan ja se myös sallitaan.
- Tarkastetaan rakennekosteusmittauksin pintakosteuskartoituksessa havaitut poikkeamat.

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekni- ninen kuntotutkimus, 32.)

Edellä mainittujen tiiveyden ja epäpuhtauksien kulkeutumisen tutkimista taas toteutetaan seuraavasti:

- Silloin, kun on epäily, että epäpuhtauksia, jotka ovat rakenteiden sisällä, kulkeutuu sisäilmaan rakenteiden epätiivetyden ja/tai alipaineen vuoksi.
- Kun tahdotaan paikantaa ilmavuotojen sekä kosteuskonvektion riskikohtia.
- Epäpuhtauksien kulkeutumisen arviointi edellyttää aina rakenteen yli vallitsevien painesuhteiden mittaamista, sillä ne vaikuttavat ilmavuotomääriin, ja pitkäaikaismittaus 1–2 viikon ajanjaksolla on suositeltavaa.
- Ilmavuotoriskien arvioimiseksi koko rakennuksessa, tulee paine-eroja mitata ilmanvaihtojärjestelmän eri palvelualueilta ja eri ilmansuunnista ja kerroksista. Tämä siksi, että paine-erojen suuruuteen vaikuttavat

ilmanvaihdon lisäksi lämpötilaerot, tuuli ja luonnollinen savupiippuvai-  
kus.

- Lämpökuvausta käytetään ilma - ja lämpövuotojen havaitsemiseksi sil-  
loin, kun lämpötilaerot sisä- ja ulkotilan välillä ovat tarpeeksi suuret ja  
ulkoilman olosuhteet ovat mittaukselle suotuisat, mikä on yleensä tal-  
viaikaan. Erityisesti lämpökuvausta käytetään ennakoivissa tutkimuk-  
sissa, kun tahdotaan parantaa talotekniikkaa tai arvioida rakenteiden  
kunnossapitotarvetta. Kosteusvaurioita lämpökuvauksella voidaan ha-  
vaita ainoastaan tietyissä tilanteissa, kun olosuhteet ovat sopivat.
- Lämpökameraa voidaan käyttää lisäksi hyödyksi muiden tutkimusten  
yhteydessä, kuten lämmityskaapeleiden havaitsemiseksi ja työmaa-ai-  
kaisena laadunvarmistuksena.
- Merkkiainetutkimuksia on tarkoituksenmukaista käyttää siinä tilan-  
teessa, kun arvioidaan rakenteiden tarkkoja ilmapuotopaikkoja sekä il-  
mapuotojen voimakkuutta. Merkkiainetutkimuksia voidaan myös hyö-  
dyntää työmaa-aikaisena laadunvarmistusmenetelmänä.
- Merkkisavua käytetään tavallisesti aistinvaraisten havaintojen tukena  
ilmavirtauksien suuntien ja voimakkuuksien arvioimisessa.
- Puhdassavua taas voidaan käyttää suurissa tiloissa ilmatiiveyden tut-  
kimiseen, esimerkiksi laskemalla alapohjaan savua, ja katsomalla ha-  
vaitaanko vuotokohtia esimerkiksi rakenteen liittymistä. Puhdassavun  
avulla voidaan myös tutkia tilan ilmanjaon toimivuutta ja ilman liikkeitä.
- Vesitiiveyskokeita tehdään tyypillisesti rakennusosien tarkastele-  
miseksi, jotka vaativat vesitiiveyttä. Näitä ovat ainakin uima-altaat, ve-  
sikatot ja terassit.
- Ilmapuotoluvun määrittäminen tehdään tavallisesti uudisrakennuksen ener-  
giatodistuksen laadintaa varten. Tarkempia ilmapuotokohtia voidaan  
paikallistaa tiiveysmittauksien yhteydessä esimerkiksi lämpökame-  
ralla.

(Toim. Pitkäranta, Ympäristöministeriö, Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kos-  
teus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus, 32.)

## 4 RISKIRAKENTEISTA

### 4.1. Yleistä riskirakenteista

Riskirakenne on sellainen rakennetyyppi, joka on todettu vaurioherkäksi rakenteeksi. Riskirakenne on yleisesti ottaen ollut aikakautensa määräysten ja ohjeiden mukainen, mutta sen riskialttius on huomattu jälkeenkä. Tämän vuoksi tiettyjen rakenteiden käytöstä onkin pääsääntöisesti luovuttu. (Raksystems 2017; Raksystems 2023b; Raksystems 2023a; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023a, 2; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023b, 2; Malmivaara & Raksystems 2022a; Malmivaara & Raksystems 2022b; Raksystems & Malmivaara 2021.)

On tyypillistä, että riskirakenteiden vaurion syynä on yleensä kosteuden pääseminen rakenteeseen joko maaperän kautta ulkopuolelta tai vesihöyryn muodossa sisäilmasta. (Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023a, 2; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023b, 2; Raksystems 2017; Malmivaara & Raksystems 2022a; Malmivaara & Raksystems 2022b; Raksystems 2023a). Silloin kun taas ollaan tekemisissä maanvastaisen seinän kanssa, on olemassa se riski, että rakenteisiin pääsee maaperän kosteus. Yleisin syy siihen on salaojien toimimattomuus sekä rakennuksen täytöissä käytetty liian hienojakoinen maa-aines, ja tällöin kosteus pääsee siirtymään rakenteisiin kapillaarisesti. (Malmivaara & Raksystems 2022b.)

Lisäksi sadevesien ohjaukset, jotka on toteutettu huonosti, vedeneristyksen puutteet perusmuurissa tai kallistukset maanpinnassa saattavat saada aikaan sen, että maaperän kosteutta kerääntyy seinän kulmalle. Tällöin riski rakenteen vaurioitumiselle kasvaa. Olennaista on siis se, että ulkopuolelta ei pitäisi päästä rakenteisiin mitään kosteutta. (Malmivaara & Raksystems 2022b.)

Sisäilman kosteus on toinen syy seinärakenteen vaurioitumiselle ja riskille. Vauriomekanismit käynnistyvät, jos rakenteeseen pääsee sisäilman kosteutta ja kosteus pääsee tiivistymään kivirakenteisen maanvastaisen seinän ja lämmöneristeen rajapintaan. (Malmivaara & Raksystems 2022b.)

Riskirakenteet-ilmaisu ei kuitenkaan merkitse, että rakenteessa automaattisesti olisi vaurioita, nimittäin vaurioitumiseen vaikuttaa moni asia. (Käyhkö 2023j; Raksystems & Malmivaara 2021; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023a, 2; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023b, 2). Riskirakenteen kunto kannattaisi yleensä selvittää tarkemmilla tutkimuksilla, ja mikäli riskirakenne on kunnossa, sitä ei useinkaan ole välttämätöntä tai välttämättä järkevääkään korjata (Käyhkö 2023j).

Riskirakenteen kunto, eli onko riski toteutunut, tulisi pyrkiä selvittämään myös Raksystems (2022a, 2023a, 2023b) ja Malmivaaran (2022a, 2023a, 2; 2023b, 2) mukaan, ja yleisesti ottaen tämä on mahdollista vain siten, että rakennetta avataan. (Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023a, 2; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023b, 2; Raksystems 2017; Malmivaara & Raksystems 2022a; Raksystems 2023a; Raksystems 2023b). Tulee suorittaa sellainen rakennearaus, jonka myötä voidaan selvittää riskin mahdollinen toteutuminen sekä riskirakenteen kunto (Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023a, 2; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023b, 2).

Asukkaiden pitäisi pitää mahdolliset riskitekijät mielessä ja Malmivaaran (2021) mukaan myös tarkastaa niiden kuntoa säännöllisesti. Mikäli kodista pidetään hyvin huolta, ei vaurioita välttämättä pääse syntymään ollenkaan, vaikka riskirakenne olisi olemassa. (Raksystems & Malmivaara 2021.)

Kohteeseen kannattaa tehdä kuntotarkastus, jonka tarkoituksena on tuoda puoleetonta tietoa myyjän sekä ostajan tietoisuuteen. Tällöin se hyödyttää molempia asuntokaupan osapuolia, ennen kuin päätös tehdään. Kuntotarkastus tehdäänkin juuri tämän vuoksi yleensä aina asunnon myynnin yhteydessä. Kuntotarkastuksen tilaajana voi toimia ostaja, myyjä, kiinteistönvälittäjä tai osapuolet yhdessä. Tarkastuksen lupa tulee kuitenkin aina siltä, joka omistaa kohteen. (SKVL 2018.)

Tarkastus voidaan suorittaa jo myynnin alkuvaiheessa, ja tämä onkin suositeltavaa. Tällöin myyjä voi tehdä pieniä korjauksia jo ennen asunnon myyntiin laittoa

ja tarkastusta voidaan hyödyntää asunnon markkinoinnissa, tai vasta ostajaehdokkaan löydyttyä. (SKVL 2018.)

Kuntotarkastuksessa saadaan SKVL:n (2018) mukaan tärkeää tietoa kiinteistön kunnosta, korjaustarpeesta ja mahdollisista käyttöturvallisuusriskeistä tai terveysriskeistä. Kuntotarkastuksen voi tosin tilata muulloinkin, kuin asuntokaupan yhteydessä, kun tahdotaan saada tietoa asunnon kunnosta ja sen korjaustarpeesta. (SKVL 2018.)

#### **4.2. Valesokkeli**

Yksi yleisesti havaittava riskirakenne on valesokkeli. (Raksystems 2017; Raksystems 2022b; Raksystems 2023b; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023a, 2; Malmivaara & Raksystems Group Oy 2023b, 2.) Valesokkeliä löytyy erityisesti 1960...1990 -luvun pientaloista (Käyhkö 2023k; Raksystems 2022b; Raksystems 2023b; Valesokkeli.info 2016; Laurinkoski & Mtv uutiset 2014). Tavanomaisesti valesokkelirakenteiden alaohjauspuissa on mikrobivaurioita. (Laurinkoski & Mtv uutiset 2014).

Valesokkelin yleisyys näkyy esimerkiksi siinä, että Raksystems (2023b) kuntotarkastamissa asuntokaupan asunnoissa valesokkeli on havaittu kaiken kaikkiaan noin 16 prosentissa kohteista. Raksystems (2023b) tarkastamista valesokkeliperusteisista kohteista 1960-luvulla on rakennettu noin 15 prosenttia, 1970-luvulla noin 40 prosenttia ja 1980-luvulla noin 30 prosenttia. Vuosina 2016–2020 Raksystems (2023b) kuntotarkastamissa, valesokkelirakenteisissa kohteissa valesokkelin vaurio on löytynyt noin 20 prosentista, ja lisätutkimusta on suositeltu 25 prosentille tarkastetuista valesokkeleista. (Raksystems 2023b.)

Raksystems (2022b) mukaan ”Valesokkelissa tiilimuurausta tukeva betoni nousee talon ulkopinnan puolella kantavan puuseinän alapäätä korkeammalle.” (Raksystems 2022b.) Käytännössä tämä merkitsee, että talon kantava puurunko lähtee joko maanpinnan tason alapuolelta tai maanpinnan tasosta. Seinän puurungon alareunan upottamisella maanvaraisen alapohjan alapuolelle ulkoseinäliitoksesta tavoiteltiin lämpimämpää. (Raksystems 2022b; Käyhkö 2023h.)

Valesokkelin kunto olisi suositeltavaa tarkastaa asuntokaupan yhteydessä. Kuntotarkastuksessa selvitetään rakenteen kunto rakennetta avaamalla ja tarvittaessa ottamalla mikrobinäytteitä. (Raksystems 2022b.) Varsinkin valesokkelin ja puurunkoisen seinän yhdistelmä on osoittautunut jonkin verran riskialttiiksi rakenteeksi. (Käyhkö 2023e; Käyhkö 2023f; Käyhkö 2023g; Käyhkö 2023h). Lisäksi saattaa olla, että rakenne on vaurioitunut esimerkiksi vain yhdellä seinustalla. Valesokkeli ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita, että rakenteessa on vaurio. (Käyhkö 2023j; Käyhkö 2023k).

Valesokkeli kannattaa korjata ja korjata oikein, mikäli halutaan, että rakennuksen jälleenmyyntiarvo säilyy, tai halutaan nykyistä lämpimämmät rakenteet. Lisäksi korjaus kannattaa tehdä, jos arvioidaan, että rakennus on kunnossa muilta osin siten, että kokonaiskustannukset eivät nouse uudisrakentamista korkeammaksi. Korjaus tuo sellaisen hyödyn, että myyntitilanteessa korjattu rakenne on parempi kuin korjaamaton, ja korjaus ehkäisee sisäilmaongelmia. Pitää kuitenkin huomioida, että valesokkelin korjaus korjaa vain valesokkelista johtuvat ongelmat, eikä kaikkia mahdollisia muita korjaustarpeessa olevia ongelmia, jos näitä on. (Valesokkeli.info 2016.)

Valesokkelin kosteus- ja mikrobivaurioitumisen riskiä pienentävät muun muassa seuraavat asiat:

- Salaojat, jotka toimivat.
- Kosteuseristys, joka on sokkelin ulkopuolinen.
- Sokkeli, joka on tehty betonin sijaan kevytsoraharkoista.
- Ulkoseinä, joka on tiili-villa-tiilirakenteinen, jossa ei ole tiilien välissä puurunkoa.
- Maanpinnat, jotka kallistavat rakennuksen vierustasta pois päin.
- Pystysalaojakerros, joka on sokkelin ulkopuolella, eli sora-/sepelikaista.
- Lämpöjohdot, jotka on sijoitettu alapohjarakenteen sisälle. Nämä tosin lisäävät vesivahingon riskiä.

(Käyhkö 2023k.)

Vedeneristys pitää olla siis kunnossa perusmuurissa, ja sadevedet pitää myös olla ohjattu oikeaoppisesti pois talon vierustalta (Raksystems 2023b).



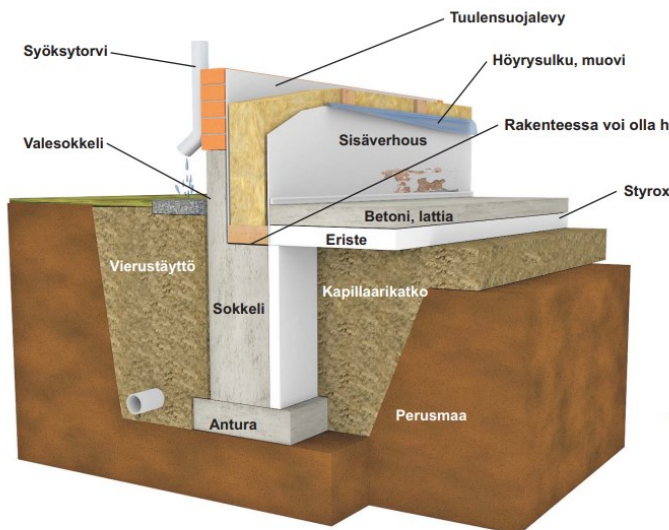
Valesokkeli sisältää myös kosteusriskejä ja sisäilmariskejä, joista merkittävimpiä ovat seuraavat:

- Maasta siirtyä rakenteeseen kosteutta, kun ympäröivän maan pinta on ulkoseinän alaosa ylemmänä.
- Kosteus, joka on sisäilman, saattaa tiivistyä sokkelin betonin sisäpintaan.
- Kosteus, joka on maaperän, tai sisäilman kosteus, joka tiivistyy sokkelin sisäpintaan, voivat aiheuttaa mikrobikasvua ulkoseinän alaosan lämmöneristeessä tai puuosissa.
- Vedeneriste, joka on sokkelin sisäpinnassa, saattaa sisältää haitallisia PAH-yhdisteitä.
- Materiaaleista, jotka ovat mikrobivaurioituneista tai PAH-yhdisteitä sisältäviä, ollessa ilmayhteys sisäilmaan, vauriot heikentävät laatua sisäilmassa ja saattavat aiheuttaa sisäilmaongelmia.

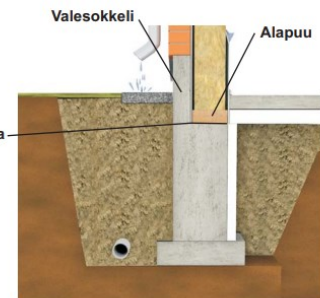
(Käyhkö 2023k.)

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Valesokkelin rakennemalli



## 02A VALESOKKELI



### Valesokkelin tunnistus



Havainnekuva valesokkelista. Sokkelin yläpinta ylemmänä oven kynnystä.



RAKENNUSAIKAKAUSI

KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 1. Valesokkelirakenne (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 11).

## 5 ERI VUOSIKYMMENTEN RISKIRAKENTEITA JA ONGELMIA

### 5.1. 1920-luku

Pientalo 1920-luvulta sisältää tyypillisesti joitakin riskirakenteita ja kosteus- ja sisäilmamariskejä. Tällöin rakennetussa pientalossa yleisimpiä riskejä tai ongelmia on seuraavasti:

- Hirsirakenteinen alapohja eli rossipohja, joka on huonosti tuulettuva tai jonka pohjalla on märkää maata, savea ja niin edelleen.
- Alapohjarakenteen mikrobivauriot tai lahovauriot.
- Kosteusvauriot kellarissa.
- Tuuletusraon puuttuminen julkisivulaudoituksen takaa hirsikulkoisissa.
- Lahovauriot alimmissa ulkoseinähirsissä.
- Sellaiset kosteudeneristysmateriaalit, jotka saattavat sisältää paljon haitallisia PAH-yhdisteitä.
- Orgaaniset materiaalit rakenteissa, ja niiden mikrobivauriot.
- Rakenteet saattavat sisältää materiaaleja, jotka ovat asbesti- tai haitta-ainepitoisia.

(Käyhkö, 2023a.)

Lisäksi huonoja puolia ovat ongelmat, jotka liittyvät painovoimaiseen ilmanvaihtoon ja lämmöneristävyys rakenteissa voi olla huono. Tämän lisäksi rakenteita on voitu lisälämmöneristää väärin ja haitallisilla menetelmillä vuosien varrella. Rakenteet voivat myös olla yleensä vähän painuneita ja vinoja. (Käyhkö, 2023a.)

### 5.2. 1930-luku

Pientalo 1930-luvulta voi myös sisältää riskirakenteita ja kosteus- ja sisäilmamariskejä (Käyhkö 2023b). 1930-luvun pientalon yleisimpiä ongelmia tai riskejä ovat seuraavat:

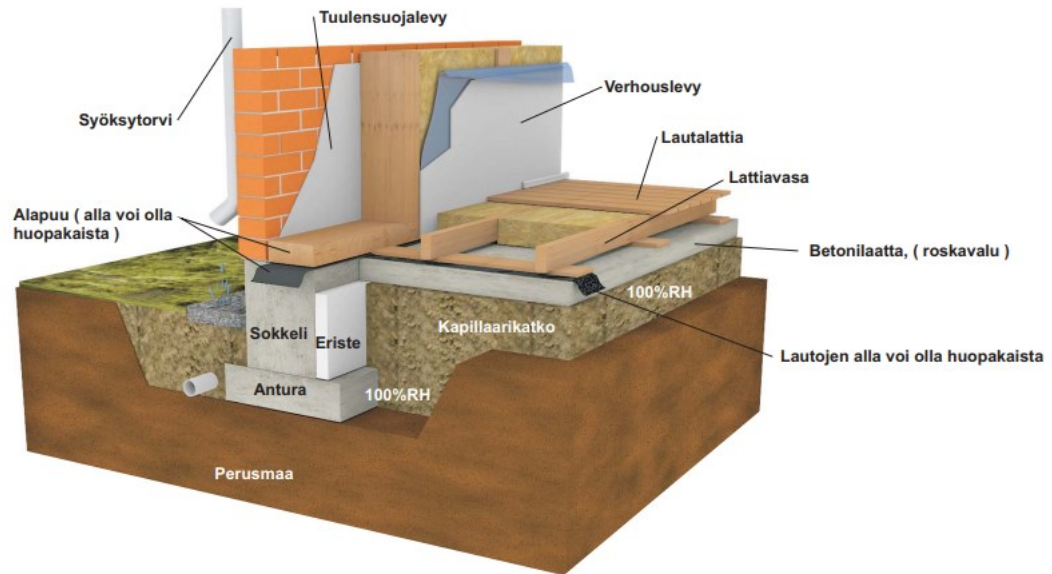
- Kellarin kosteusongelmat, salaojat puuttuvat.
- Puukoolattu maanvarainen alapohjarakenne, jossa betonilaatta on lämmöneristetty ainoastaan yläpuolelta sahanpurulla tai myöhemmin mineraalivillalla.
- Tiiviillä lattiapäällysteellä, kuten esimerkiksi muovimatolla, peitetty kellarin lattia.
- Kosteudeneristysmateriaalit, jotka saattavat sisältää paljon haitallisia PAH-yhdisteitä.
- Tuulettuva puurakenteinen alapohja, joka tuulettuu huonosti tai jonka pohjalla on märkää maata, savea ja niin edelleen.
- 1.kerroksen ja kellarin välinen välipohjarakenne, jossa betonilaatan päällä on puukoolattu lattia, joka on lämmöneristetty sahanpurulla tai villalla varsinkin, mikäli betonilaatan alapintaan onkin lisätty lämmöneriste.
- Puurunkoiset ulkoseinät, joista julkisivulaudoituksen tai -rappauksen takaa puuttuu tuuletusrako varsinkin, mikäli rakenne on vielä sisäpuolelta lisälämmöneristetty.
- Ongelmat, jotka liittyvät painovoimaiseen ilmanvaihtoon.
- Rakenteet saattavat sisältää haitta-aineita tai asbestia.
- Lämmöneristävyys rakenteissa voi olla huono.
- Rakenteita on voitu korjata haitallisista menetelmin.

(Käyhkö 2023b.)

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Rakennemalli

06A PUULATTIA ERISTÄMÄTTÖMÄN  
BETONILAATAN PÄÄLLÄ



RAKENNUSAIKAKAUSI

KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 2. Puulattia eristämättömän betonilaatan päällä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 29).

### 5.3. 1940-luku

Talon vierustalla olevat istutukset ovat ongelmallisia. Lisäksi lattiarakenteet, joissa puukorotus ja lämmöneristeet on asennettu betonilaatan päälle, ovat herkkiä kosteusvauriolle. (Hometalkoot 2016, 15-16.)

Muita 1940-luvun pientalon riskejä tai ongelmia on seuraavasti:

- Lämmöneristävyys rakenteissa on huono.
- Kosteusvauriot kellarissa ovat yleisiä.
- Rakenteissa saattaa olla asbestia tai haitta-aineita.
- On ongelmia, jotka liittyvät painovoimaiseen ilmanvaihtoon.
- Sisäilman olosuhteet vaihtelevat.
- Salaojat puuttuvat ja kellarissa on kosteusongelmia.
- Sisäpuolelta kosteus- ja lämmöneristetyt kellarin maanvastaiset seinät.

- Alapohjarakenne, joka on maanvarainen ja jossa betonilaatta on lämmöneristetty ainoastaan yläpuolelta sahanpurulla tai myöhemmin mineraalivillalla.
- Tiiviillä lattiapäällysteellä, kuten muovimatolla, peitetty kellarin lattia.
- Tuulettuva puurakenteinen alapohja, joka on huonosti tuulettuva tai jonka pohjalla on märkää maata, savea ja niin edelleen.
- 1.kerroksen ja kellarin välinen välipohjarakenne, jossa on puukoolattu lattia betonilaatan päällä, joka on lämmöneristetty villalla tai sahanpurulla erityisesti, jos betonilaatan alapintaan on lisätty lämmöneriste.
- Ulkoseinät, jotka ovat puurunkoiset ja joista puuttuu tuuletusrako julkisivulaudoituksen tai -rappauksen takaa, erityisesti, jos rakenne on lisäksi lämmöneristetty sisäpuolelta.
- Kosteudeneristysmateriaalit, jotka saattavat sisältää paljon haitallisia PAH-yhdisteitä.
- Vinot katto-osuudet ullakkokerroksessa, joissa katon lämmöneriste estää alapuolisen tuuletuksen vesikatteessa.

(Käyhkö, 2023c.)

#### 5.4. 1950-luku

1950-luvun taloissa ongelmia on seuraavasti:

- Salaojituksen ja sadevesijärjestelmän puuttuminen, josta johtuu kellarin kosteusvaurio.
- Vesikaton vuotaminen.
- Tuuletus vesikatteen alapuolella.
- Ilmastointiputkista puuttuu eristys välikatolla.
- Keskuslämmitys vuotaa.
- Ikkunoissa on puutteellinen tiivistys tai toimivuus.
- Vedeneristyksen puuttuminen kosteissa tiloissa.
- Puutteellinen ilmanvaihto pesutiloissa.
- Vuoto-ongelmat käyttövesiputkissa.
- Puutteellinen ulkoseinän tuuletus.

(Suomela 2017.)

Maanvastaisia, sisäpuolisia lämmöneristyksiä pidetään myös nykyään riskirakenteina. Tällainen rakenneratkaisu on yleinen kellarillisissa tiloissa, ja kellarikerroksessa onkin juuri rintamamiestalossa riskialttein paikka. (Malmivaara & Raksystems 2022b; Raksystems 2023c) Tällöin seinää on siis maanpinnan alapuolella.

Ongelmilta kuitenkin yleensä vältytään, jos tilat on jätetty toissijaiseen käyttöön ja rakenteet ovat betonipintaisia. Monessa kohteessa kellarikerros on kuitenkin otettu asuinkäyttöön tai ainakin lattioihin tai seiniin on tehty sisäpuolelle lämmöneristyksiä. Tällaisen rakenteen kunto tulee Raksystems (2023c) mukaan tutkia rakenneavauksin, ja se on asuntokaupan riitatilanteissa yleinen rakenne. (Raksystems 2023c.) Rakenneavaus tosin jätetään tekemättä kahdessa tapauksessa, nimittäin jos kuntotarkastuksen tilaajan ei anna siihen lupaa tai jos on tiedossa, että rakenne on juuri uusittu ja korjauksesta on dokumentaatio, jonka avulla kuntotarkastaja voi varmistua rakenteesta. Kaikista yleisimmät riskirakenteet, jotka avataan kuntotarkastuksen yhteydessä, ovat maanvastainen, sisäpuolelta lämmöneristetty seinä, puukoolattu lattia ja valesokkeli. Jokaista näistä rakenteista avataan useammassa kuin joka 10. kuntotarkastuksessa. (Raksystems 2023d.)

Ulkoseinän rakenteet on 1950-luvun talossa eristetty purulla, eikä tuuletusväliä ole jätetty julkisivuverhoilun taakse. Purueristeisen rakenteen oletettiin olevan hengittävää, jolloin kosteus voisi poistua rakenteesta luontaisesti. Kuitenkin tämä niin sanottu heikosti tuulettuva tai tuulettumaton ulkoseinärakenne on nykyään luokiteltu riskirakenteeksi. Jos julkisivu on maalattu 1970-luvulla markkinoille tulleella lateksimaalilla, joka on vedenpitävää, on riski vieläkin suurempi. (Raksystems 2023c.)

Puulastu/sementtilevy eli niin sanottu tojalevy, joka on lisätty kellarin seinien eristeeksi, voi homehtua. Yläpohjan tuuletus taas on voitu tukkia julkisivuremontissa tai lisälämmöneristyksessä. Ylä- tai alapohjaan on voitu jättää orgaanista materiaalia, kuten laudanpätkiä, vaatteita ja sanomalehtiä. (Hometalo n.d.)

Rintamamiestalon yleisimpiä huonoja puolia, ongelmia ja riskirakenteita ovat vielä seuraavat:

- Alapohjarakenne, joka on maanvarainen ja jossa betonilaatta on lämmöneristetty ainoastaan yläpuolelta sahanpurulla tai myöhemmin mineraalivillalla.
- Tiiviillä lattiapäällysteellä, kuten muovimatolla, peitetty kellarin lattia.
- Tuulettuva puurakenteinen alapohja, joka tuulettuu huonosti tai jonka pohjalla on märkää maata, savea ja niin edelleen.
- 1.kerroksen ja kellarin välinen välipohjarakenne, jossa betonilaatan päällä on puukoolattu lattia, joka on lämmöneristetty sahanpurulla tai villalla varsinkin, mikäli betonilaatan alapintaan onkin lisätty lämmöneriste.
- Kosteudeneristysmateriaalit, jotka saattavat sisältää paljon haitallisia PAH-yhdisteitä
- Lämmöneristävyys rakenteissa on huono.
- Rakenteissa saattaa olla asbestia tai haitta-aineita.
- Painovoimaiseen ilmanvaihtoon voi liittyä ongelmia.
- Sisäilman olosuhteet voivat vaihdella.

(Käyhkö 2023d.)

### 5.5. 1960-luku

Omakotitalo 1960-luvulta sisältää tyypillisesti eniten riskejä. Kun tultiin 60-luvulle, rakenteet muuttuivat ja uusien rakennetyyppien aiheuttamat ongelmat tulivat esille vasta myöhemmin. (Käyhkö 2023e.)

1960-luvulla pientaloista rakennettiin yleensä yksikerroksisia ja loivakattoisia, ja valesokkelit olivat yleisiä. 1960-, 70- ja 80-luvun taloissa tyypillinen vauriorakenne on myös tiili-villa-tiili seinärakenne, joka on tehty ilman tuuletusväliä, ja joissa on tavanomaisesti eristetilassa seinän alaosissa vaurioita. (Laurinkoski & Mtv uutiset 2014.) On yleisesti rakennettu myös muun muassa maanvastaisia sisäpuolelta lämmöneristettyjä seiniä (Malmivaara & Raksystems 2022b).

Ulkoseinän alajuoksupuun korkeus maanpinnasta voi olla riittämätön, eli puhutaan toisin sanoen liian matalasta talon sokkelista. Siitä huolimatta, että

rakennusten sokkelin korkeuteen on otettu rakennusmääräyksissä jo pidemmän aikaa kantaa, matalaa sokkeliä tulee yhä edelleen vastaan kaikenikäisissä kohteissa. Eniten matalaperusteisia rakennuksia on rakennettu 1960- ja 70-luvuilla sekä esimerkiksi vanhoista hirsitaloista. (Malmivaara & Raksystems 2022a.) Siitä huolimatta, että rakennusmääräykset ovat olleet jo pitkään voimassa ja sokkelin vähimmäiskorkeudeksi on määriteltä 30 cm, taloja suunnitellaan vieläkin sellaiseen korkoasemaan, että joiltakin osin saattaa jokin nurkka olla hyvin lähellä maanpinnan tasoa, ja rakenteet ja puuosat ovat liian alhaalta lähteviä (Malmivaara & Raksystems 2022a). Jos puurunkoisen ulkoseinärakenteen alimmat puuosat ovat lähempänä maanpintaa kuin 10 cm, on rakenne herkkä kosteusvaurioille, ja nykyohjeiden mukaan puurakenteiden tulisikin olla maanpinnasta vähintään 30 cm:n korkeudella. (Raksystems Insinööritoimisto Oy 2017a; Raksystems Insinööritoimisto Oy 2017b.)

Ulkoseinän alaosan vaurion aiheuttajia ovat ulkopuolisen maakosteuden pääseminen rakenteisiin, johon syynä on yleensä puutteellisesti toimiva tai jopa täysin puuttuva salaojitus. Vaurion aiheuttajia ovat myös ulkoseinän perustusten alla oleva liian hienojakoinen, kapillaarinen täyttömaa-aines, ja kosteuseristys, joka puuttuu ulkoseinän alajuoksupuun ja sen alla olevan kiviainesrakenteen välistä. Lisäksi voi olla, että sadevesien poisjohtaminen on puutteellista rakennuksen viereltä. Voi myös olla, että maanpintojen kallistukset ovat puutteelliset rakennuksen vierellä. (Raksystems Insinööritoimisto Oy 2017b.)

Putkien materiaalina käytettiin 1960-luvulla kupariputkea, ja liitokset tehtiin sinkkiä sisältävällä messinkijuotteella. Myöhemmin kupariputken ja messinkijuotteen yhdistelmä onkin todettu riskialttiiksi yhdistelmäksi. (Raksystems 2022a.)

60 – ja 70 -luvulla maanvarainen matalalle perustettu alapohja altistaa lattiarakenteet kosteudelle kapillaarisen, maasta nousevan kosteuden muodossa. Sokkelin tai anturan muottilautoja taas on voitu jättää paikoilleen. Lattian betonilaatan ja sen päällä olevan lämmöneristekerroksen kosteusvaurio voi tulla erityisesti puukoolatuissa lattioissa. Ulkoseinissä ja yläpohjassa voi olla puutteellinen tuuletus. Puurakenteinen väliseinä on voitu rakentaa lähtemään eristämättömän pohjabetonilaatan päältä. (Hometalo n.d.)



1960-luvun omakotitalon yleisimpiä riskirakenteita ja ongelmia on myös seuraavasti:

- Kaksoisbetonilaatta-alapohja, jossa kahden betonilaatan välissä on lastuvillalevy tai mineraalivilla.
- Lämpöputket, jotka kulkevat alapohjan eristetilassa.
- Puuttuvat tai virheellisesti tehdyt salaojat tai sellaiset salaojat, joihin vesikaton vedet on ohjattu.
- 1.kerroksen lattiapinnan ja ulkopuolisen maanpinnan välillä on matala korkoero (< 10 cm).
- Tiiliverhoiltu ulkoseinä, jos tuuletusrako puuttuu tiilimuurin takaa, erityisesti, mikäli ulkoseinä on puurakenteinen.
- Mineraalivillalla lämmöneristetty puurakenteinen ulkoseinä, josta puuttuu höyrynsulku ja tuuletusrako julkisivun taustalta.
- Perustusrakenteiden ja alapohjarakenteiden kosteudeneristyssivelyt, jotka saattavat sisältää paljon haitallisia PAH-yhdisteitä.
- Ilmanvaihto, joka on toimimaton tai huonosti toimiva

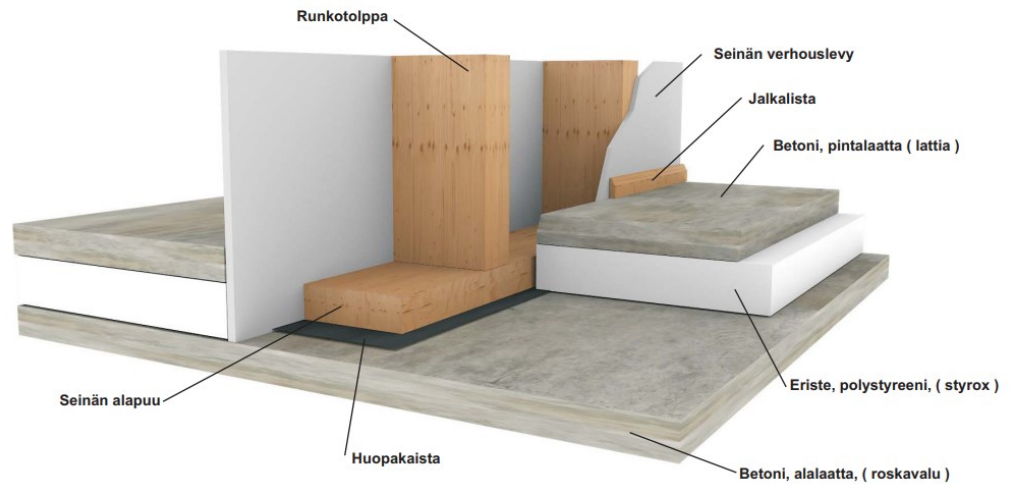
(Käyhkö 2023e.)

Alla on esimerkkejä puurakenteisesta väliseinästä eristämättömän alalaatan päällä. Kuten toisessa kuvassa mainitaan, mikäli rakenteeseen on asennettu huopakaista, se hidastaa seinän alapuun vaurioitumista ja voi jopa estää vaurioitumisen kokonaan (Kosteus -ja home-talkoot 2012, 5).

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Yleiskuva rakenteesta

01A PUURAKENTEINEN VÄLISEINÄ  
ERISTÄMÄTTÖMÄN ALALAATAN PÄÄLLÄ



KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 3. Yleiskuva puurakenteisesta väliseinästä eristämättömän alalaatan päällä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 4).

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Kosteuden Siirtyminen  
Diffuusiolla / Kapillaarisesti

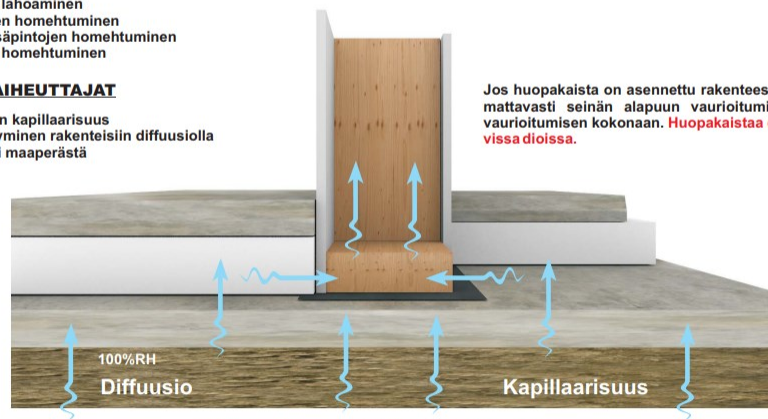
01B PUURAKENTEINEN VÄLISEINÄ  
ERISTÄMÄTTÖMÄN ALALAATAN PÄÄLLÄ

### VAURIOIT

1. Seinän alapuun lahoaminen
2. Seinärakenteiden homehtuminen
3. Seinälevyjen sisäpintojen homehtuminen
4. Seinän alapuun homehtuminen

### VAURIOIDEN AIHEUTTAJAT

1. Lattian alusmaan kapillaarisuus
2. Kosteuden siirtyminen raketeisiin diffuusiolla ja kapillaarisesti maaperästä



Lattian alusmaan huokostilan kosteus 100% RH



KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 4. Vauriokuva puurakenteisesta väliseinästä eristämättömän alalaatan päällä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 5).

## 5.6. 1970-luku

1970-luvun taloista löytyy muun muassa valesokkeliä, tasakattoa, kaksoisbetonilaattarakennetta ja maanvastaista sisäpuolelta lämmöneristettyä seinää. Kyseisissä riskirakenteissa ongelmana on se, että kosteus pääsee rakenteisiin ja aiheuttaa siellä vaurioita, ja ajan saatossa se voi levitä laajaksi kosteusvaurioksi, mikäli ongelmaa ei huomata ajoissa. (Raksystems & Malmivaara 2021.)

Kodeissa, joista löytyy valesokkeli, on tyypillisesti käytetty alapohjarakenteena puukoolattua lattiaratkaisua, eli toisin sanoen kaksoisbetonilaattarakennetta. Tällaisessa rakenteessa runkolaatan päälle on asennettu lämmöneristys ja pinta-laatta. (Raksystems 2022b.) 1960-, 70- ja 80-luvun taloissa tyypillinen vauriorakenne on myös tiili-villa-tiili seinärakenne, joka on tehty ilman tuuletusväliä ja joissa on tavanomaisesti eristetilassa seinän alaosissa vaurioita (Laurinkoski & Mtv uutiset 2014).

Ulkoseinän alajuoksupuun korkeus maanpinnasta voi olla riittämätön, eli talon sokkeli on liian matala. Matalaa sokkeliä tulee vastaan kaikenikäisissä kohteissa. Eniten matalaperusteisia rakennuksia on kuitenkin rakennettu 1960- ja 70-luvuilla sekä esimerkiksi vanhoista hirsitaloista. Siitä huolimatta, että rakennusmääräykset ovat olleet jo pitkään voimassa ja sokkelin vähimmäiskorkeudeksi on määritetty 30 cm, taloja suunnitellaan vieläkin sellaiseen korkoasemaan, että joiltakin osin saattaa jokin nurkka olla hyvin lähellä maanpinnan tasoa, ja rakenteet ja puuosat ovat liian alhaalta lähteviä (Malmivaara & Raksystems 2022a). Jos puurunkoisen ulkoseinärakenteen alimmat puuosat ovat lähempänä maanpintaa kuin 10 cm, on rakenne herkkä kosteusvaurioille, ja nykyohjeiden mukaan puurakenteiden tulisikin olla maanpinnasta vähintään 30 cm:n korkeudella. (Raksystems Insinööritoimisto Oy 2017a; Raksystems Insinööritoimisto Oy 2017b.)

Yleensä 1970-luvulla rakennetuissa matalaperusteisissa kodeissa on riski sille, että talon rakenteita on vaurioittanut maaperän kosteus. Yleisesti ottaen kosteusvaurioita aiheuttavat matala sokkelikorkeus, puutteet sadevesien ja pintavesien

ohjauksissa, sekä rakennuksen alta puuttuva riittävä kapillaarikatko. (Raksystems 2022b.)

Tasakattoratkaisut yleistyivät pientalorakentamisessa 1970-luvulla. Sen riskeihin ei kuitenkaan osattu alussa varautua, ja vesikattoja saatettiin rakentaa jopa ilman kallistuksia tai vedenpoistoa. Lisäksi puutteelliset läpiviennit ja ylösnostot, ja kumibitumipinnoitteen puutteet nostivat kattovuotojen riskiä. (Raksystems 2022b.)

Kun lämmöneristeenä on käytetty mineraalivillaa ja runkolaatan päältä lähtee kantava väliseinä tai pilari, rakenne on kosteusteknisesti kestävä ratkaisu. Rakenteisiin tulee näin kiinnittää erityistä huomiota asumisen ja asuntokaupan aikana. (Raksystems 2022b.)

Putket saatetaan piilottaa kulkemaan sellaisen rakenteen sisälle, jossa on kaksoisbetonilaatta ja puukoolattu lattia. Putkien mahdollinen vaurioituminen huomamiseen saattaa kuluu aikaa, jolloin putkirikon aiheuttamat vauriot saattavat levitä laajalle alueelle. (Raksystems 2022b.)

Raksystems (2022b) mukaan riskejä koituu lisäksi rakenteiden tuuletuksen puutteesta, ja tämä aiheuttaa sen, että sisäilman kosteus pääsee tiivistymään vesikattorakenteisiin. Siihen, että kosteus tiivistyy, vaikuttaa tuuletus vesikatteen alla, rakenteen höyrysulku ja eristeenä käytetyn mineraalivillan tarvitsema höyrysulun puuttuminen. 1970-luvun kodeissa on yleistä, että tasakattoja muutetaan harjakatoiksi tai aumakatoiksi (Raksystems 2022b.)

Kattoremonteissa kannattaa huomioida vesikaton tuulettuminen. Jos kattoremontissa alkuperäiseen vesikattoon ei ole koskettu, sisäilman kosteuden tiivistymisriski on edelleen olemassa. Raksystems (2022b) mukaan ”1970-luvun puolella välissä yleistynyt käkikellotalojen rakentamisessa vesikaton ja lämmöneristeen välinen tuuletus on ongelmallinen ja toimimattomana kosteuden tiivistyminen rakenteisiin on todennäköistä.” Rakennekuvissa niin sanottujen käkikellotalojen kohdalla tuuletusraoksi on merkitty vinokatto-osuuksilla 20 mm. Oikeasti asiantuntijoiden tutkimissa katoissa tuuletusraot ovat kuitenkin lähes poikkeuksetta nollassa, jolloin rakenne ei pääse tuulettumaan ja vaurioitumisriski on täten korkea. (Raksystems 2022b.)

Maanvarainen alapohja on voitu perustaa matalalle, mikä voi altistaa lattiarakenteet kosteudelle kapillaarisen maasta nousevan kosteuden muodossa. Anturan tai sokkelin muottilautoja on saatettu poistamatta jättää paikoilleen. Voi myös olla, että eristämättömän pohjabetonilaatan päältä on rakennettu lähtemään puurakenteinen väliseinä. Tiilivuoratun ulkoseinän tuulettumattomuus voi tapahtua siten, että laastipurseita on tuuletusvälissä, tiilien väleistä puuttuu tuuletusrakoja tai tuuletusväliä ei ole ollenkaan. Lisäksi on lattian betonilaatan sekä lämmöneristekerroksen kosteusvaurio, erityisesti puukoolatuissa lattioissa. (Hometalo n.d.)

Riskirakenteita tai ongelmia on myös seuraavasti:

- Perustaminen on tehty usein huonolle perusmaalle.
- Rakenteissa saattaa olla asbestia.
- Ikkunat, jotka ovat alkuperäisiä, ovat huonolaatuisia.
- Ilmanvaihtoa ei ole lainkaan tai sen toimivuus on huono.
- Ongelmat, jotka liittyvät painovoimaiseen ilmanvaihtoon.
- Maanvarainen ja yläpuolelta lämmöneristetty alapohjarakenne, kun mineraalivilla on lämmöneristeenä.
- Lämpöputket kulkevat alapohjan eristetilassa.
- Puuttuvat tai virheellisesti tehdyt salaojat tai sellaiset salaojat, joihin vesikaton vedet on ohjattu.
- 1.kerroksen lattiapinnan ja ulkopuolisen maanpinnan välillä on matala korkoero (< 10 cm).
- Ulkoseinä, joka on tiiliverhoiltu, jos julkisivun tiilimuurin takaa puuttuu tuuletusrako ja erityisesti, jos ulkoseinä on puurakenteinen.

(Käyhkö 2023f.)

### **5.7. 1980-luku**

Tyypillisiä ongelmia 1980-luvun talossa ovat

- salaojitus, joka puuttuu tai ei toimi
- kosteissa tiloissa oleva puutteellinen vedeneristys
- epätiivety aluskatteessa ja vesikattojen kattoikkunat
- valesokkelista johtuvat alajuoksun kosteusongelmat/homeongelmat

- puukoolatut lattiat betonilaatan päälle
- väliseinät, jotka lähtevät lattiapinnan alapuolelta
- kellarikerroksissa maanvastaisten seinien sisäpuoliset lämmöneristykset
- ilmanvaihto, joka on puutteellinen
- puutteellinen eristys ilmanvaihtoputkissa
- ulko-ovien ja ikkunoiden puutteellinen tiiveys tai toimivuus.

(Kaijomaa, 2023a.)

Rakentamisessa 1980-luvulla kodin kellaritiloihin sijoitettiin märkätilojen lisäksi usein takka- ja makuuhuonetiloja. Kellarin lattiarakenne toteutettiin usein siten, että kivirakenteisen rungon päälle asennettiin koolattu puurunko, jonka eristeenä käytettiin mineraalivillaa. Tällaista rakennetta pidetään tänä päivänä riskirakenteena. (Raksystems 2019.)

Erityisesti 1980-luku oli kulta-aikaa puukoolatulle seinärakentamiselle, mutta toisaalta rakennetta käytetään edelleen. Tällaisia rakenteita tulee tarkastuksilla vastaan varsinkin korjausrakentamisen kautta. Puuliiterteitä sekä kellaritiloja on esimerkiksi muutettu asumiskäyttöön, ja voidaan sanoa, että mikäli kohteessa on kellaritila, sieltä todennäköisesti löytyy jossain muodossa tämä riskirakenne. (Malmivaara & Raksystems 2022b.)

Raksystems (2019) mukaan pientalorakentamisessa käytettiin paljon rakennusmuovia ilman- ja höyrynsulkuna, joka vuosien saatossa todennäköisesti haurastuu. Sisätiloista pääsee kulkeutumaan lämpövirtausta sekä vesihöyryä yläpohjaan, kun yläpohjasta uupuu höyrynsulku, se on vioittunut tai puutteellisesti asennettu. Kylminä vuodenaikoina sisätiloista yläpohjaan ja ullakotilaan siirtyvä kosteus voi kondensoitua rakenteiden kylmille pinnoille, kuten vesikattoon ja siten valua sieltä lämmöneristeisiin. (Raksystems 2019.)

Höyrynsulkujen tiiviydessä on kattoikkunoiden pielissä tyypillisesti puutteita tai höyrynsulkua ei jopa ole. Pielien lämmöneristyksessä voi myös olla puutteita. Tämän seurauksena kosteus yleensä tiivistyy kattoikkunaa ympäröiviin rakenteisiin, ja jäätä saattaa muodostua yläpohjan tuuletusväliin kattoikkunan ympärille,

minkä seurauksena yläpohjan ja ikkunan rakenteissa voi olla piilossa olevia kosteusvaurioita. (Raksystems 2019).

Maanvarainen alapohja perustettu matalalle, mikä voi altistaa lattiarakenteet kosteudelle kapillaarinen maasta nousevan kosteuden muodossa. Puurakenteinen väliseinä on voitu rakentaa lähtemään suoraan eristämättömän pohjabetonilaatan päältä. Tiilivuoratun ulkoseinän tuulettumattomuus voi jälleen tapahtua niin, että laastipurseita on tuuletusvälissä, tiilien väleistä puuttuu tuuletusrakoja tai tuuletusväliä ei ole ollenkaan. On myös lattian betonilaatan sekä lämmöneristekerroksen kosteusvauriot, erityisesti puukoolattujen lattioiden kanssa. (Hometalo n.d.)

Myös 80-luvun taloissa tyypillinen vauriorakenne on tiili-villa-tiili seinärakenne, joka on tehty ilman tuuletusväliä ja joissa on tavanomaisesti eristetilassa seinän alaosissa vaurioita (Laurinkoski & Mtv uutiset 2014).

Ongelmia tai riskirakenteita on myös seuraavasti:

- Rakenteet saattavat sisältää materiaaleja, jotka ovat asbestipitoisia.
- Radonkatkot perustusrakenteissa on tehty puutteellisesti.
- Ikkunat, jotka ovat alkuperäisiä, ovat huonolaatuisia.
- Ilmanvaihto, joka on alkuperäinen, saattaa toimia huonosti.
- Ilmanvaihto, joka on toimimaton.
- Puuttuvat tai virheellisesti tehdyt salaojat tai sellaiset salaojat, joihin vesikaton vedet on ohjattu.
- Maanvastaiset kellarin seinät, jotka ovat sisäpuolelta kosteus – ja lämmöneristetty.
- Ulkopuolelta vedeneristämättömät, maanvastaiset kellarin kevytsora-harkkoseinät.
- Vesikattojen vuodot.
- Puurakenteinen tuulettuva alapohja, joka tuulettuu huonosti tai jonka pohjalla on savea, märkää maata ja niin edelleen.
- Yläpuolelta lämmöneristetty, maanvarainen alapohjarakenne, silloin kun lämmöneristeenä on mineraalivilla.

- Sellainen ulkoseinä, joka on tiiliverhoiltu ja jossa julkisivun tiilimuurin takaa puuttuu tuuletusrako, tai tuuletusrako on tukossa, erityisesti, mikäli ulkoseinä on puurakenteinen.

(Käyhkö 2023g.)

## 5.8. 1990-luku

Tyypillisiä ongelmia 1990-luvun taloissa on seuraavasti:

- On salaojitus, joka puuttuu tai ei toimi.
- Maanvastaisissa kellarikerroksen seinissä on kosteusvaurioita.
- Ryömintätalaisissa alapohjissa on puutteellinen tuuletus.
- Kosteissa tiloissa on puutteellinen vedeneristys.
- Ilmanvaihtojärjestelmän korvausilman saanti on puutteellista.
- Aluskatteen läpivientien tiiveydessä on puutetta.
- Vinoissa yläpohjarakenteissa on puutteellinen tuuletus.
- Elementtitalojen liitoskohdissa on lämpövuotoja.

(Kaijomaa 2023b.)

Näiden lisäksi on kattojiirien vuotoa, parvekkeiden aiheuttamia vuotovahinkoja, ja aluskatteen virheellistä asennusta esimerkiksi siten, että on limityspuutteita, korotusrimat puuttuvat, ja aluskate päätetty seinälinjalle. Lisäksi piippujen ja tuuletusputkien läpivienneissä on puutetta. (Hometalo n.d.)

Pientalojen rakenteissa tapahtui 1990-luvulla muutosta parempaan suuntaan, ja perinteisten riskirakenteiden käyttö väheni vuosi vuodelta uudiskohteissa. Pientaloissa, jotka ovat 1990-luvulta, on kuitenkin vieläkin voitu käyttää joitakin riskirakenteita. (Käyhkö 2023h).

Lisäksi 1990-luvun pientalon yleisimpiä riskejä ovat:

- Salaojat, jotka on asennettu väärään korkoon, tai salaojat, joista puuttuu tarkastuskaivot.
- Sisäpuolelta lämmöneristetyt, kellarin maanvastaiset seinät.



- Kellarissa olevat maanvastaiset kevytsoraharkkoseinät, joita ei ole ulkopuolelta vedeneristetty.
- Valesokkeli erityisesti siinä tapauksessa, että seinä on puurunkoinen.
- Alapohjarakenne joka on maanvarainen ja yläpuolelta lämmöneristetty, kun lämmöneristeenä on mineraalivilla.
- Tuulettuva puurakenteinen alapohja, jonka tuulettuminen tapahtuu huonosti tai jonka pohjalla on märkää savea, maata jne.
- Ulkoseinä, joka on tiiliverhoiltu ja jossa tiilen takana oleva tuuletusrako on tukossa erityisesti, mikäli ulkoseinä on puurakenteinen.
- Väliseinät, jotka ovat puurunkoisia ja joiden alaosa on lattiapinnan alapuolella.

(Käyhkö 2023h.)

Näiden lisäksi huono puoli on, jos perustusrakenteiden radonkatkot on tehty puutteellisesti. Alkuperäiset ikkunat voivat taas olla huonolaatuisia.

(Käyhkö 2023h.)

## 5.9. 2000-luku

Tyypillisiä ongelmia 2000-luvun talossa on esimerkiksi seuraavasti:

- Salaojien huolto tai puhdistus on puutteellista.
- Ilmanvaihtokanavien nuohous on puutteellista.
- Ilmanvaihtokoneen suodatinta ei ole vaihdettu.
- Vedeneristyksessä märkätiloissa on työvirheitä.
- Aluskatteen asennuksessa sekä läpivienneissä on puutteita.
- Lumi ja jää ovat rikkoneet tiiliä vesikatolla.
- Vesikaton läpivientien tarkastusta ja räystäskourujen puhdistusta ei ole suoritettu.
- Puujulkisivujen huoltomaalaus on puutteellista.

(Kaijomaa 2023c.)

Näiden lisäksi on höyrynsulkumuovien puutteita, kattojiirien vuotoa, parvekkeiden aiheuttamia vuotovahinkoja, ja aluskatteen virheellistä asennusta esimerkiksi

siten, että on limityspuutteita ja aluskate voi päättyä seinälinjalle. Näiden lisäksi piippujen ja tuuletusputkien läpivienneissä voi olla puutteita. Lisäksi voi olla huolimattomuutta vedeneristyksen asennuksessa, kuten läpivienneissä, lattiakaivoissa, kynnyksissä ja limityksissä. (Hometalo n.d.)

Salaojien kanssa voi myös olla niin, että ne on asennettu väärään korkoon tai on salaojat, joista puuttuu tarkastuskaivot. On myös kellarin maanvastaiset kevytso-raharkkoseinät, joita ei ole vedeneristetty ulkopuolelta. Lisäksi on puurakenteinen tuulettuva alapohja, joka tuulettuu huonosti tai jonka pohjalla on märkää maata, ja puurunkoiset väliseinät, joiden alaosa on lattiapinnan alapuolella. (Käyhkö 2023i).

### **5.10. Yhteistä kaikille vuosikymmenille**

Myös seuraavia ongelmia tai riskejä on yhteisesti vuosikymmenillä:

- Ryömintätilassa puutteellinen tuuletus. (Tuuletuskatveet ja liian pienet tuuletuaukot, ja niiden käyttö virheellistä)
- Ryömintätilaan jätetty orgaaninen aines, kuten sahajauhot ja puu.
- Salaojitus joko on tullut käyttöikänsä päähän, on asennettu virheellisesti tai puuttuu kokonaan.
- Pihan kallistukset ovat virheelliset ja sadevesijärjestelmä puuttuu.

(Hometalo n.d.)

## 6 MUITA RISKIRAKENTEITA JA ONGELMIA

Myös muita ongelmallisia rakenteita löytyy eri ajanjaksoilta, kuten seuraavissa kohdissa on mainittu.

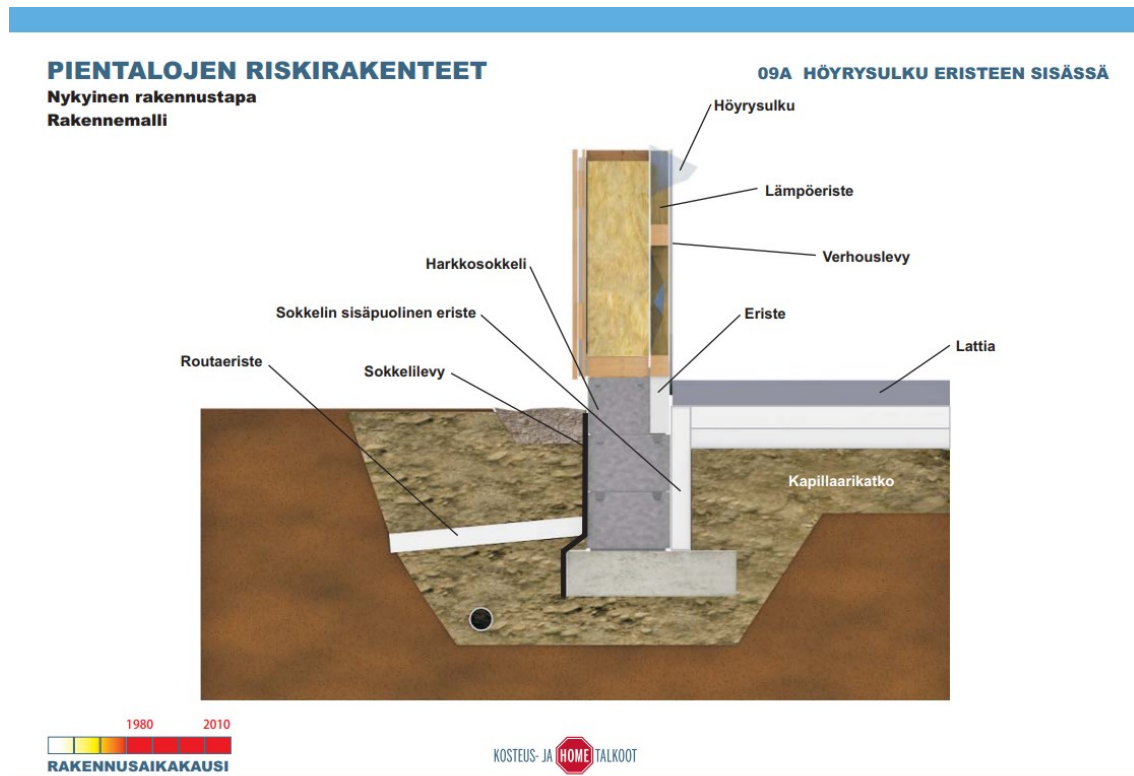
- ”Höyrynsulku eristeen sisässä.
- Betoniväliseinä alalaatan päällä.
- Märkätilan läpiviennit.
- Päällelaatoitus.”

(Kosteus – ja hometalkoot 2012, 2)

- ”Ennen vuotta 1950 rakennettu hirsiseinä.”

(Raksystems 2017)

Seuraavissa kuvissa on myös esitetty erilaisia riskirakenteita.



KUVA 5. Kuva höyrynsulusta eristeen sisässä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 39).

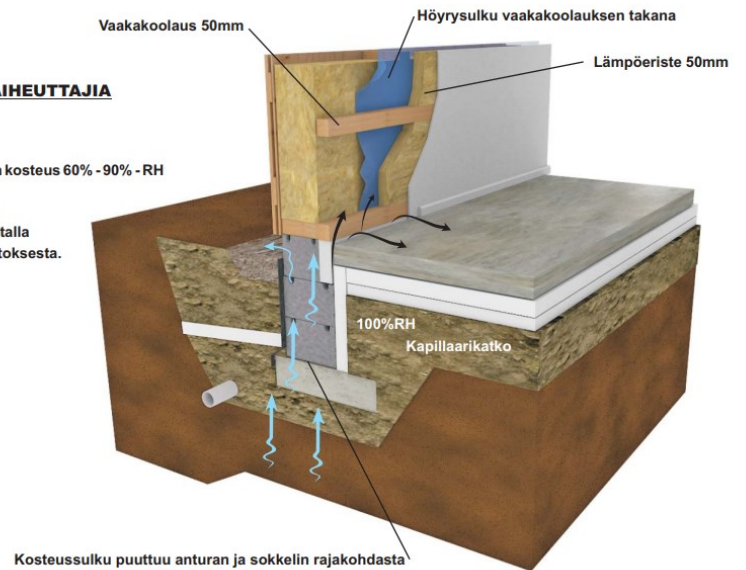
## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Nykyinen rakennustapa  
Riskianalyysi

### RAKENTEIDEN KOSTEUSRISKEJÄ / AIHEUTTAJIA

- Sokkelin sisäpuolinen eristäminen
  - Höyrysulun sijoittaminen eristeen sisään
  - Talvirakentamisessa sisäilmassa suhteellinen kosteus 60% - 90% - RH
  - Anturan päältä puuttuu kostuseristys
  - Maaperän kosteus siirtyy sokkelirakenteisiin
  - Maapinnan muotoilu / korkeus sokkelin vierustalla
  - Ilmaa virtaa sisäilmaan ulkoseinän ja lattian liitoksesta.
- Liitoksen tiiveys usein puutteellinen.

### 09B HÖYRYSULKU ERISTEEN SISÄSSÄ



1980 2010  
RAKENNUSAIKAKAUSI

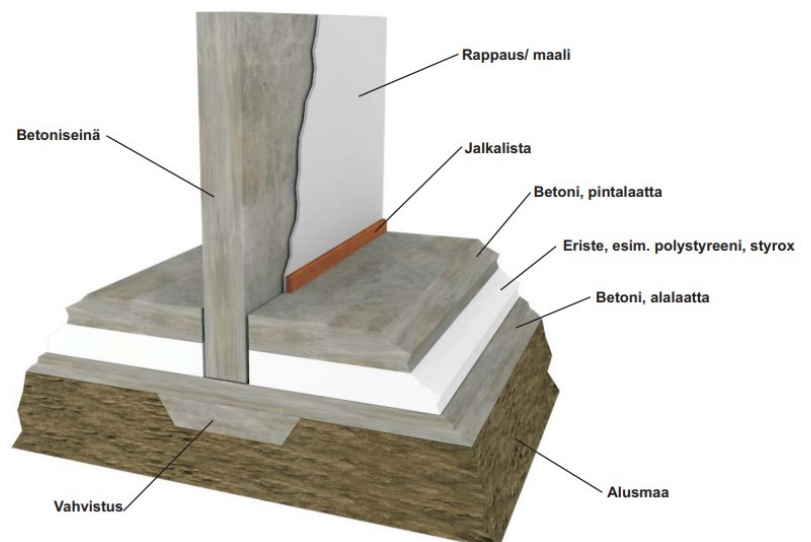
KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 6. Kuva höyrysulusta eristeen sisässä, riskianalyysi (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 40).

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Yleiskuva rakenteesta

### 10A BETONIVÄLISEINÄ ALALAATAN PÄÄLLÄ



1950 1980 2010  
RAKENNUSAIKAKAUSI

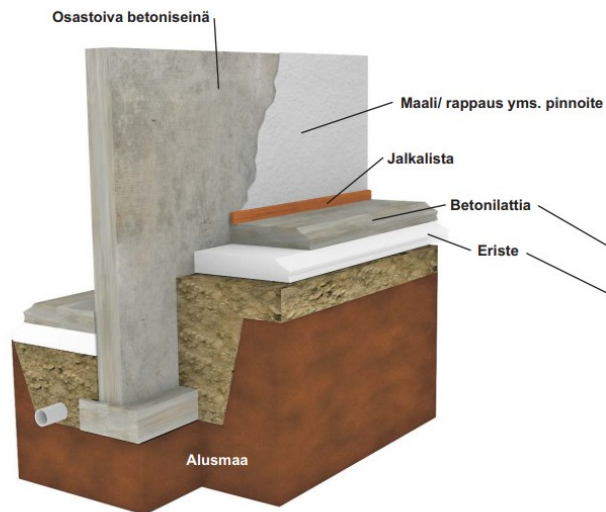
KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 7. Betoniväliseinä alalaatan päällä (Kosteus – ja hometalkoot, 2012, 43).

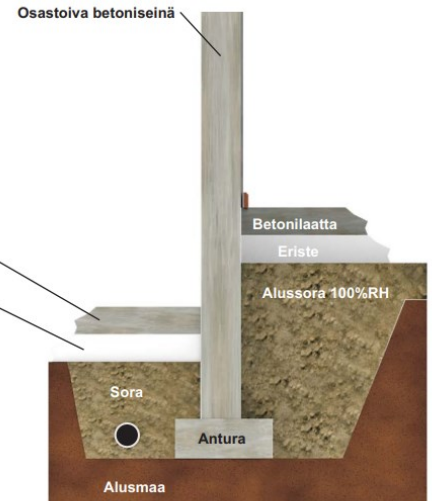
### PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Yleiskuva rakenteesta

Betoniseinä kosketuksissa alusmaan kanssa  
Tyypillinen talojen rinnetekaisuissa



### 11A BETONISEINÄ ANTURAN PÄÄLLÄ NS. OSASTOIVA SEINÄ



Lattioiden korkeusero muuttuu osastoivan seinän kohdalla. Rakenteet ovat tyypillisiä rivitaloissa.



KOSTEUS- JA HOMETALKOOT

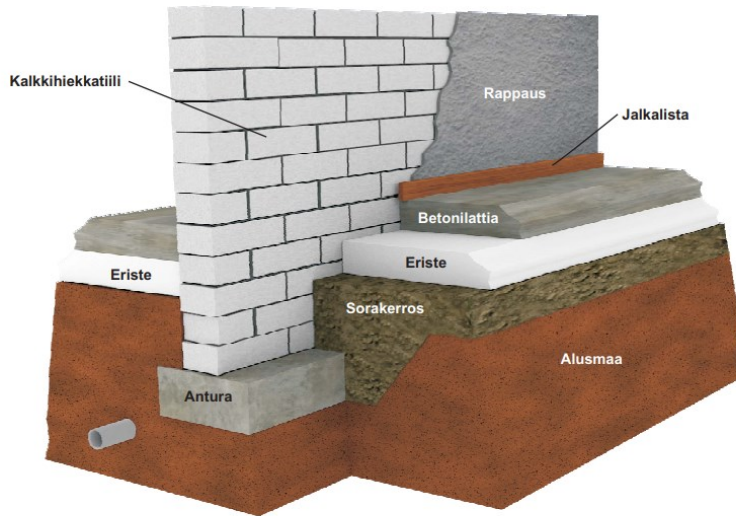
KUVA 8. Yleiskuva betoniseinästä anturan päällä, eli niin sanotusta osastoivasta seinästä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 49).

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

12A TIILISEINÄ ANTURAN PÄÄLLÄ

Yleiskuva rakenteesta

Tiiliseinä anturan päällä ja kosketuksissa alusmaan kanssa



KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 9. Kuva tiiliseinästä anturan päällä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 52).

## PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

13A TIILISEINÄ ALALAATAN PÄÄLLÄ

Kuntotutkimusmenetelmät

Kosteuden siirtyminen diffuusiolla/  
kapillaarisesti

### VAURIOIT

1. Betonipinnan homehtuminen
2. Laasti/ maalipinnan homehtuminen
3. Laasti/ maalipinnan hilseily
4. Jalkalistan taustan homehtuminen

### KOSTEUDEN MITTAUS

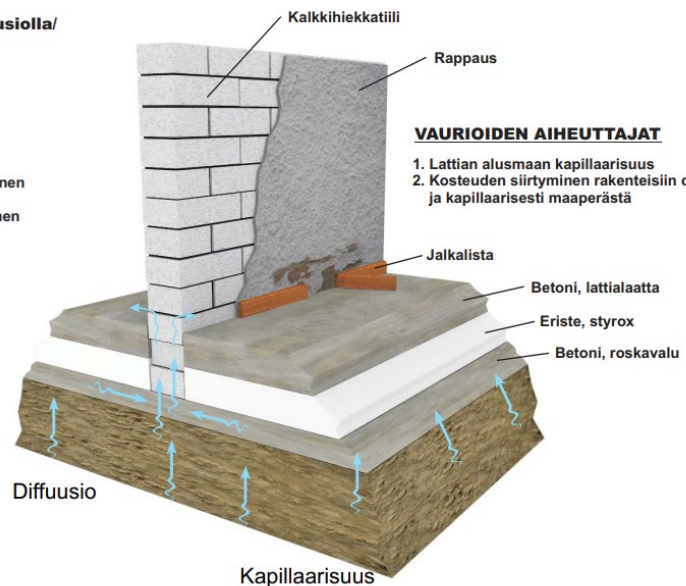
- DIOJEN 10D, E mukaan

### RAKENNENÄYTTEET

- DIAN 10F mukaan

### VAURIOIDEN AIHEUTTAJAT

1. Lattian alusmaan kapillaarisuus
2. Kosteuden siirtyminen rakenteisiin diffuusiolla ja kapillaarisesti maaperästä

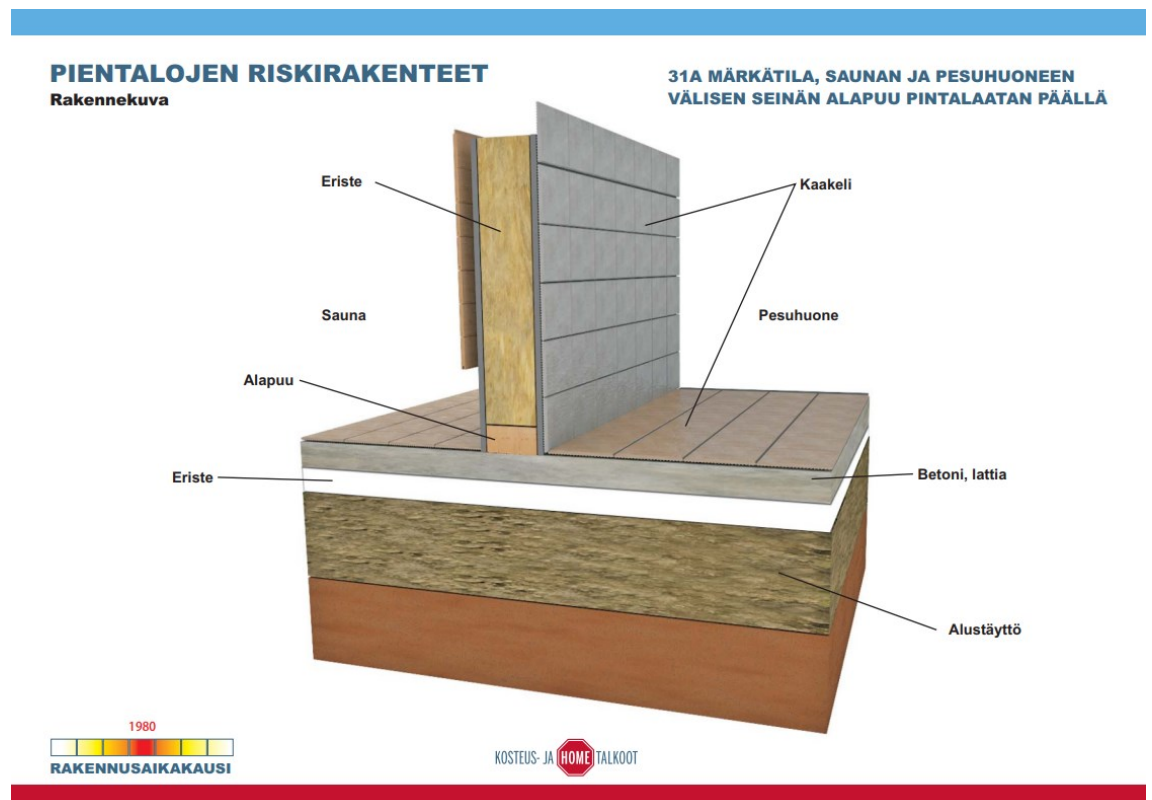


KOSTEUS- JA HOME TALKOOT

KUVA 10. Kuva tiiliseinästä alalaatan päällä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 54).



KUVA 11. Reunavahvistettu laatta, jossa parketti on suoraan laatan päällä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 58).



KUVA 12. Märkätila, saunan ja pesuhuoneen välisen seinän alapuu pintalaatan päällä (Kosteus – ja hometalkoot 2012, 100).



## 7 POHDINTA

Opinnäytetyössä etsittiin tietoa erilaisista kuntotutkimuksista, sisäilmasta ja riskirakenteista sekä ongelmista. Näihin saatiinkin jonkin verran vastauksia. Suomessa on rakennuksissa useita riskirakenteita ja ongelmia, erityisesti valesokkeli 60- ja 70-luvuilla. Riskirakenne ei tarkoita, että riski välttämättä toteutuu, mutta rakenteen kunto voi olla hyvä tarkistaa. Rakenteen kunnan tarkastusmenetelmä valitaan tapauskohtaisesti. Riskirakenne tarkoittaa rakennetta, joka on riskialtis esimerkiksi maasta nousevalle kosteudelle. Riskirakenteet voivat myös vaikuttaa sisäilmaan kosteusvaurioiden vuoksi.

Toistuvia riskirakenteita tai ongelmia ovat esimerkiksi haitta-ainepitoiset materiaalit, puutteellinen salaojitus, puutteellinen tuuletus ryömintätilaisissa alapohjissa, puutteellinen tuuletus yläpohjarakenteissa, kellarin kosteusongelmat, ulkoseinät, jonka takaa puuttuu tuuletusrako ja puutteellinen vedeneristys kosteissa tiloissa. Tämän lisäksi on valesokkeli, kaksoisbetonilaatta, ja väliseinät, jotka lähtevät lattiapinnan alapuolelta.

Tämän opinnäytetyön tietoja voivat hyödyntää esimerkiksi yhtiöt, jotka työskentelevät erityisesti iäkkäämpien pientalojen kanssa. Myös pientalojen omistajat voivat saada tietoa asuinrakennuksista. Toisaalta opiskelijat tai opinnäytetyön tekijä voisivat hyvinkin käyttää hyödyksi tulevassa ammatissaan tietoa riskirakenteista, erilaisista ongelmista ja mittauksista.

Eräänä haasteena opinnäytetyössä oli mittausaiheen rajaaminen ja opinnäytetyön hionta. Opinnäytetyö rajattiin riskirakenteiden näkökulmasta pientaloihin. Aihetta laajentaessa voitaisiin ottaa huomioon myös muiden rakennusten, kuin vain pientalojen, riskirakenteet. Näitä voisivat olla sellaiset korkeat kerrostalot, jotka eivät kuulu pientaloihin.

Mittausmenetelmät ja riskirakenteet ovat jonkin verran toisistaan poikkeavia aiheita, mutta näiden yhteydestä on hyvä olla tietoinen. Jos haluttaisiin laajentaa aihetta, voitaisiin esimerkiksi mittaukstopoihin kirjata ylös myös betonin jaksoittain luettavaa seurantamittausta ja betonin jatkuvatoimista seurantamittausta.

Opinnäytetyön tavoite vaihteli hieman, mutta jossain vaiheessa tavoitteena oli hakea tietoa mittauksista, eri riskirakenteista, ja tehdä näistä selvitys tähän opinnäytetyöhön. Tältä näkökulmalta tavoite on onnistunut. Käytetyt menetelmät ovat myös olleet sopivia työhön, kuten pdf-dokumentit ja eri internet-sivut. Erilaisten riskirakenteiden korjausmenetelmät voisi olla vielä oma opinnäytetyöaiheensa.

Eriyisesti TERVATEK® INSINÖÖRITOIMISTO:lle, jolle tehtiin opinnäytetyötä, saatiin mahdollisuus muuttaa toimintatapoja jonkin verran. Insinööritoimiston mukaan yhtenä tärkeimpänä tavoitteena oli tunnistaa, kuinka insinööritoimiston toiminnassa noudatetaan sen toimintaan liittyviä yleisiä ohjeistuksia ja hyviä käytäntöjä palveluissa, jotka liittyvät riskirakenteiden tutkimiseen. Yhtiön mielestä opinnäytetyössä tunnistettiin ohjeistuksia, ja hyviä käytäntöjä, joita alalla pitää noudattaa, ja pystyttiin myös tunnistamaan yhtiön toiminnasta millä tasolla niiden noudattaminen on hyvällä tasolla ja lisäksi kehitettäviä osa-alueita.

Tulevaisuudessa riskirakenteiden määrä saattaa vähentyä, kun virheistä on opittu, mutta toisaalta aiemmat riskirakenteet ovat olleet aikansa ohjeiden mukaan tehtyjä. Opinnäytetyö antaa alustavaa tietoa, mutta lisää tietoa saa niistä suoritusohjeista ja lähteistä, joita tässä opinnäytetyössä on käytetty. Eri lähteistä löytyy myös havainnollistavia kuvia tärkeiden riskirakenteiden hahmottamista varten. Toisaalta tiettyjä rakenteita on yhä tietyn ikäisissä taloissa, kuten asumiskäyttöön muutettuja kellaritiloja.

## LÄHTEET

Asbesti.info. 2017. PCB? Onko se vaarallista? Missä sitä on? Verkkosivu. Viitattu 12.11.2023. <https://www.asbesti.info/post/2017/09/29/pcb-onko-se-vaarallista-miss-c3-a4-sit-c3-a4-on>

Biltema. n.d. Tarkastuskamera, tallentava. Verkkosivu. Viitattu 12.11.2023. <https://www.biltema.fi/autoilu---mp/korjaamovarusteet/tarkastustyokalut/tarkastuskamera-tallentava-2000044577>

Clas Ohlson. n.d. Verkkosivu. Viitattu 22.11.2023. <https://www.clasohlson.com/fi/S%C3%A4hk%C3%B6/Mittalaitteet-&-yleismittarit/Endoskoopit/c/1958>

Hengitysliitto n.d.a. Rakennusten haitta-aineet. PAH-yhdisteet ja kreosootti. Hengitysliitto. Viitattu 12.11.2023. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/rakennusten-haitta-aineet/>

Hengitysliitto n.d.b. Rakennusten haitta-aineet. PCB-yhdisteet. Hengitysliitto. Viitattu 12.11.2023. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/rakennusten-haitta-aineet/>

Hengitysliitto. n.d.c. Sisäilman epäpuhtaudet ja hajut. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Volatile Organic Compounds, VOC). Verkkosivu. Viitattu 12.11.2023. <https://www.hengitysliitto.fi/kodin-sisailma-ja-kunnossapito/sisailman-laatu/sisailman-epapuhtaudet-ja-hajut/>

Hometalkoot. 2016. 1940-luvun talo. Hometalkoot. Hengitysliitto. Pdf-dokumentti. Viitattu 17.3.2023. [https://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1940\\_omakotitalo\\_ongelmakohtat.pdf](https://www.hometalkoot.fi/pdf/omakotitalo/1940_omakotitalo_ongelmakohtat.pdf)

Hometalo. n.d. Riskirakenteet eri aikakausilla. Riskirakenteet, kuten valesokkeli ja puukoolattu lattia olivat yleisiä 1960-80 luvuilla. Viitattu 29.11.2023. <https://www.hometalo.fi/hometalon-tunnistaminen/riskirakenteet/>

Kaijomaa, M. 2023a. Pientalotohtori – Kuntotarkastus 1980-luvun taloon. Suomela. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://www.suomela.fi/pientalotohtori-kuntotarkastus-1980-luvun-taloon/>

Kaijomaa, M. 2023b. Pientalotohtori: kuntotarkastus 1990-luvun taloon. Suomela. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://www.suomela.fi/pientalotohtori-kuntotarkastus-1990-luvun-taloon/>

Kaijomaa, M. 2023c. Pientalotohtori – Kuntotarkastus 2000-luvun taloon. Suomela. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://www.suomela.fi/pientalotohtori-kuntotarkastus-2000-luvun-taloon/>

Kosteus – ja hometalkoot. 2012. Tunnista ja tutki riskirakenne -opetusmateriaali. Pientalojen riskirakenteet. Hometalkoot. Hengitysliitto. Pdf- dokumentti. Viitattu 6.12.2023. <https://www.hometalkoot.fi/file/15814.pdf>

Käyhkö, K. 2023a. 1920-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 7.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1920-luvun-omakotitalo/#hyvat-ja-huonot-puolet>

Käyhkö, K. 2023b. 1930-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1930-luvun-omakotitalo/#hyvat-ja-huonot-puolet>

Käyhkö, K. 2023c. 1940-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 4.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1940-luvun-omakotitalo/>

Käyhkö, K. 2023d. 1950-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 4.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1950-luvun-omakotitalo/>

Käyhkö, K. 2023e. 1960-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 5.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1960-luvun-omakotitalo/>

Käyhkö, K. 2023f. 1970-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 23.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1970-luvun-omakotitalo/>

Käyhkö, K. 2023g. 1980-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 20.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1980-luvun-omakotitalo/>

Käyhkö, K. 2023h. 1990-luvun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 7.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/1990-luvun-omakotitalo/>

Käyhkö, K. 2023i. 2000-luvun alun omakotitalot. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 7.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/2000-luvun-alun-omakotitalo/#hyvat-ja-huonot-puolet>

Käyhkö, K. 2023j. Omakotitalon riskirakenteet. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 24.11.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakennukset/omakotitalon-riskirakenteet/>

Käyhkö, K. 2023k. Valesokkelirakenne eli piilosokkeli. Asuinrakennukset. Verkkosivu. Viitattu 1.12.2023. <https://www.asuinrakennukset.fi/rakenteet/valesokkelirakenne-eli-piilosokkeli/>

Malmivaara, K. & Raksystems Group Oy 2023a. RISKIRAKENTEET - OSA 1. Raksystems. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.10.2023. [https://raksystems.fi/wp-content/uploads/2023/10/Raksystems\\_OPAS\\_riskirakenteet1\\_06-2023\\_web.pdf](https://raksystems.fi/wp-content/uploads/2023/10/Raksystems_OPAS_riskirakenteet1_06-2023_web.pdf)

Malmivaara, K. & Raksystems Group Oy 2023b. RISKIRAKENTEET - OSA 2. Raksystems. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.10.2023 [https://raksystems.fi/wp-content/uploads/2023/10/Raksystems\\_Riskirakenteet\\_2\\_opas\\_10\\_2023\\_web.pdf](https://raksystems.fi/wp-content/uploads/2023/10/Raksystems_Riskirakenteet_2_opas_10_2023_web.pdf)

Malmivaara & Raksystems. 2022a. Liian matala talon sokkeli on riskirakenne. Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2023. <https://raksystems.fi/ajankoh-taista/matala-sokkeli-on-riskirakenne/>

Malmivaara & Raksystems. 2022b. Maanvastainen sisäpuolelta lämmöneristetty seinä on tyypillinen rakenneratkaisu kellarillisissa tiloissa. Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2023 <https://raksystems.fi/ajankohtaista/maanvastainen-sisa-puolelta-lammoneristetty-seina-on-tyypillinen-rakenneratkaisu-kellarillisissa-tiloissa/>

Laurinkoski, M. & Mtv uutiset. 2014. Huonoimmat rakenneratkaisut 1960-luvun taloissa – valesokkeleita ja tiiviitä ulkoseiniä. Mtv uutiset. Verkkosivu. Viitattu 5.12.2023. <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/huonoimmat-rakenneratkaisut-1960-luvun-taloissa-valesokkeleita-ja-tiiviita-ulkoseinia/4338102#gs.t8r7sv>

Pitkäranta, M. 2016. Ympäristöopas 2016: Rakennuksen kosteus- ja sisäilma-tekniinen kuntotutkimus. Ympäristöministeriö. Pdf-dokumentti. Viitattu 3.12.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4626-8>

Raksystems. 2017. Riskirakenne. Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 29.11.2023. <https://raksystems.fi/sanasto/riskirakenne/>

Raksystems. 2019. 1980-luvulla rakennettiin monimuotoisia Kahi-tiilitaloja. Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 17.3.2023. <https://raksystems.fi/ajankoh-taista/1980-luvulla-rakennettiin-monimuotoisia-kahi-tiilitaloja/>

Raksystems. 2022a. Mitkä ovat 1960-luvun talon ongelmat? Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 29.11.2023. <https://raksystems.fi/ajankohtaista/1960-luvun-pientaloille-ominaiset-rakenneratkaisut/>

Raksystems. 2022b. Mitkä ovat 1970-luvun talon piirteitä ja ongelmia? Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2023. <https://raksystems.fi/ajankohtaista/1970-luvun-pientalot-ja-niille-ominaiset-rakenneratkaisut/>

Raksystems. 2023a. Mikä on riskirakenne? Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023 <https://rakersystems.fi/ajankohtaista/mika-on-riskirakenne/>

Raksystems. 2023b. Mistä tunnistan vale- eli piilosokkelin? Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 5.12.2023. <https://rakersystems.fi/ajankohtaista/valesokkeli/>

Raksystems. 2023c. Mitkä ovat 1950-luvun rintamamiestalon ongelmat? Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 2.12.2023. <https://rakersystems.fi/ajankohtaista/mitka-ovat-1950-luvun-rintamamiestalojen-ongelmat/>

Raksystems. 2023d. Rakenneavaus kuntotarkastuksen yhteydessä tuo varmuutta. Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 7.12.2023. <https://rakersystems.fi/ajankohtaista/rakenneavaus-kuntotarkastuksen-yhteydessa-tuo-varmuutta/>

Raksystems Insinööritoimisto Oy. 2017a. Ulkoseinän alajuoksupuun korkeus maanpinnasta riittämätön. Verkkosivu. Viitattu 6.12.2023. <https://rakersystems.fi/sanasto/ulkoseinan-alajuoksupuun-korkeus-maanpinnasta-riittamaton/>

Raksystems Insinööritoimisto Oy. 2017b. Ulkoseinän alajuoksupuun korkeus maanpinnasta riittämätön (>10cm). Pdf-dokumentti. Viitattu 6.12.2023. <https://rakersystems.fi/wp-content/uploads/2017/04/Ulkosein%C3%A4n-alajuoksupuun-korkeus-maanpinnasta-riitt%C3%A4m%C3%A4t%C3%B6n.pdf>

Raksystems & Malmivaara, K. 2021. Ihmiset ostavat nyt 70-luvun omakotitaloja ymmärtämättä riskejä: pahimmillaan kustannukset nousevat 50 000 euroon. Raksystems. Verkkosivu. Viitattu 6.12.2023. <https://rakersystems.fi/tiedote/ihmiset-ostavat-nyt-70-luvun-omakotitaloja-ymmartamatta-riskeja-pahimmillaan-kustannukset-nousevat-50-000-euroon/>

RT 103333, Betonin suhteellisen kosteuden mittaus. 2021. RT-kortisto. RT-ohjekortti. Rakennustieto Oy. Viitattu 28.11.2023. Copyright Rakennustietosäätiö RTS 2021. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103333?navref=Search>

SKVL. 2018. Miksi teettää asunnon kuntotarkastus? SKVL. Verkkosivu. Viitattu 1.12.2023. <https://skvl.fi/ajankohtaista/miksi-teettaa-asunnon-kuntotarkastus/>

Suomela. 2017. Pientalotohtori – Syynissä 1950-luvun omakotitalo. Suomela. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2023. <https://www.suomela.fi/pientalotohtori-syynissa-1950-luvun-omakotitalo/>

Terve. n.d. Lääketieteen Sanasto: fiberoskooppi. Verkkosivu. Viitattu 12.11.2023. <https://www.terve.fi/sanastot/fiberoskooppi>

Valesokkeli.info. 2016. Valesokkeleiden korjauksesta. Mikä on valesokkeli? Verkkosivu. Viitattu 1.12.2023. <https://www.valesokkeli.info/>