

REAALIAIKAINEN MITTAAMINEN KORJAUSRAKENTAMISEN TUKENA

Kohteena vaurioitunut, tuulettuva alapohja



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

HAMK, Visamäki, Rakennusmestari

Kevät, 2019

Ari Pulkkinen

Rakennusmestari
Visamäki

Tekijä	Ari Pulkkinen	Vuosi 2019
Työn nimi	Reaaliaikainen mittaaminen korjausrakentamisen tukena	
Työn ohjaaja	Anssi Knuutila	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö käsittelee vaurioituneen alapohjan korjaamista ja korjaustoimenpiteiden onnistumisen tutkimusta. Esimerkkikohteena oleva alapohja on vaurioitunut puutteellisen tuuletuksen ja maapohjan kosteuskuorman takia. Vauriot ovat tyypillisiä alapohjan vaurioita ja korjaussuunnittelussa näitä vaurion aiheuttajia pyritään poistamaan ja korjaustoimenpiteiden vaikutusta automaattisella mittausjärjestelmällä todentamaan. Työssä käydään läpi todellinen kohde, jossa tutkitaan vahingot, tehdään korjaussuunnitelma ja sen mukaiset korjaukset sekä asennetaan mittausanturit alapohjiin tutkimusta varten.

Mittausjärjestelmän tulosten perusteella voidaan todeta, että olosuhteet paraniivat alapohjassa merkittävästi ilmanvaihdon parantamisen sekä maapohjan ja sokkelin eristämisen ansiosta. Suhteellinen kosteus pieneni korjaamattomiin alapohjiin verrattuna keskimäärin jopa 15–20%. Näin ollen korjattu alapohjan toiminta parani toivotusti.

Automaattisen ja ohjaavan mittausdatan tarve on ilmeinen. Ohjaavalla järjestelmällä voidaan saavuttaa huikeita tuloksia, ja pitkässä juoksussa kustannustehokkaalle korjausrakentamiselle voidaan laskea euromääräisiä hyötyjä. Mittaamisella myös terveydelliset hyödyt ovat todettavissa niin rakenteelle kuin asukkaiden terveydelle.

Avainsanat Reaaliaikainen mittaaminen, tuulettuva alapohja, vaurioitunut rakenne, korjaussuunnitelma

Sivut 45 sivua

Degree Programme in Construction Management
Visamäki

Author	Ari Pulkkinen	Year 2019
Subject	Real-time measurement to support renovation	
Supervisor	Anssi Knuutila	

ABSTRACT

The thesis is based on correcting the damaged base and examining the success of the corrective measures. The target base has been damaged due to insufficient ventilation and ground moisture load. The damage is typical of the base floor damage and in the correction plans, efforts are being made to remove these damages and the effect of the remedies with the automatic measuring system to be verified. The study examines the damage, the correction plan and corresponding corrections, and installation the measurement sensors on the base.

Based on the results of the measurement system, it can be stated that the conditions favored the substrate significantly by improving the ventilation and the isolation of the ground and the plinth. Relative humidity decreased by as much as 15—20% compared to the unmade base patterns. Thus, the corrected bottom performs well.

The need for automatic and controllable measurement data is obvious. The steering system can achieve amazing results and long-run cost-effective renovation can be used to calculate the benefits of economic point of view. At the same time, the health benefits are obvious to both for the structure and for the inhabitants.

Keywords Real-time measurement, ventilated base, damaged structure, correction plan

Pages 45 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TUULETTUVA ALAPOHJA	2
2.1	Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017).....	2
2.2	Yleisiä vaurion aiheuttajia alapohjassa	4
2.3	Yleisiä fysikaalisia ominaisuuksia	4
2.3.1	RH-prosentti ja lämpötila	4
2.3.2	Vaurioitumisen nopeus	5
2.4	Yleisiä vaurion aiheuttajia rakennusteknisesti.....	6
2.4.1	Ilmanvaihto.....	6
2.4.2	Sade- ja sulamisvedet ja maaston muodot	8
2.4.3	Salaojat	9
2.4.4	Maakosteus ja lämmön eristys.....	9
2.5	Alapohjan vauriot.....	10
3	CASE: ALAPOHJAN KUNTO JA TOIMIVUUS LÄHTÖTILANTEESSA	11
3.1	Aistinvarainen tutkimus	12
3.1.1	Tuulettuvan alapohjan puu- ja kivipinnat ja niiden vauriot	13
3.1.2	Maapohja, muoto ja kosteus.....	15
3.1.3	Ryömintätilan ilmanvaihto	16
3.2	Mittaukset	18
3.2.1	Lämpötila, suhteellinen kosteus ja absoluuttinen kosteus	18
3.2.2	Pintamittaus ja piikkimittaus puu- ja betonipinnasta sekä eristetilasta	19
3.3	Tutkimus.....	20
3.4	Yhteenvedo vahingosta ja sen laajuudesta	21
4	CASE: KORJAAVAT TOIMENPITEET ALAPOHJAAN	21
4.1	Korjaussuunnitelma, purkutyö.....	22
4.2	Korjaussuunnitelma, eristäminen	23
4.3	Korjaussuunnitelma, ilmanvaihtojärjestelmä	24
4.4	Korjaussuunnitelma, lattiarakenteen jälleenrakentaminen	26
4.5	Mittausjärjestelmä	29
4.5.1	Anturit.....	29
4.5.2	Tiedonsiirto.....	30
4.5.3	Data ja toteutus datan saannille	31
5	TULOKSET	32
5.1	Pakkasjakso	33
5.2	Hellejakso, toukokuu.....	34
5.3	Hellejakso, heinäkuu	35
5.4	Kosteusjakso.....	38
5.5	Yhteiset tekijät	39

6	YHTEENVETO	41
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	42
	LÄHTEET	44

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on toteutettu As Oy Alapohjan (nimi muutettu) ja Janarak Oy:n yhteistyönä. Opinnäytetyöksi valikoitui luontevasti Janarak Oy:n tekemä korjausprojekti, jossa korjausrakentamisen onnistumista voidaan mitata reaaliaikaisella mittauksilla ja mittausdatan analysoinnin perusteella voidaan myös onnistuminen todentaa. Tässä työssä voin luontevasti käyttää aikaisempaa kokemustani automaattisesta mittaamisesta ja liittää sen nyt myös korjausrakentamiseen.

Opinnäytetyössä käydään läpi vaurioituneen, tuulettuvan alapohjan korjaamista ja korjaamisen vaikutuksia alapohjan olosuhteisiin. Työssä tutkitaan vaurion aiheuttaneiden olosuhteiden käyttäytymistä vertaamalla korjattua ja korjaamatonta tilannetta. Opinnäytetyössä käydään läpi vaurioiden laajuus, vaurioiden aiheuttaneet olosuhteet ja niihin olosuhteisiin johtaneet syyt. Työssä pyritään löytämään syy-seuraussuhteita.

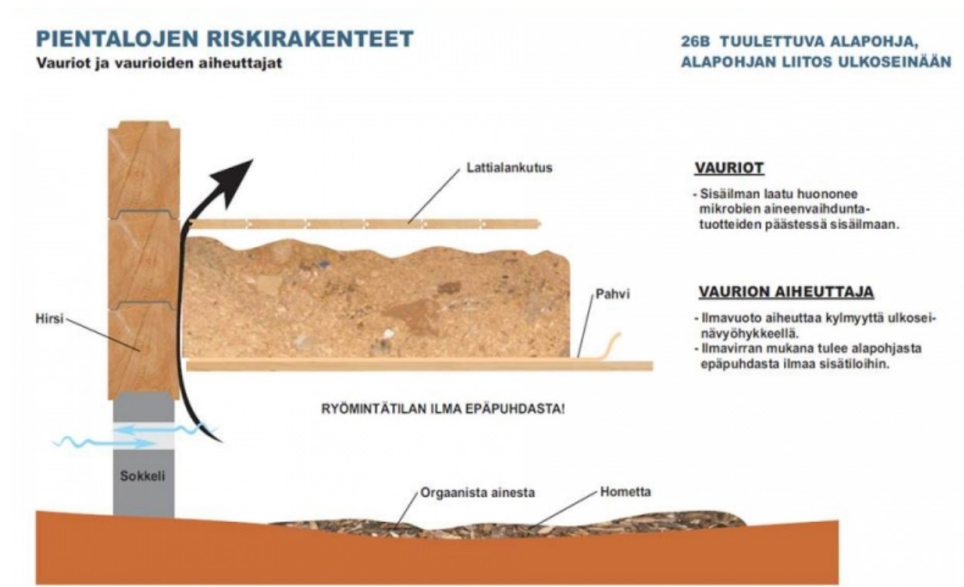
Työssä tutkitaan valittu korjaussuunnitelma ja käydään läpi korjausprojekti ja todennetaan onnistuminen mittausjärjestelmän tulosten pohjalta. Mittausdataksi valittiin lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus, jotka ovat oleellisia tekijöitä alapohjan vaurioitumisessa.

Mittauspisteiksi valittiin neljä eri mittauspaikkaa. Korjattu alapohja ja kaksi korjaamatonta alapohjaa, molemmilta puolilta korjattuun nähden. Näin saadaan hyvä otanta korjatun ja korjaamattoman alapohjan välille. Ja neljäntenä mitataan ulkoilmaa samanlaisella anturilla. Mittausjakso aloitettiin maaliskuussa 2018 ja se on edelleen käynnissä. Näin ollen mittausjaksolta löytyy erilaisia, mielenkiintoisia tilanteita lämpötilan ja kosteuden vaihteluista. Mittausjaksolla on pitkiä pakkasjaksoja, nopeita lämpötilan vaihteluita molempiin suuntiin sekä kosteita ja lämpimiä jaksoja.

Opinnäytetyö antaa suuntaa myös sille, miten alapohjaa oikeasti pitäisi mitata, ja mitä mittausdataa pitäisi saada parhaiden olosuhteiden saavuttamiseksi. Mittauksen tuloksena nähdään, mitä mahdollisuuksia alapohjan toiminnan varmistamiseksi on teknisesti saatavilla, ja minkälainen tekniikka on kustannustehokasta ja järkevää hyödyntää alapohjan ihanteellisten olosuhteiden saavuttamiseksi.

2 TUULETTUVA ALAPOHJA

Tuulettuvalla alapohjalle on useita eri nimiä, mm. rossipohja ja ryömintätillainen alapohja. Ryömintätilla tarkoittaa rakennuksen alapohjan, sokkelin ja perusmaan rajoittamaa, tarkoituksellisesti järjestettyä ilmatilaa. Tuulettuva alapohja kuuluu pientalojen riskirakenteisiin. Kuvassa 1 esitellään pientalojen riskirakenteet.



Kuva 1. Pientalojen riskirakenteet (Hengitysliitto, n.d.).

Alapohjan alapuolinen ryömintätilla on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei ryömintätilaan keräänny ulkopuolelta ylimääräistä kosteuskuormaa. Ulkopuolista kosteutta on mahdollista rajoittaa oikealla pihan muodolla ja salaja sadevesijärjestelmillä. Ryömintätilan tuuletus tulee järjestää siten, että alapohja tuulettuu koko alaltaan. Ryömintätilan täytyy olla esteetön ja tuuletusta on oltava riittävästi. Näillä toimenpiteillä ilmatilan kosteuskuormaa ja vaurioiden muodostumista vähennetään, eikä kosteudesta ole niin suurta haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle.

2.1 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017)

Hyvän rakentamistavan mukainen ratkaisu Ympäristöministeriön asetuksien mukaan rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta (782/2017):

”9 § Rakennuksen alus- ja vierustäytöt

Uuden rakennuksen alla, ryömintätilan alustäytössä ja rakennuksen vierellä

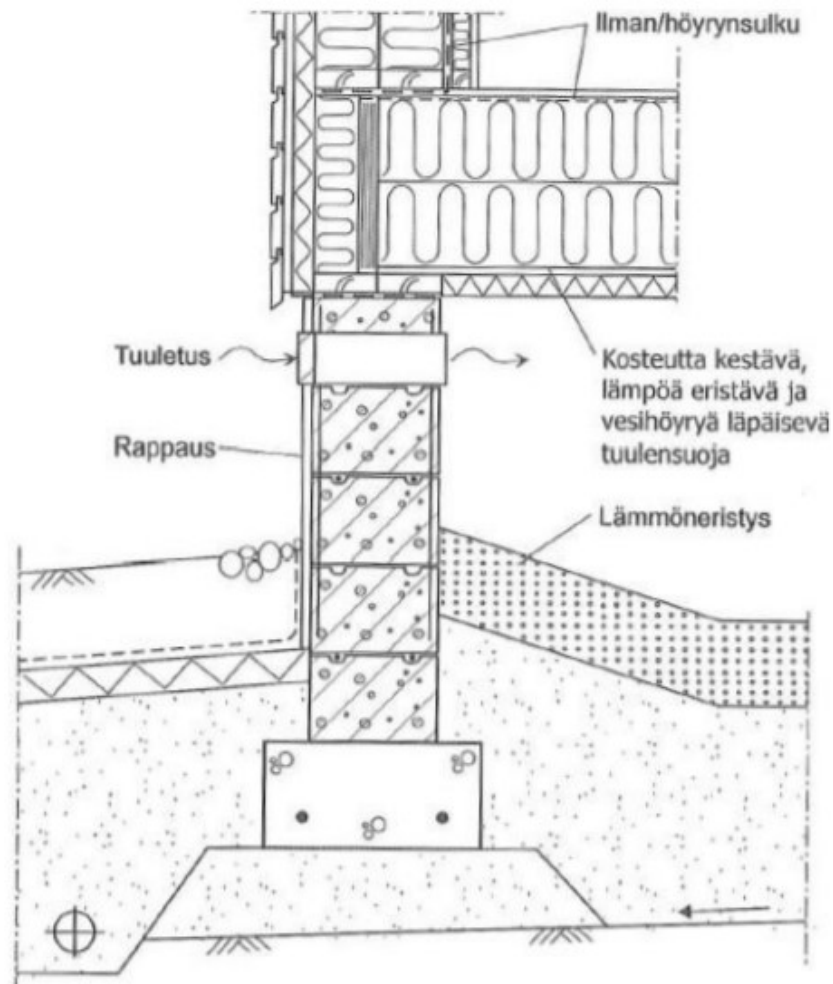
salaojituskerroksena toimivassa vierustäytössä ei saa olla humusmaata, kosteudenvaikutuksesta hajoavia tai lahoavia orgaanisia aineita eikä rakennusjätettä (Ympäristöministeriö, 782/2017 Luku 1, 9 §).

19 § Ryömintätilainen alapohja

Alapohjan alapuoliseen ryömintätilaan ei saa kerääntyä vettä. Ryömintätilan on tuuletettava. Ryömintätilan kosteus ei saa aiheuttaa haittaa rakenteiden toiminnalle ja kestävyydelle (Ympäristöministeriö, 782/2017 Luku 1, 19 §).

20 § Ryömintätilan korkeus ja kulkuyhteys

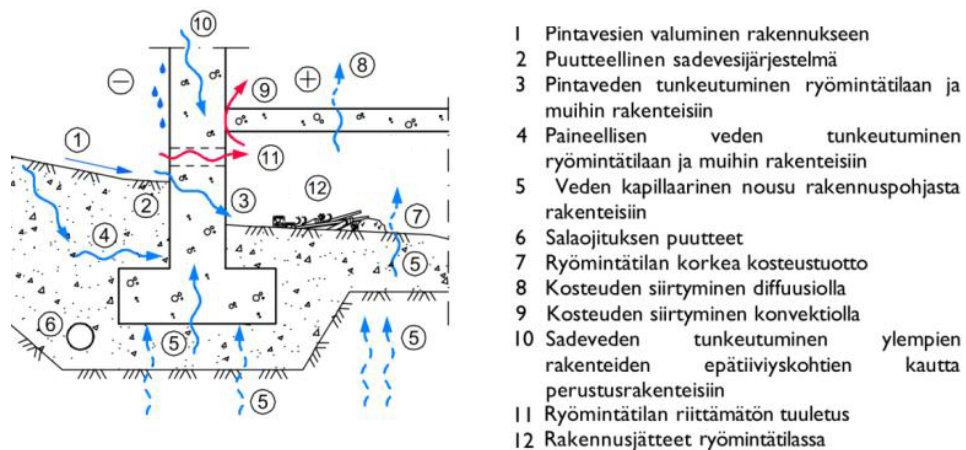
Uuden rakennuksen ryömintätilan korkeuden on oltava keskimäärin vähintään 0,8 metriä. Ryömintätilaan on oltava pääsy sen tarkastamista ja siellä sijaitsevien laitteiden ja järjestelmien huoltamista varten (Ympäristöministeriö, 782/2017 Luku 1, 20 §)”. ”.



Kuva 2. Puurakenteinen tuulettuva alapohja (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto, n.d.).

2.2 Yleisiä vaurion aiheuttajia alapohjassa

Vaurioitumisaste ja sen laajuus riippuvat kosteusrasituksesta ja rakennerratkaisuista. Veden siirtyminen kapillaarisesti rakennuspohjaan ja rakenteisiin maanvaraisissa lattiarakenteissa, sekä veden lammikoituminen ryömintätilaan tai veden kapillaarinen nousu ryömintätilan maan pinnalle ovat yleisimmät ja vahingollisimmat perustusrakenteiden kosteus- ja homevaurioiden syyt.



Kuva 3. Perustukset ja alapohja; Perustusten yleisimmät kosteus- ja homevaurioiden syyt (Ympäristöopas, 2016).

Tuuletettu rakenne vaurioituu, kun ilmatilassa kosteustuotto on liian korkea verrattuna tilan tuulettavuuteen. Ulkoseinän vaurion voi aiheuttaa rakenteeseen tunkeutuva vesi ja sen puutteellinen johtaminen pois rakenteista. Ryömintätilan vaurion voi aiheuttaa maaperän liiallinen kosteus, tuuletuksen katvealueet ja tilan lämpötekkinen hitaus. Tämä aiheuttaa alapohjarakenteisiin ja niiden pinnoille haitallisessa määrin kosteus-, home- ja korroosiovaurioita. Pintarakenteiden vähäiset tummentumat eivät yleensä ole koskaan kokonaan vältettävissä. Pitkälle edennyt kosteusvaurio voi pahimmillaan johtaa puurakenteisissa alapohjissa rakenteen kantavuuden menettämiseen. (Ympäristöopas, 2016, 187)

2.3 Yleisiä fysikaalisia ominaisuuksia

2.3.1 RH-prosentti ja lämpötila

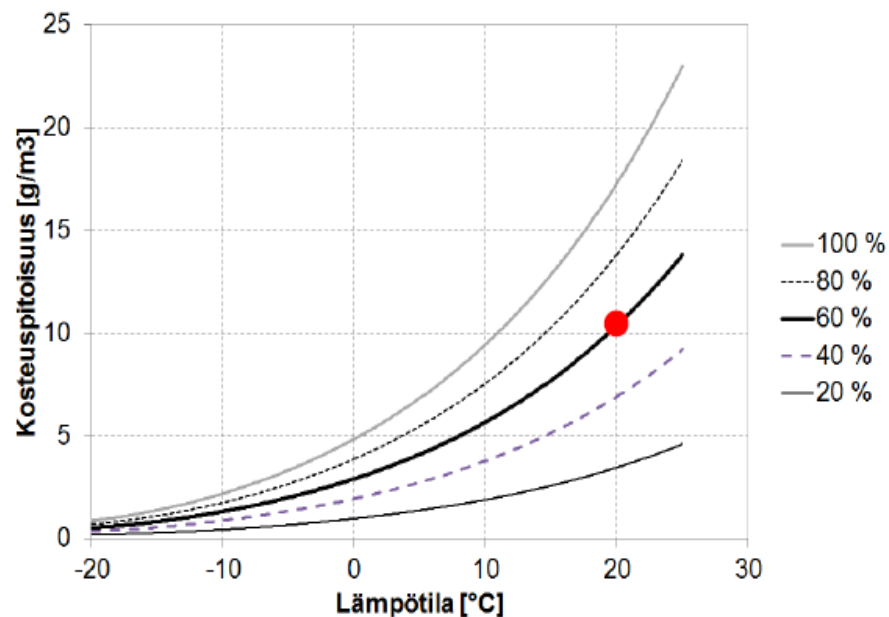
Kosteuden lähteitä arvioitaessa on ymmärrettävä ilman kosteuden käsite. Lämmin ilma sitoo enemmän kosteutta, kuin kylmä ilma (kuva 4). Ilman kosteus saavuttaa kylläystilan, kun vesihöyryn pitoisuus nousee riittävästi lämpötilan pysyessä vakiona (kuva 4). Kylläystilassa ilmassa on suurin mahdollinen määrä vesihöyryä ilman, että kosteus tiivistyy vedeksi. Suhteellinen kosteus on ilman sisältämän vesihöyryn määrän suhde ilman lämpötilaa vastaa-

vaan kyllästystilan vesihöyryn määrään. Suhteellinen kosteus voidaan määrittää myös ilman vesihöyryn osapaineen ja kyllästystilan vesihöyryn osapaineen suhteena.

$$RH = 100 \% * \frac{v_i}{v_k} = 100 \% * \frac{p_i}{p_k}$$

Kaava 1. Suhteellisen kosteuden kaava (Ympäristöopas, 2016).

Tässä RH on ilman suhteellinen kosteus [%], v_i on ilman vesihöyryn määrä [g/m³], v_k tarkasteltavaa ilman lämpötilaa vastaava kyllästystilan vesihöyryn määrä [g/m³], p_i on vesihöyryn osapaine [Pa] ja p_k on kyllästystilan vesihöyryn osapaine [Pa]. Suhteellinen kosteus on 100 %, kun ilma on kyllästystilassa. Kuvassa 5 on esitetty ilman sisältämän vesihöyryn määrän riippuvuus ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Esimerkiksi 20 °C lämpötilassa ja 60 % suhteellisesta kosteudesta kuutiometrissä ilmaa on reilu 10 grammaa kosteutta (Ympäristöopas, 2016, 103).



Kuva 4. Ilman sisältämän vesihöyryn määrän riippuvuus ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta (Ympäristöopas, 2016).

2.3.2 Vaurioitumisen nopeus

Rakenteiden vaurioitumisnopeuteen vaikuttaa oleellisesti ilman suhteellinen kosteus ja lämpötila. Taulukko 2. osoittaa erittäin hyvin vaurioitumisen nopeuden ajassa.

Taulukko 1. Puuta ympäröivän ilman suhteellinen kosteuden aiheuttama puun lahoamis- ja homehtumisriski. Lämpötilan on oltava suotuisa homeen ja lahon syntyiselle, eli yli 0 °C. (Ympäristöopas, 2016)

Vaurio	Ei riskiä	Kohtalainen riski	Suuri riski
Laho	< 75 %	75...95 %	> 95 %
Home	< 70 %	70...85 %	> 85 %

Mäntypuun pinnalla homeen kasvun alkuun kuluva aika viikkoina voidaan laskea kokeellisesti määritetyllä kaavalla ja alla olevassa taulukossa on kootusti vaurioitumisnopeutta kuvattu. Taulukko kuvaa erittäin hyvin eri olosuhteita ja vaurioitumisnopeutta.

Taulukko 2. Homeen kasvuun kuluva aika viikkoina (Knuutila, 2018).

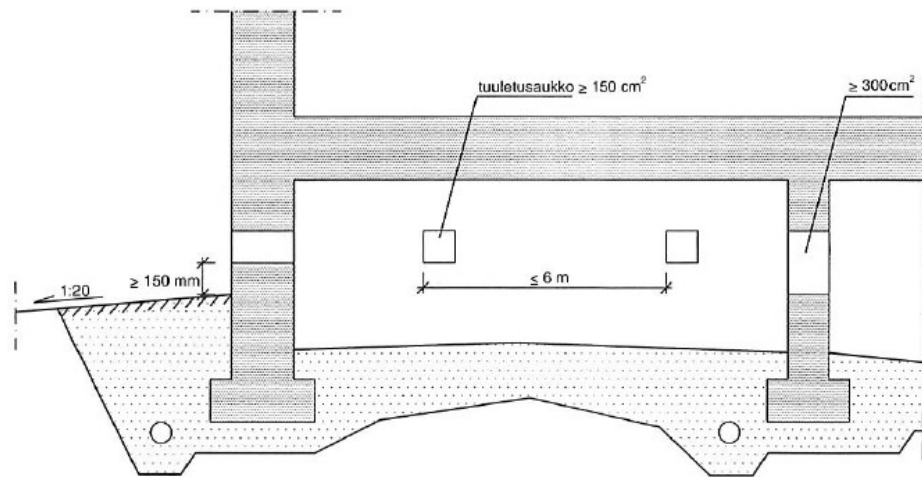
homeen kasvuun kuluva aika viikkoina

		Suhteelliset kosteudet															
		70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
Lämpötilat	1	857,1	591,8	412,8	290,8	206,7	148,2	107,1	78,0	57,3	42,3	31,5	23,6	17,8	13,5	10,3	7,9
	2	536,1	370,2	258,2	181,9	129,3	92,7	67,0	48,8	35,8	26,5	19,7	14,8	11,1	8,4	6,4	4,9
	3	407,4	281,3	196,2	138,2	98,2	70,4	50,9	37,1	27,2	20,1	15,0	11,2	8,5	6,4	4,9	3,7
	4	335,3	231,5	161,5	113,7	80,8	58,0	41,9	30,5	22,4	16,6	12,3	9,2	7,0	5,3	4,0	3,1
	5	288,3	199,1	138,9	97,8	69,5	49,8	36,0	26,2	19,3	14,2	10,6	7,9	6,0	4,5	3,5	2,7
	6	254,8	176,0	122,7	86,4	61,4	44,0	31,8	23,2	17,0	12,6	9,4	7,0	5,3	4,0	3,1	2,3
	7	229,6	158,5	110,6	77,9	55,4	39,7	28,7	20,9	15,3	11,3	8,4	6,3	4,8	3,6	2,8	2,1
	8	209,7	144,8	101,0	71,1	50,6	36,3	26,2	19,1	14,0	10,4	7,7	5,8	4,4	3,3	2,5	1,9
	9	193,6	133,7	93,3	65,7	46,7	33,5	24,2	17,6	12,9	9,6	7,1	5,3	4,0	3,0	2,3	1,8
	10	180,3	124,5	86,9	61,2	43,5	31,2	22,5	16,4	12,0	8,9	6,6	5,0	3,7	2,8	2,2	1,7
	11	169,0	116,7	81,4	57,3	40,8	29,2	21,1	15,4	11,3	8,3	6,2	4,7	3,5	2,7	2,0	1,6
	12	159,4	110,1	76,8	54,1	38,4	27,5	19,9	14,5	10,6	7,9	5,9	4,4	3,3	2,5	1,9	1,5
	13	151,0	104,2	72,7	51,2	36,4	26,1	18,9	13,7	10,1	7,5	5,5	4,2	3,1	2,4	1,8	1,4
	14	143,6	99,1	69,2	48,7	34,6	24,8	17,9	13,1	9,6	7,1	5,3	4,0	3,0	2,3	1,7	1,3
	15	137,0	94,6	66,0	46,5	33,0	23,7	17,1	12,5	9,2	6,8	5,0	3,8	2,8	2,2	1,6	1,3
	16	131,2	90,6	63,2	44,5	31,6	22,7	16,4	11,9	8,8	6,5	4,8	3,6	2,7	2,1	1,6	1,2
	17	125,9	86,9	60,6	42,7	30,4	21,8	15,7	11,5	8,4	6,2	4,6	3,5	2,6	2,0	1,5	1,2
	18	121,1	83,6	58,3	41,1	29,2	20,9	15,1	11,0	8,1	6,0	4,5	3,3	2,5	1,9	1,5	1,1
	19	116,8	80,6	56,2	39,6	28,2	20,2	14,6	10,6	7,8	5,8	4,3	3,2	2,4	1,8	1,4	1,1
	20	112,8	77,9	54,3	38,3	27,2	19,5	14,1	10,3	7,5	5,6	4,1	3,1	2,3	1,8	1,4	1,0

2.4 Yleisiä vaurion aiheuttajia rakennusteknisesti

2.4.1 Ilmanvaihto

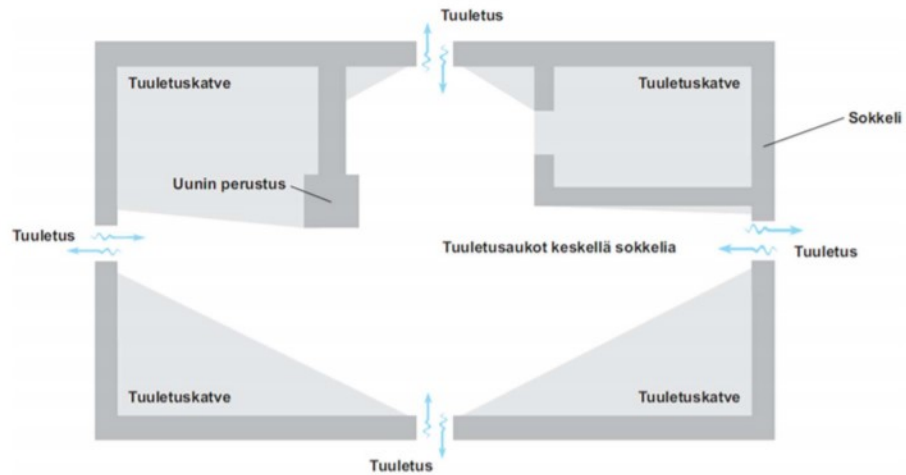
Yleisiä virheitä ryömintätilan tuuletuksessa ovat väärin mitoitettut tuuletusaukot tai tuuletuksen estyminen tilaa jakavien rakenneosien vuoksi, esimerkiksi sokkelit, palkit, uunin muurit ja perusmuurit, joissa ei ole tuuletusaukkoja. Toisinaan ryömintätilan pohjan korkeusasema on virheellinen, pohjan muoto estää ilman liikkeen tai koneellisen tuuletuksen toimimattomuus.



Kuva 5. Ryömintätilan ilmanvaihto (Ympäristöopas, 1999).

Ryömintätilan tuuletusaukot (tehollinen pinta-ala) ovat hyvin usein liian pieniä tai niiden määrä on vähäinen. Lisäksi tuuletusaukot on voitu tukkia tai tuuletusaukkojen edessä on kasvillisuutta, jotka heikentävät ryömintätilan tuulettumista. Käytettäessä painovoimaista tuuletusta, tuuletusaukkojen pinta-ala on vähintään 4‰ ja enintään 8‰ ryömintätilan pinta-alasta. (RT 81-10854, 2010). Tuuletusaukon pinta-alalla tarkoitetaan suojaavan ritilän tai säleikön vapaata pinta-alaa. Tuuletusaukot jaetaan tavallisesti ulkoseinille siten, että koko ryömintätila tuulettuu. Aukkojen alareunan on oltava vähintään 150 mm maanpinnan yläpuolella, mutta mahdollisuuksien mukaan tätä korkeammalla. Aukkojen vähimmäiskoon on oltava 150 cm^2 sekä enimmäisväli 6 metriä. Ryömintätilassa oleviin väliseiniin ja tilaa osastoviin palkkeihin tehdään vastaavat, mutta vähintään kaksi kertaa niin suuret tuuletusaukot, kuin samalla virtausreitillä olevat ulkoilmaan avattavat aukot.

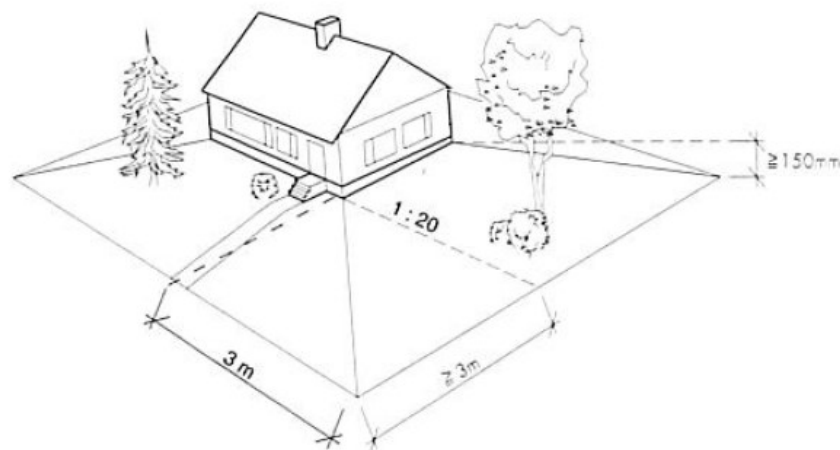
Reikien tekovaiheessa on otettava huomioon ilmavirroista muodostuvat keilat, mistä minne ilma virtaa. Reiät kannattaa tehdä mahdollisimman nurkkiin: mitä kattavampi ilmavirtakeila alapohjassa on, sitä vähemmän jää katvealueita ilmanvaihdolle (Ympäristöopas, 1999, 27).



Kuva 6. Ryömintätilan ilmanvaihdon katvealueet (Ympäristöopas, n.d.).

2.4.2 Sade- ja sulamisvedet ja maaston muodot

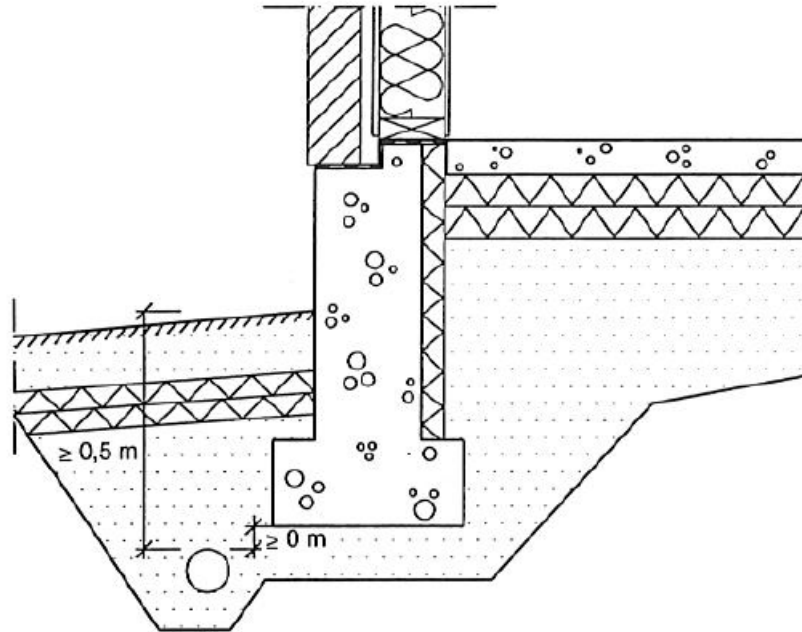
Sade- ja sulamisvedet on johdettava pois rakennuksen vierestä. Näin vähennetään kosteuskuormaa rakennuksessa ja sen alapohjassa. Perusmaa rakennuksen alla ja ympärillä kallistetaan salaojiin. Maanpinta rakennuksen ympärillä kallistetaan noin kolmen metrin etäisyydeltä rakennuksesta pois päin viettäväksi kaltevuudella 1:20 (Ympäristöopas, 1999, 18).



Kuva 7. Ohje maaston muodoille (Ympäristöopas, 1999).

2.4.3 Salaojat

Rakennuspohja on salaojitettava veden kapillaarisen virtauksen katkaisemiseksi ja pohjavedenpinnan pitämiseksi riittävällä etäisyydellä lattiasta tai ryömintätilan maanpinnasta sekä maahan imeytyvien pintavesien johtamiseksi pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. Näin vähennetään kosteuskuormaa rakennuksessa ja sen alapohjassa. (Ympäristöopas, 1999, 20).



Kuva 8. Salaojien sijoittelu (Ympäristöopas, 1999).

2.4.4 Maakosteus ja lämmön eristys

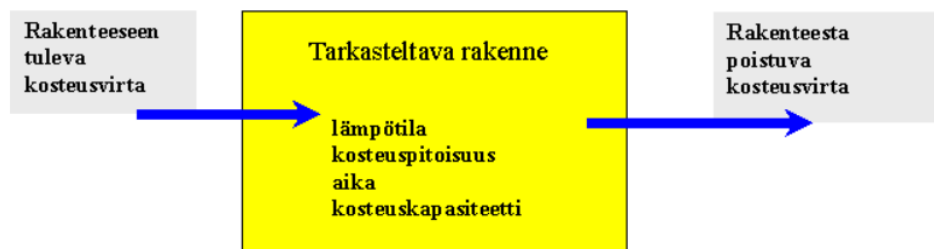
Maasta nousee kosteutta vesihöyryn diffuusiolla. Diffuusio on ilmiö, jossa molekyylit pyrkivät siirtymään väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan tasoitteen pitoisuutta. Maasta nousee kosteutta myös kapillaarisesti. Maanpinnasta haihtuu kosteutta alapohjan ilmatilaan ja kapillaarisesti nousee uutta kosteutta syvemmältä tilalle. Kapillaarisuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä (ollessaan kosketuksissa veden kanssa) imeä vettä itseensä ja kuljettaa sitä.

Maakosteutta voidaan hillitä eristämällä maanpintaa. Suodatinkangas ja eristeeksi esimerkiksi Lecapapu, niin diffuusiolla nousevan kosteuden nousua voidaan hillitä. Salaojituksella saadaan maaperän kosteuspitoisuus putoamaan ja näin ollen kapillaarisen kosteuden nousua voidaan hillitä.

2.5 Alapohjan vauriot

Ilmassa on aina mikrobeja ja mikrobipitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti eri vuodenaikojen mukaan. Mikrobin tärkeimmät kasvuedellytykset ovat kosteus, lämpötila, ravinteet ja vaikutusaika.

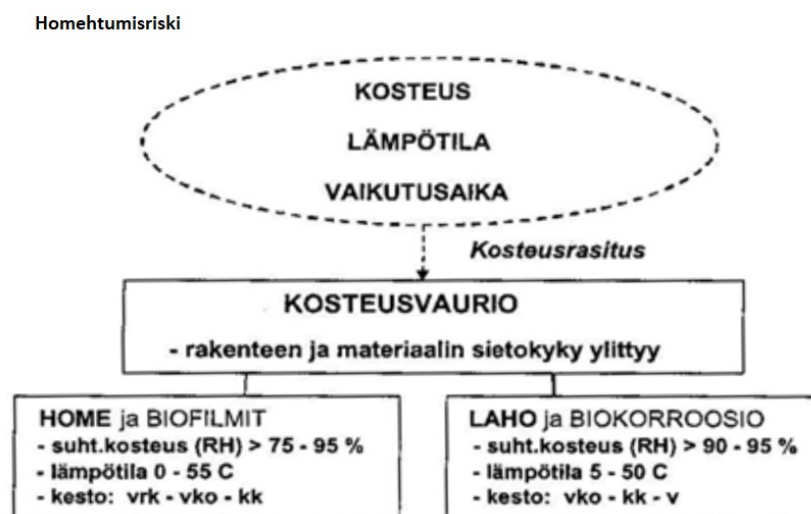
Rakenteissa tapahtuva kosteusvirta muodostuu pääasiassa neljästä eri kosteuden siirtymismuodosta; veden painovoimainen ja veden kapillaarinen siirtyminen, veden ja vesihöyryn siirtyminen ilmavirtauksien mukana ja vesihöyryn siirtyminen diffuusiolla. Kaikki kosteuden siirtymismuodot vaikuttavat rakenteissa enemmän tai vähemmän, yhtäkään niistä ei voi unohtaa.



Kuva 9. Rakenteen kosteuskäyttäytymisen periaate (Sisäilmäyhdistys, 2008).

Rakenteisiin voi kosteuden seurauksena syntyä mikrobiologisia vaurioita (homehtuminen ja lahoaminen) ja kemiallisia/fysikaalisia vaurioita (aineiden hajoaminen, kuten emissiot ja ruostuminen, sekä muodonmuutokset).

Kosteusvaurioita syntyy, mikäli rakenteen kosteuspitoisuus on liian korkea liian kauan. Vaurioitumista yleensä nopeuttaa lämpötilan nousu (Sisäilmäyhdistys, n.d.).



Kuva 10. Homehtumisriski (Paloniitty, 2018).

Mikrobeja ja niiden itiöitä on kaikkialla ja ne ovat osa normaalia elinympäristöä. Mikrobit tarvitsevat kasvaakseen kosteutta, lämpöä ja ravinteita. Tärkein mikrobikasvua rajoittava tekijä on kosteus; mikrobit eivät kasva kuivissa rakenteissa ja näin ollen kostuneen rakenteen väliaikainen kuivuminen ei tuhoa mikrobikasvustoa. Liian kylmässä, kuumassa tai kuivassa mikrobikasvusto menee lepotilaan. Kasvustoon muodostuneet homeitiöt pysyvät lepotilassa elinkykyisinä olosuhteista ja lajista riippuen useita viikkoja, kuukausia tai vuosia. Optimaaliset olosuhteet, joissa homeiden ja muiden mikrobien kasvu on nopeinta, vallitsevat +20–30°C lämpötilassa ja suhteellisessa ilmankosteudessa (RH) 95–99%.

Lahottajasienet kasvavat samankaltaisina rihmastona kuin homeet. Toisin kuin useimmat homeet, lahottajasienet pystyvät kuitenkin hajottamaan puuta ja puupohjaista materiaalia pintaa syvemältä, mikä heikentää materiaalin lujuutta. Useimmat lahottajat pystyvät hajottamaan vain hyvin kosteaa puuta. Lahottajasienien kriittinen kosteus lahovaurion muodostumiselle on lämpötilasta riippuen RH > 93...95%. Lahottajasienten optimilämpötila on + 20–25°C (Ympäristöopas, 2016, 131).

Taulukko 3. Eri mikrobiryhmien kasvun vähimmäiskosteusvaatimukset rakennusmateriaalissa (Ympäristöopas, 2016).

Mikrobiryhmä	Ilman suhteellinen vähimmäiskosteus
Homesienet	70...85 %
Bakteerit ja sädesienet	95 %
Sinistäjä- ja lahottajasienet	95 %

3 CASE: ALAPOHJAN KUNTO JA TOIMIVUUS LÄHTÖTILANTEESSA

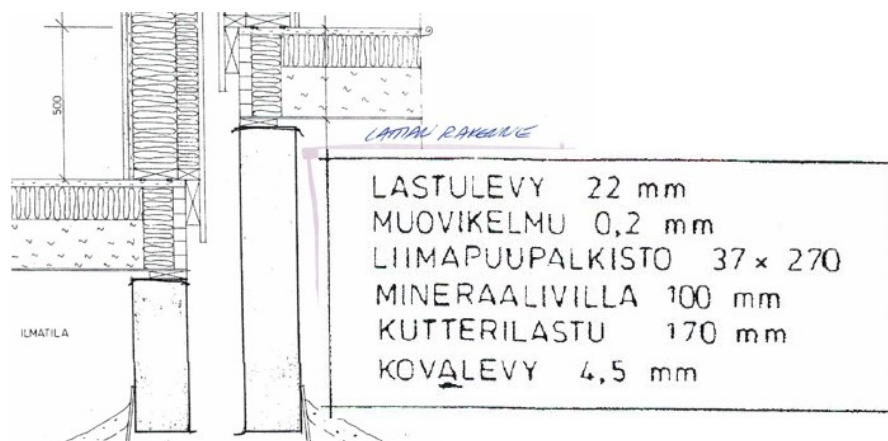
Kohde on rivitaloyhtiö As Oy Alapohja Alapohjantie 1 (nimi muutettu) ja työ on tehty yhteistyössä taloyhtiön ja Janarak Oy:n kanssa. Taloyhtiöön on tehty kuntotutkimus, jota on laajennettu korjaustöiden yhteydessä tehtyjen havaintojen pohjalta. Tästä kokonaisuudesta ilmenee vaurioiden laajuus ja vaurioihin johtaneita syitä ja ongelmakohtia. Alapohjan vaurioita on tutkittu aistinvaraisesti ja mittaamalla, josta ilmenee hyvin alapohjan kunto ja korjaustarve.

Korjauskohteeksi valikoitui eniten vaurioitunut asunto ja korjaussuunnitelma on tehty koko taloyhtiötä silmällä pitäen. Korjaukset on tehty suunnitelman mukaisesti ja mittaukset on asennettu todentamaan korjausrakentamistöiden onnistumista. Korjaustöiden onnistumista mitataan alapohjiin asennetuilla jatkuvaan mittaukseen soveltuvilla mittauksilla, jotka kuvaavat alapohjan olosuhteita pitkältä aikajaksolta. Näin saadaan kattavampi katsaus vallitsevista olosuhteista.

Asiakas	As Oy		
Tutkimuskohde			
Yhteyshenkilö			
Kartoituspäivä	27.06.2017		
Päivitykset			
Tilattu työ	Alapohjan kuntotilanteen yleinen tarkastelu		
Huomatut viat ja riskirakenteet	<input checked="" type="checkbox"/> Kosteusvaurioita	<input checked="" type="checkbox"/> Mikroivaurioita	<input checked="" type="checkbox"/> IV-kone liian pienellä
	<input checked="" type="checkbox"/> Kulkuluukkujen mitoitus	<input checked="" type="checkbox"/> Vanhojen vesivahinkojen jälkiä pohjalevyissä	<input checked="" type="checkbox"/> Alapohjissa betonielementtien alla riittämätön kulkutila

Kuva 11. As Oy Alapohja (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Rivitalot ovat ruotsalaisia elementtitaloja, jotka on paaluperustettu ja sokkelit on asennettu niiden päälle. Alapohja on ns. tuulettuva rossipohja. Lattiarakenne on kuvattu alla olevassa rakennekuvassa.

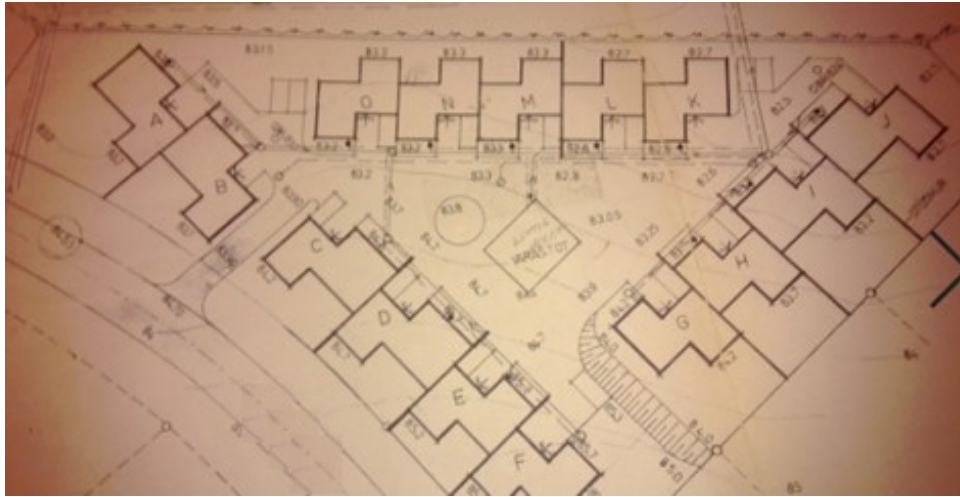


Kuva 12. Alapohjarakenne (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

3.1 Aistinvarainen tutkimus

Aistinvaraisella tutkimuksella on tutkittu koko taloyhtiön kaikki neljä erillistä rivitaloa ja taloyhtiön pihapiiri. Aistinvarainen tutkimus pitää sisällään kaikki näkyvät pinnat, rakenteet ja niiden vauriot. Aistinvaraisesti tutkitaan maaston pintojen muodot sekä alapohjassa, että alapohjan ulkopuolella.

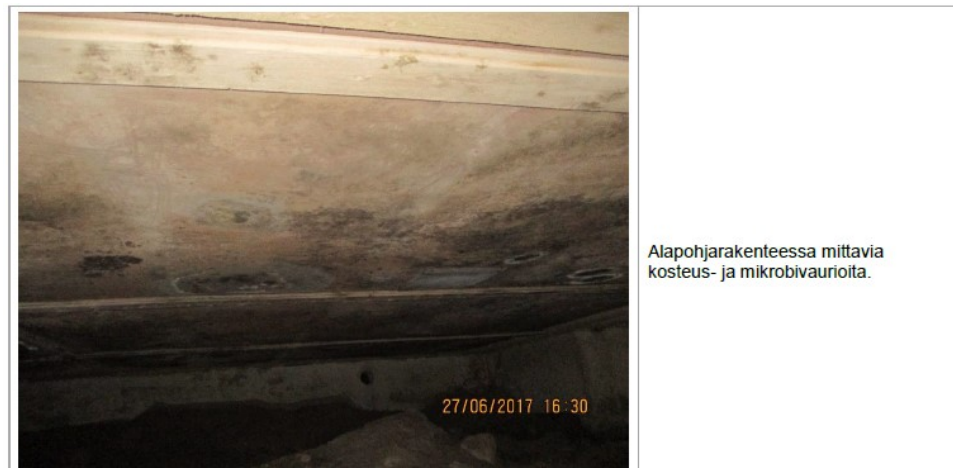
Aistinvarainen tutkimus on nopea ja kustannustehokas tutkimusmenetelmä. Aistinvaraisesti saadaan hyvä käsitys kokonaisuudesta, jonka perusteella voidaan kohdentaa tarkemmat tutkimukset.



Kuva 13. As Oy Alapohjan asemakaava (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

3.1.1 Tuulettuvan alapohjan puu- ja kivipinnat ja niiden vauriot

Alapohjarakenteissa vaurioita tutkitaan eri rakennusmateriaalien osalta. Aistinvaraisesti havaitaan heti, että alapohja tuoksuu ”mummon mökille”. Tuulensuojalevynä käytetyissä kovalevyissä ja sen tukilauoissa on mittavia kosteus- ja mikrobivaurioita.



Alapohjarakenteessa mittavia kosteus- ja mikrobivaurioita.

Kuva 14. Alapohjan vaurio (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Alapohjan tuulensuojalevyt on paikoin romahtaneet kokonaan ja eristetilassa oleva kutterilastu on valahtanut maaperään. Orgaaninen materiaali vaurioituessaan tuottaa pahan hajun, joka on aistinvaraisesti helposti havaittavissa. Alapohjaan mentäessä on pakko käyttää suojavarustusta ja hengityssuojaimia.



Kuva 15. Alapohjan vauriot, romahtanut rakenne (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

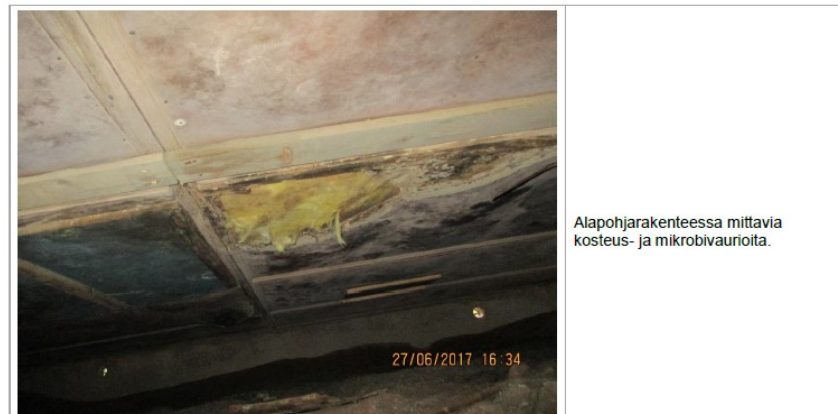
Astinvaraisen tutkimuksen hyviä puolia on sen nopeus. Tässä kohteessa ilman rakenne avausta voisi jopa tehdä väärää päätelmiä, että alapohjassa on pelkästään ulkoisista syistä johtunut ongelma. Mutta tässä tapauksessa ao. kuvastakin nähdään rakenteellinen eroavuus rakennekuvaan. Vauriokohdasta pilkistää alimpana rakenteena mineraalivilla heti tuulensuojalevyn päällä, vaikka rakennekuviissa siinä pitäisi olla kutterilastu.



Kuva 16. Kosteusvaurio (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Korjaustöiden yhteydessä havaittiin selvä syy-seuraussuhde tämän asian kanssa. Niissä kohdissa, missä oli jostain syystä mineraalivillan palanen alimmaisena, oli merkittävät vauriot. Johtopäätöksenä on se, että lattiarakenteen tekijät on tehneet kohtalokkaan virheen alapohjaa tehdessään, kun ovat heittäneet mineraalivillan palaset tuulensuojalevyä vasten. Tästä syystä suunniteltu kosteuden kulkeminen rakenteessa on muuttunut tai jopa estynyt. Mineraalivilla on ilmeisesti kerännyt ja luovuttanut kosteutta suunnitelmasta

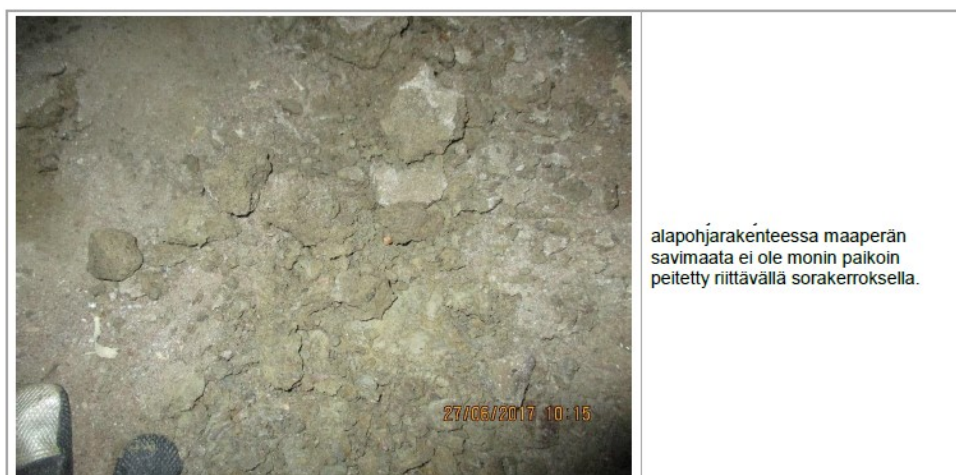
poiketen ja aiheuttanut vauriot. Kohdissa, joissa rakenne on ollut suunnitelman mukainen (myös hyvä tuuletus), ovat pinnat huomattavan hyvässä kunnossa. Vaikkakin rakennusvirhe on ollut ehkä suurin vaikuttaja pahimpiin ongelmiin, niin on vaurioiden määrä ja laajuus niin suuri, että kosteuskuorma ja sen haihduttaminen on kuitenkin suurin syy vaurioihin.



Kuva 17. Kosteusvaurio (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

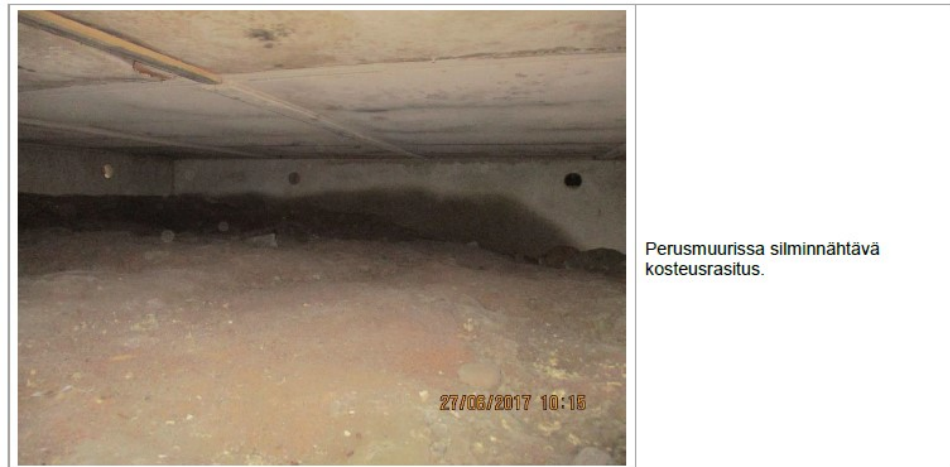
3.1.2 Maapohja, muoto ja kosteus

Alapohjassa maa on savista ja kaivettaessa heti märkää. Talot on perustettu suhteellisen kostealle maaperälle ja näin ollen maa on todella kostea. Salaojitusta ei ole tässä tutkimuksessa tarkastettu, mutta niiden tarkastus on välttämätöntä maan kosteuspitoisuuden alentamiseksi.



Kuva 18. Alapohjan savinen ja märkä maaperä (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Alapohja on huomattavasti alempana, kuin maanpinta, joten kosteusrasitus on suuri ja piharemontti tarpeellinen. Sokkelilinjassa on hyvin havaittavissa pihamaan ja alapohjan kosteusvaikutukset, joka pitää sokkelin kosteana.



Kuva 19. Perusmaan kosteusrasitus sokkelissa (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Aistinvaraisesti on myös ulkopuolella hyvin havaittavissa, että pintavedet rasiittavat rakennusta. Taloyhtiö onkin päättänyt piharemontin keväälle 2019. Piharemontissa korjataan pihan muodot, salaojat ja rakennetaan sadevesijärjestelmä.



Kuva 20. Perusmaan kosteusrasitus sokkelissa (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

3.1.3 Ryömintätilan ilmanvaihto

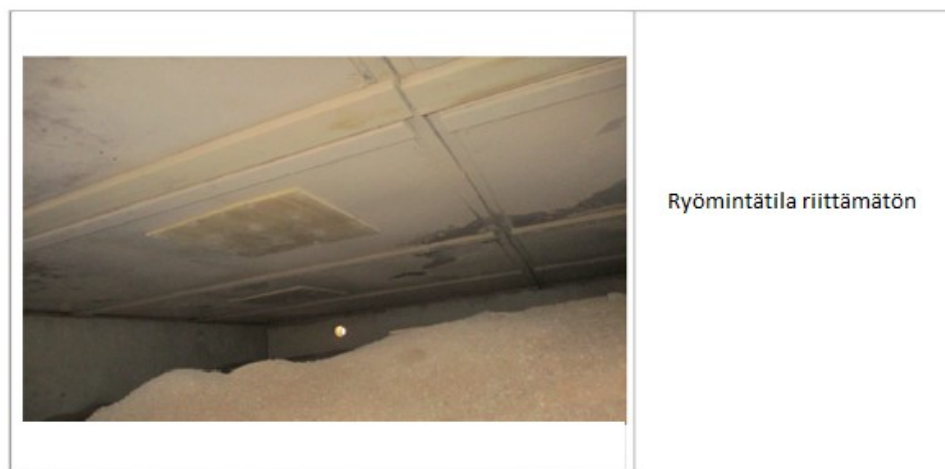
Ryömintätilan tuuletus on puutteellinen ja ilmeisesti suurin syyllinen alapohjan huonoon kuntoon. Alapohjaan on kyllä suunniteltu ja toteutettukin suhteellisen hyvin tuuletusreikiä, mutta rakennusvaiheessa ja vuosien saatossa

siitä ei ole osattu ottaa riittävästi huomioon. Tuuletusreiät ovat aika pieniä ja osin tukittu, asfaltilla peitetty ja puhdistamattomat.



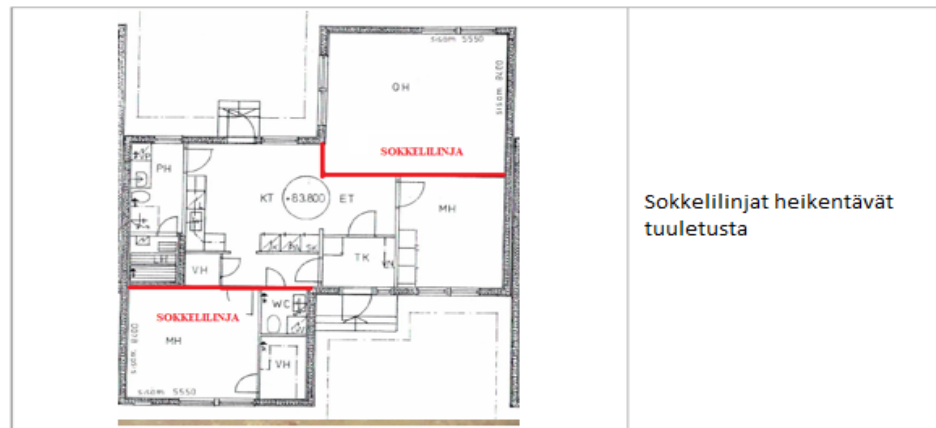
Kuva 21. Tuuletusaukot (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Alapohjassa on liikaa maata ja osa on kasoissa tasaamattomana. Paikoitellen maata on väärissä paikoissa estämässä tuuletusta. Alapohjan perusmaa on tasaamatonta.



Kuva 22. Ryömintätilan maan muodot (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Osa sokkelilinjoista mahdollistaa ilman liikkeen sokkelilinjan alta, mutta osassa maan määrä ja sen muodot estävät ilman kulkureitit. Näin ollen talon sisällä olevat sokkelilinjat estävät tuuletuksen. Ryömintätila on siis riittämätön ja heikentää tuuletusta.



Kuva 23. Sokkelilinjat (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

3.2 Mittaukset

Kuntotutkimuksen tekohetkellä on tehty myös mittauksia alapohjassa ja sen rakenteita on mitattu. Mittauksia on tehty alapohjan ryömintätilassa, josta on mitattu lämpötila ja suhteellinen kosteus.

Rakenteista on mitattu pintamittauksella suhteellista kosteutta ja piikkimittauksella rakenteiden painoprosenttimittauksi, sekä eristetilan suhteellista kosteutta. Mittaukset ovat hetkellisiä ja suuntaa antavia sen hetken tilanteesta.

3.2.1 Lämpötila, suhteellinen kosteus ja absoluuttinen kosteus

Alla olevassa taulukossa on tutkimushetken tilanne alapohjissa. Kuten mittausarvoista voidaan todeta, että lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja absoluuttisen kosteuden vaihtelut ovat aika suuria.

Kaikkien alapohjien pitäisi olla identtisiä ja niissä pitäisi vallita suhteellisen samanlaiset olosuhteet. Tulosten perusteella voidaan olettaa, että kosteuskuorma ja ilmanvaihdon toimivuus ovat suurimmat mittauspoikkeaman aiheuttajat.

Taulukko 4. Tutkimushetken mittausarvot (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

27.06.2017	RH (%)	T (°C)	AH (g/m ³)	Kuvaus
A	92,5	10,7	9,1	Ryömintätilan ilmankosteus
B	88,5	11,3	9,1	Ryömintätilan ilmankosteus
C	82,8	12,1	8,9	Ryömintätilan ilmankosteus
D	63,6	16,6	9,0	Ryömintätilan ilmankosteus
E	80,5	12,9	9,1	Ryömintätilan ilmankosteus
F	64,5	16,6	9,1	Ryömintätilan ilmankosteus
G	64,7	16,4	9,0	Ryömintätilan ilmankosteus
H	67,0	15,5	8,9	Ryömintätilan ilmankosteus
I	69,4	15,2	9,0	Ryömintätilan ilmankosteus
J	80,5	12,6	8,9	Ryömintätilan ilmankosteus
K	79,8	13,3	9,3	Ryömintätilan ilmankosteus
L	79,8	13,4	9,3	Ryömintätilan ilmankosteus
M	84,6	12,8	9,5	Ryömintätilan ilmankosteus
N	83,6	13,0	9,5	Ryömintätilan ilmankosteus
O	71,7	15,1	9,3	Ryömintätilan ilmankosteus

3.2.2 Pintamittaus ja piikkimittaus puu- ja betonipinnasta sekä eristetilasta

Alapohjan eri materiaaleja ja niiden kosteuksia on mitattu eri alapohjissa. Piikkimittauksissa löytyi kohonneita pitoisuuksia puurakenteista ja vaurioitumisen syyt voidaan havaita myös aistinvaraisesti (kuva 24).

Piikkimittarilla on tutkittu myös muutamasta kohdasta eristetilan kosteutta ja todettu sen olevan hieman koholla (kuva 25). Kosteuskuorma siirtyy näin ollen myös rakenteisiin ja tämän vuoksi rakenteen tulee olla hengittävä, ettei rakenteet pääse vaurioitumaan myös lattiarakenteen sisältä.



Painoprosenttimittaus alapohjan puurakenteista 22.2p-% merkä.

Raja-arvo sisätilojen puurakenteille on 20p-% ja suositus alle 17p-%.

Kyseessä ei sinällään ole sisätilan puurakenne, mutta rakenteen kosteuspitoisuus on silti verrattain suuri, ja muodostaa riskin laho- tai mikrobivaurion kehittymiselle.

Kuva 24. Painoprosenttimittaus alapohjan materiaaleista (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).



Kuva 25. Eristetilan mittaus (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

3.3 Tutkimus

Vaurioituneen alapohjan aistinvaraisessa tutkimuksessa on jo todettu, että korjaustarve on ilmeinen. Lisä tutkimuksia ei alapohjan vaurioista tehty ja rakenteista ei ole otettu mikronäytteitä. Tutkimukset osoittavat, että korjaaminen on aloitettava välittömästi huonokuntoisempien asuntojen kohdalla.

Muita tutkimuksia on tehty ainoastaan purkutöitä silmällä pitäen. Puretta-
vasta rakenteista on otettu näytteet ja toimitettu asbestilaboratorioon tutkit-
tavaksi. Asbestinäytteet osoittavat, että purkutyt voidaan toteuttaa normaali-
na purkutyönä.

Asbestikartoitus, 2.11.2018

Kuulan klan makuu

Asbestitutkimuksen tulokset (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

FINAS
Tutkimuslaitos OY

ANALYYSIRAPORTTI

Tilasin: Janarak Oy	Kohde:
Tilauspöytä: 2.11.2018	Tilauksenottaja: Ari Pulkkinen
Analyysointipäivä: 2.11.2018	

RAKENNUSMATERIAALINÄYTTEEN ASBESTIANALYYSI

Analyyselehtiä:
Tilauksen mukaisesti näytteet analysoidaan jatkamattomasti (Luekin 2M 2700 P) ja
pöytäselvityksen mukaisesti (Luekin 2M 2700 P). Analyysi suoritetaan mukautetun menetelmän
DIN 25762-1:2012 mukaisesti. Menetelmä on päättelyllinen. Tulokset toimitetaan vain kutsuttuun
näytteeseen. Tampereen asbesti- ja kuituanalyysi-oy vastaa toimitusmaksusta 4300,00 € (2017) mukaisesti.

TULOKSET

Arvioinnin näytteenumeri	Laboroinnin näytteenumeri	Näytteenäytteen kuvaus	Asbestin pitoisuus	Tulos
1	001902_041	makuu ja klori	VM	0: sisältä asbestia

VM - jatkamattomasti, VM - jatkamattomasti

Meli K...
Meli Kivimäki

Janarak Oy / Ari Pulkkinen / 04437602567
ari.pulkkinen@janarak.fi

Kuva 26. Asbestitutkimuksen tulokset (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

3.4 Yhteenveto vahingosta ja sen laajuudesta

Osassa alapohjan rakenteissa on mittavia kosteus- ja mikrobivaurioita laajalla alueella. Osa vaurioista on mahdollisesti aiemman vesivahingon aiheuttamia, mutta pohjarakenteiden vaurioiden laatu on niin vakava, että perusteet lattiarakenteen avaamiselle ja perusteelliselle tutkimiselle ovat olemassa.

Purkutöiden yhteydessä on poistettava kaikki vaurioitunut rakennusmateriaali ja purkualueiden rajauksessa on käytettävä ohjeena Suomen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä ja ohjeita (Ratu 82-0383, 2010). Purkualuetta on tarvittaessa laajennettava huonetilojen puolelle.

Alapohjan tukilaudoituksessa myös aistinvaraisen havainnoinnin perusteella sädesientä ja sen aiheuttamaa rihmastoa. Olohuoneen alla alapohjan pohjalevy peittänyt ja purueristeet valahtaneet maahan ryömintätilassa. Maaperän ja betonielementin välinen rako on niin pieni, että pääsyä olohuonetilan alle ilman ”kulkukuopan” lisäkaivamista ei ole.

Alapohjassa erittäin vahva homeenhaju. Haju on niin intensiivinen, että tarttui kartoituksen aikana suojahaalarien läpi kaikkiin kartoittajan työvaatteisiin. Johtopäätös kuntotutkimuksen yhteydessä on ilmiselvää, korjaustarvetta on ja aikataulu kiireellinen.

Purkuvaiheessa tehdyt havainnot myötäilevät täydellisesti aistinvaraisia ja mittauksellisia tuloksia ja johtopäätöksiä. Näiden tulosten varmistamiseksi on kuitenkin välttämätöntä, että tehdään rakenneavauksia tulosten varmistamiseksi. Purkutöiden yhteydessä havaitut rakennusvirheet, niin rakennuksessa, kuin sen ulkopuolellakin. Näiden yhteisvaikutuksesta kosteuskuormitus on vaurioittanut rakenteita. Johtopäätös purkutöiden yhteydessä on ilmiselvää, korjaustarvetta on ja aikataulu kiireellinen.

4 CASE: KORJAAVAT TOIMENPITEET ALAPOHJAAN

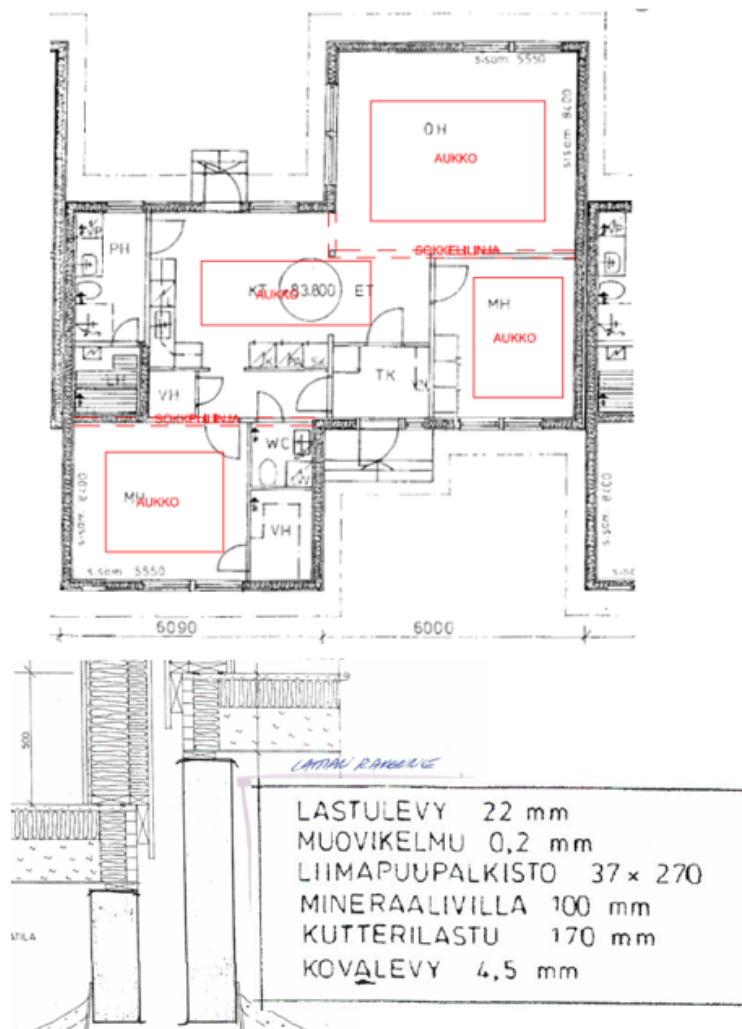
Vaurioituneen alapohjan korjaussuunnitelman tärkeimmät elementit olivat ilmanvaihdon parantaminen, kosteuskuorman pienentäminen ja alapohjan eristäminen. Näillä toimenpiteillä varmistimme alapohjalle ihanteellisemmat olosuhteet.

Korjaussuunnitelmasta käy ilmi purkutyö, jossa poistetaan kaikki vaurioitunut materiaali sekä rakenteista, että maaperästä. Ilman vaihtoa parannetaan parantamalla alapohjan ryömintätilaa ja rakennetaan ilmanvaihtojärjestelmä. Näillä toimenpiteillä pienennetään maasta nousevaa kosteuskuormaa ja lämmöneristään alapohja. Vaurioituneet rakenteet korjataan korjaussuunnitelman mukaisesti.

Korjausrakentamisen onnistuminen kiinnostaa yleensäkin kovasti ja varsinkin tällaisessa tapauksessa, jossa olosuhteiden parantaminen on oleellisessa roolissa korjausrakentamista ja sen onnistuista. Onnistumista ja olosuhteiden paranemista mittaamme automaattisella mittausjärjestelmällä, joka mittaa kosteuden ja lämpötilan muutosta korjaamattomaan alapohjaan verrattuna. Näiden tulosten perusteella voimme tehdä tulkintoja onnistumisesta suhteellisen helposti ja kustannustehokkaasti.

4.1 Korjaussuunnitelma, purkutyö

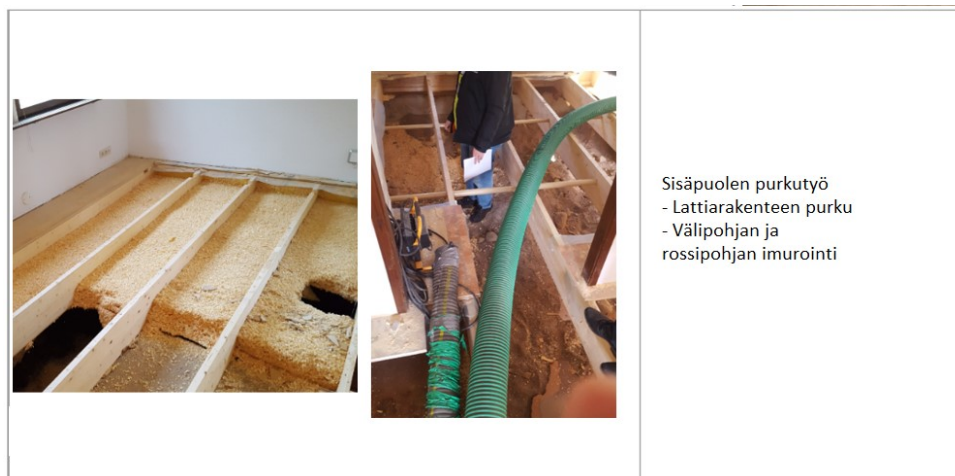
Purkutyöt asunnossa aloitettiin niin, että pihaan tilattiin kontti, jonne koko huoneiston irtain siirrettiin. Asunnon omistajat siirtyivät sijaisasuntoon. Rakenteiden purku tehdään avoimien lattioiden osalta yläkautta. Pesutilat ja WC-tilat korjataan kustannusten pienentämiseksi alakautta ja näin säästetään ns. kalliiden neliöiden uudelleen rakentaminen.



Kuva 27. Purkualueet ja purettava rakenne (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Lattiamateriaalit poistetaan ja levyrakenteeseen tehdään avaukset (kuvan 27) mukaiset aukot. Levyn alla oleva 100mm oleva mineraalivilla poistetaan ja imuautolla imetään purueristeet 170mm pois. Purueristeiden alla olevan, pahasti vaurioituneet kovalevy ja sen tukirakenteet poistetaan. Vaurioituneista niskoista leikataan kaikki lahonnut ja vaurioitunut alapinta pois noin 100mm.

Purkutyöhön kuuluu myös alapohjan ryömintätilan avartaminen ja tasaaminen. Maata imettiin imuautolla ja maa tasataan niin, että ryömintätilaksi tuli noin 800mm. Sisällä olevien sokkelilinjojen alitukset avarretaan niin, että ilmanvaihto saatiin mahdollisimman esteettömäksi. Sokkelilinjan alapinnan ja maaperän väliin jätettiin noin 100mm ilmatila.



Kuva 28. Sisäpuolinen purkutyö (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

4.2 Korjaussuunnitelma, eristäminen

Alapohjan eristäminen toteutettiin niin, että sokkelit ja maaperä eristetään. Sokkeli lämpöeristetään sisäpuolelta niin, että ulkoseiniin asennetaan 50mm XPS eristelevy, joka kiinnitetään uretaanivaahdolla ja mekaanisilla ankkureilla.

Maaperän päälle asennetaan suodatinkangas, jonka päälle asennetaan eristeeksi Leca-soraa 200mm. Eristeet asennetaan niin, että vapaakorkeus ryömintätilassa on minimissään 600mm ja mielellään 800mm. Näillä toimenpiteillä pyritään stabiloimaan lämpötilan vaihtelua ja vähentämään maaperän haihdunnan vaikutusta.



Kuva 29. Alapohjan eristäminen (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

4.3 Korjaussuunnitelma, ilmanvaihtojärjestelmä

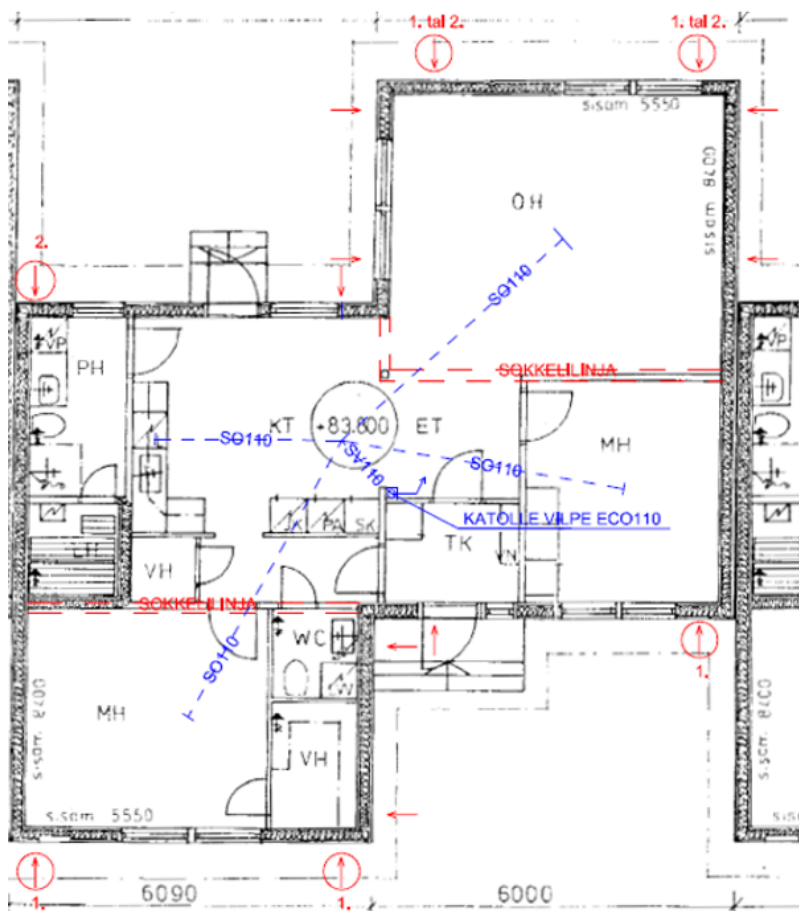
Alapohjan tuloilmaa lisätään merkittävästi. Sokkeliin porataan timanttiporauskella isommat ilma-aukot, jolloin aukkoala lisääntyy merkittävästi. Ympyrällä merkittyihin kohtiin asennetaan Vilpe ROOS160 -tuuletuspaalut ja nuolella merkittyihin kohtiin asennetaan sisähalkaisijaltaan 100mm metallisäleikkö.



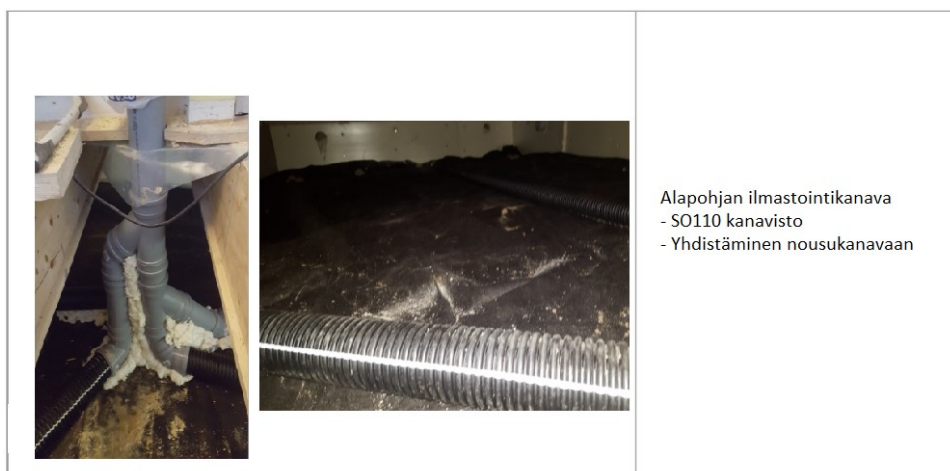
Kuva 30. Ilmanvaihdon parantaminen (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Alapohjan poistoilmakanavisto asennetaan kuvan mukaisesti tähtimäiseen kuvioon niin, että se kerää ilmaa mahdollisimman tehokkaasti ja laajalta alalta kulumista keskelle keräyspisteeseen (kuva 31). Alapohjassa vaakaputkistot rakennetaan salaojaputkella (SO110). Tähtimäisellä rakenteella pyritään suurentamaan ja tasaamaan ilman kulkeutumisen keilaa mahdollisimman laajaksi

ja tasaiseksi. Tähtimäinen rakenne kootaan viemäriputken (SV110) ja tuuletetaan katolle (kuva 32).

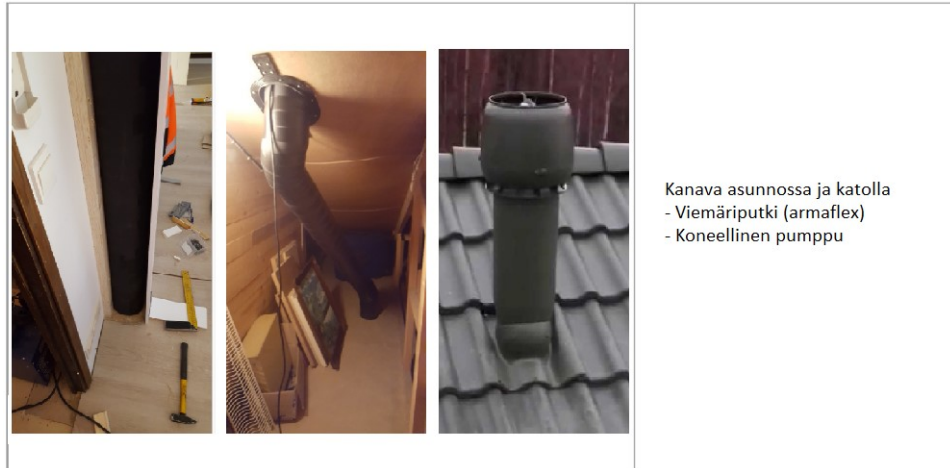


Kuva 31. Ilmanvaihtojärjestelmän kokonaiskuva (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).



Kuva 32. Ilmanvaihtokanavien yhdistäminen alapohjassa (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Tuuletuksen tehostamiseksi asennetaan Vilpe ECO110 -imuri minimiteholla jatkuvatoimiseksi. Tuuletusputki viedään kotelossa katolle, koko matkalta eristettynä ja standardiläpivientikappaleita käyttäen. Putkikotelo pinnoitetaan kipsilevyllä ja viimeistellään valmiiksi.



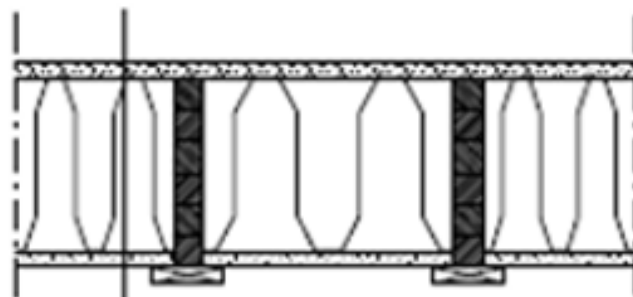
Kuva 33. Ilmanvaihtojärjestelmä asunnossa ja katolla (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

4.4 Korjaussuunnitelma, lattiarakenteen jälleenrakentaminen

Lattian jälleen rakentaminen alkaa niskojen korjaamisella ja vahvistamisella. Niskat tuetaan ja vahvistetaan niin, ettei lattiarakenne notku ja eristetilan vahvuudeksi saadaan rakennekuvan mukainen 250mm (kuva 34).

Lattia Niskojen alle kiinnitetään tukilaudat ja tuulensuojalevy asennetaan niskojen väleihin. Sähkö- ja putkivedot säilyvät ennallaan lattiarakenteiden sisällä (kuva 35). Lämmöneristeenä käytetään ekovillaa, joka asennetaan puhaltamalla (kuva 36). Puhallusvilla asennetaan Ekovillan oman ohjeen mukaisesti (kuva 37).

UUSI LATTIARAKENNE



PINTAMATERIAALI
LASTULEVY 22mm
ILMANSULKU
LIIMAPUUPALKKISTO 37x270
EKOVILLA 250mm
TUULENSUOJA RUNKOLEIJONA 25mm

Kuva 34. Jälleenrakennettavan lattian rakennekuva (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

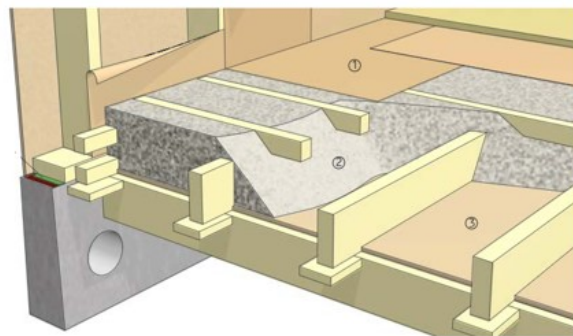


Kuva 35. Lattian jälleenrakentaminen (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).



Kuva 36. Puhallusvillan asentaminen (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Alapohja



- ① Ekovilla X5
- ② Ekovilla-eriste
- ③ Runkoleijona 25 mm

► Seinän ja lattian eristäminen voidaan suorittaa samalla käynnillä.

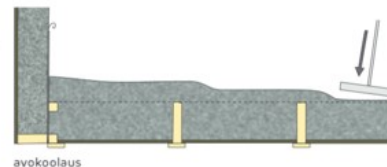


Alapohjan eristys

Avokoolaus:

1. Puhalla eriste reuna alueille (noin 1 m ulkoseinistä) 50% yli koolauksen yläreunan, muualle noin 30% yli koolauksen yläreunan.
2. Paina eriste koolauksen tasoon, esim. levyn kaistalla.
3. Puhdista koolinkien selät.

► Puhalluskoneen säätö: Ekovillan tulee lentää puhallusletkusta 0,5 - 1 m, ekovillaa pitää tulla "letkun täydeltä".



Kuva 37. Alapohjan eristysohje (Ekovilla, n.d.).

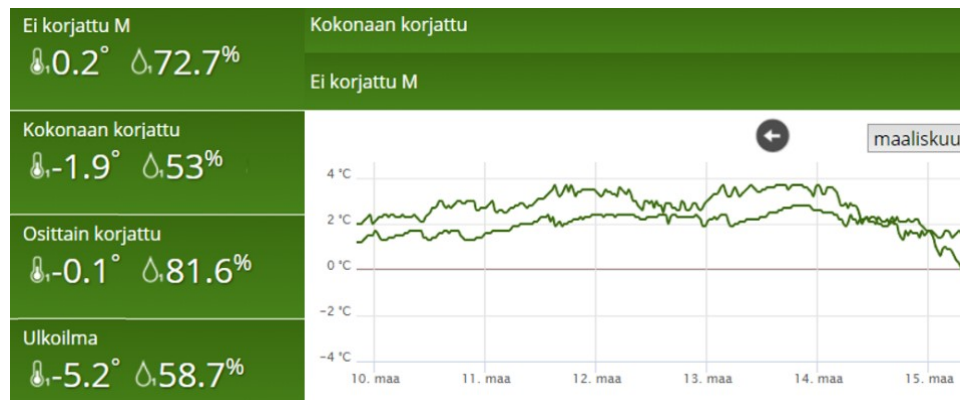
Puhallusvillan asennuksen jälkeen asennetaan ilmasulkupaperi X5. Rakenteet tehdään siten, että yläpinnan ilmansulusta saadaan tiivis ja se saadaan yhdistettyä huolellisesti vanhaan rakenteeseen. Tämä työvaihe on tehtävä erityisen huolellisesti, että tämän tyyppisen rakenteen riskit eivät toteudu. Ilma ei saa päästä kulkeutumaan alapojasta huoneilmaan.

Yläpintaan tulee yhtenäinen levyrakenteen ja yhtenäisen levyrakenteen päälle asennetaan haluttu lattiamateriaali. Lattiat listoitetaan ja asunto viimeisellään luovutuskuntoon.

4.5 Mittausjärjestelmä

Mittausjärjestelmän valintaan vaikuttavista tekijöistä tärkeimpiä olivat antureiden langattomuus, anturin laatu ja mahdollinen uudelleen käytettävyys. Meillä on betonin porareikämittauksissa käytössä kosteus- ja lämpötilan mittaamiseen Vaisala HMP110 -antureita. Tämä oli lähtökohta, jonka perusteella sen ympärillä olevia automaattisen mittauksen sovelluksia lähdimme etsimään. Muita kriteereitä valintaan oli helppokäyttöisyys, tietokannan asennettavuus ja visuaalinen käyttöliittymä.

Näiden pohjalta IoLiving-sovellus oli helppo valinta. Muita Vaisala HMP110 -anturin ympärillä olevia sovelluksia tai tähän työhön erillisiä tietokantalinkkejä ei ollut, eikä tietojen siirtosovelluksia kannattanut lähteä rakentamaan. Tällä järjestelmäratkaisulla saatiin halutut mittaustulokset halutussa laajuudessa helposti käyttöön.



Kuva 38. Mittaustulosten visualisointi IoLiving-sovelluksessa (IoLiving, n.d.).

4.5.1 Anturit

Antureita on kaksi eri tyyppiä samassa mittausyksikössä. Toinen on Vaisala HMP110 -anturi, jota käytetään rakennustyömaalla betonin ja muiden rakenteiden kosteus- ja lämpötilaseurantaan. Ja toinen on HYT221, jota käytetään rakennustyömaalla huoneilman kosteus- ja lämpötilaseurantaan.

Nämä anturit soveltuvat tähän mittaukseen hyvin. Anturien hyviä ominaisuuksia on, mittausalue on sopiva, patteri käyttöinen, helppo asentaa ja kustannustehokas.

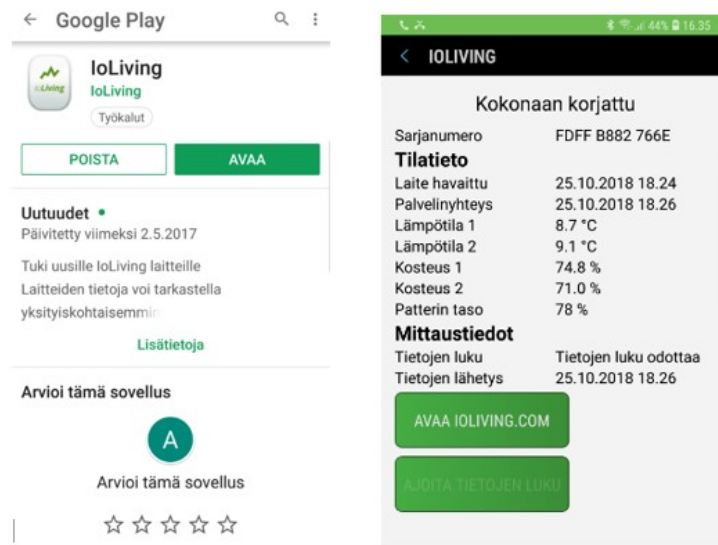


Kuva 39. Anturit alapohjassa (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

4.5.2 Tiedonsiirto

Antureiden tiedot tallentuvat automaattisesti 20 minuutin välein anturin omaan muistiin. Muistiin voi tallentaa tietoa viisi viikkoa, jonka jälkeen se ryhtyy kirjoittamaan dataa päälle, eli lukuväli on siis alle viisi viikkoa.

Tiedonsiirto anturin ja IoLiving-tietokannan välillä tapahtuu Bluetooth® Smart -yhteyden avulla (kantama esteettömässä ympäristössä 30m). Android-puhelimeen tai taulutietokoneeseen asennettu IoLiving-sovellus siirtää mittaustiedot nettipalvelimelle. Tietoja seurataan millä tahansa nettiselaimella, mistä tahansa. IoLiving-sovellus ladataan ilmaiseksi Google Play -kaupasta



Kuva 41. Järjestelmän määrittely tiedonsiirrolle (Ioliving, n.d.).

5 TULOKSET

Korjausrakentamisen kannalta kaikki onnistui hyvin ja työ saatiin ajallaan luovutettua. Mielenkiintoinen havainto kuitenkin vaurion aiheuttajasta havaittiin rakenneavauksessa. Vaikkakin astinvaraisen tutkimuksen hyvä puoli on sen nopeus, niin tässä kohteessa ilman rakenne avausta voisi jopa tehdä vääriä päätelmiä alapohjan vaurioitumisesta. Voitaasi olettaa, että alapohjassa on pelkästään ulkoisista syistä johtunut ongelma, huono tuuletus, maasta nouseva kosteus. Mutta tässä tapauksessa nähtiin rakenteellinen eroavuus rakennekuvaan, jossa vauriokohdasta pilkisti alimpana rakenteena mineraalivilla heti tuulensuojalevyn päällä, vaikka rakenne siinä pitäisi olla kutterilastu.

Korjaustöiden yhteydessä havaittiin siis selvä syy seuraus suhde tämän asian kanssa. Niissä kohdissa, missä oli jostain syystä mineraalivillan palanen alimmaisena, oli merkittävät vauriot. Johtopäätöksenä on se, että lattiarakenteen tekijät on tehneet kohtalokkaan virheen alapohjaa tehdessään, kun ovat heittäneet mineraalivillan palaset tuulensuojalevyä vasten. Tästä syystä suunniteltu kosteuden kulkeminen rakenteessa on muuttunut tai jopa estynyt. Mineraalivilla on ilmeisesti kerännyt ja luovuttanut kosteutta suunnitelmasta poiketen ja aiheuttanut vauriot. Kohdissa, missä rakenne on ollut suunnitelman mukainen (myös hyvä tuuletus), ovat pinnat huomattavasti hyvässä kunnossa. Ja vaikkakin rakennusvirhe on ollut ehkä suurin vaikuttaja pahimpiin ongelmiin, niin on vaurioiden määrä ja laajuus niin suuri, että kosteuskuorma ja sen haihduttaminen ovat kuitenkin suurin syy vaurioihin.

Korjausrakentamisen onnistumista pyritään mittaamaan automaattisella mittausjärjestelmällä. Onnistumista mitataan tässä lopputyössä muutamalla tärkeällä mittausdatalla, jotka kuvaavat korjatun alapohjan ilmanalaa. Mittauk-

sena ovat lämpötila ja suhteellinen kosteus, jotka ovat suurimpia tekijäitä alapohjan vaurioitumiseen, ollessaan epäsuotuisia. Tarkempaan analyysiin valikoitui jo ennalta mielenkiintoiset ajankohdat, eli pakkasjakso, hellejakso ja kostea jakso. Näitä jaksoja analysoimalla voidaan tai ainakin toivotaan saataavan selkoa vaikutuksista, tai jos vaikka löytyisi yllättäviä asioita vaikutuksista. Anturit asennettiin maaliskuussa 2018. Pakkasjaksokin saatiin mitattua, vaikkakin lyhyt jakso. Anturit ovat edelleen mittaamassa alapohjien tilaa ja tarkoitus on jatkaa mittauksia niin, että tietoja tallentuisi alapohjien olosuhteista koko vuoden ajan.

5.1 Pakkasjakso

Pakkasjakso on analysointiin hieman liian lyhyt, mutta kuvaa kuitenkin alapohjan tilannetta kylmällä kaudella. Kylmässä ajanjaksossa lämpötila laskee lähelle nollaa ja huomioitavaa on kuitenkin se, että korjatussa alapohjassa lämpöeristyksen ansiosta lämpötilat ovat 1–3 astetta lämpimämmät. Suhteellinen kosteus on pudonnut jopa 10–30 RH-prosenttiyksikköä korjatussa alapohjassa. Kylmällä jaksolla on saavutettu hyvät lopputulokset.

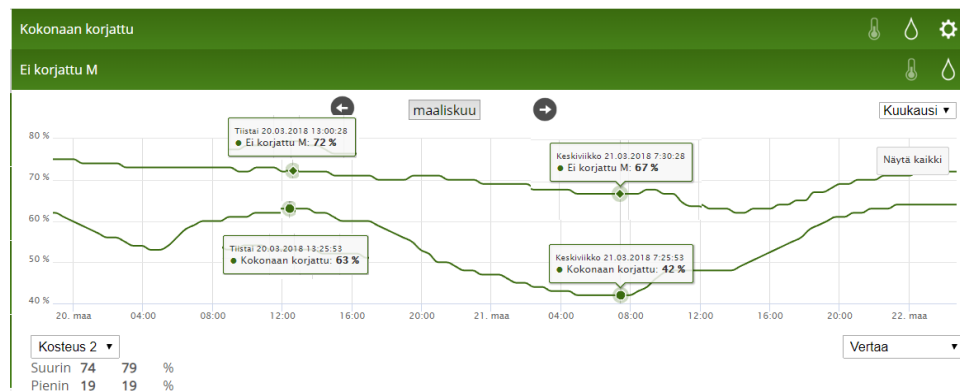
Energiatehokkuutta ei ole numeraalisesti pystytty mittaamaan. Rakenne on kuitenkin parantunut lämpöarvoltaan huomattavasti uuden rakenteen ansiosta. Mineraalivilla ja kutterilastu on vaihtunut ekovillaan ja tuulensuojalevynä toiminut kovalevy on vaihtunut runkoleijonaan. Ainoastaan asukkaan kommentti on rakenteen toimivuuden mittarina energiatehokkuuden näkökulmasta ja asukas totesikin, että ”ei ole koskaan ollut näin pientä sähkölaskua”.

Kuvan mukainen lyhytkin pakkasjakso kuvaa alapohjan hyvää ja kuivaa ajanjaksoa. Pakkasjakson ulkoilman suhteellinen kosteus vaihtelu on 35–65 RH-prosenttiyksikköä. Yleisesti ilma on kuivia pakkasjaksolla.



Kuva 42. Pakkasjakso, lämpötila 20.3. -22.3. (Ioliving, n.d.).

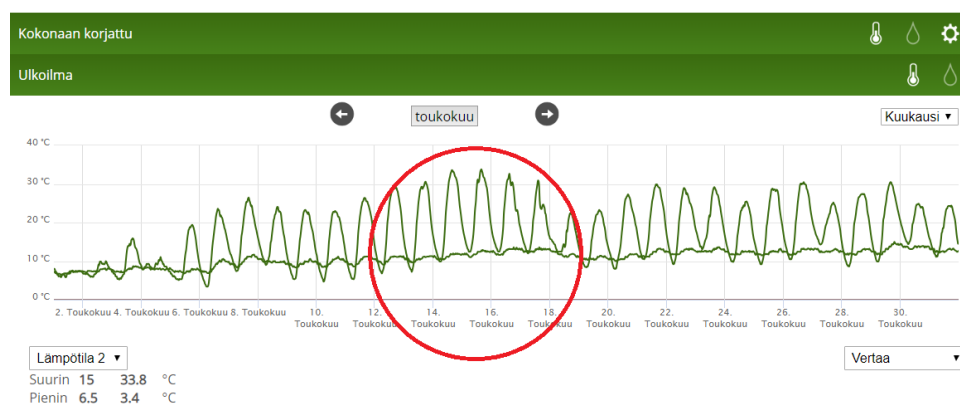
Pakkasjakson aikana, kun verrataan korjattua ja korjaamatonta, niin havaitaan huomattava parannus, jopa 25 RH-prosenttiyksikköä. Pakkasjaksolla on kaikkien alapohjien tilanne suhteellisen hyvä ja kuiva. Lyhyellä pakkasjaksolla parannus oli ka. 20 RH-prosenttiyksikköä.



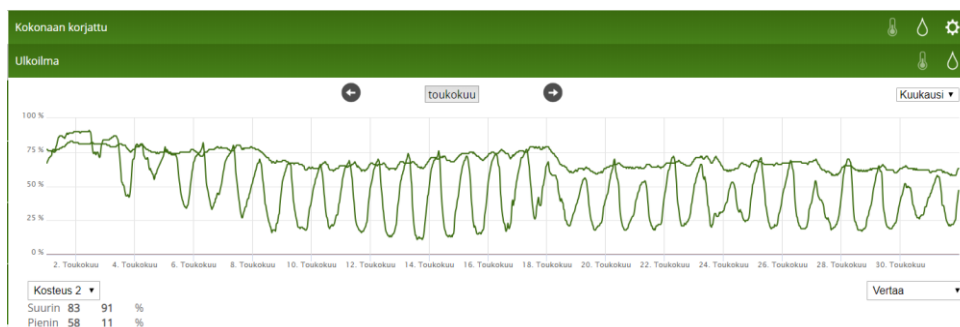
Kuva 43. Pakkasjakso, suhteellinen kosteus 20.3. -22.3. (Ioliving, n.d.).

5.2 Hellejakso, toukokuu

Hellejakso on analysointiin riittävän pitkä, koska kesä 2018 oli pitkästä ajasta todella helteinen. Lämmin jakso kuvaa hyvin alapohjan tilannetta ns. haastavalla kaudella. Lämpimässä ajanjaksossa lämpötila nousee alapohjassa lähelle viittätoista astetta ja huomioitavaa on kuitenkin se, että korjatussa alapohjassa lämpöeristyksen ansiosta lämpötilat ovat 1–3 astetta lämpimämmät kuin korjaamattomissa. Suhteellinen kosteus on pudonnut hieman vähemmän, noin 10 RH-prosenttiyksikköä, korjatussa alapohjassa. Lämpimälläkin jaksolla on saavutettu hyvät lopputulokset.



Kuva 44. Hellejakso toukokuu, lämpötila ulkoilmassa ja korjatussa alapohjassa (Ioliving, n.d.).



Kuva 45. Hellejakso toukokuu, suhteellinen kosteus ulkoilmassa ja korjatussa alapohjassa (Ioliving, n.d.).

Suhteellinen kosteus alapohjassa on huomattavasti korkeampi, kuin ulkona. Mutta korjatussa alapohjassa saavutetaan silti 10–20 RH-prosenttiyksikön parannusta ja minimissäänkin noin 10 RH-prosenttiyksikön parannus.

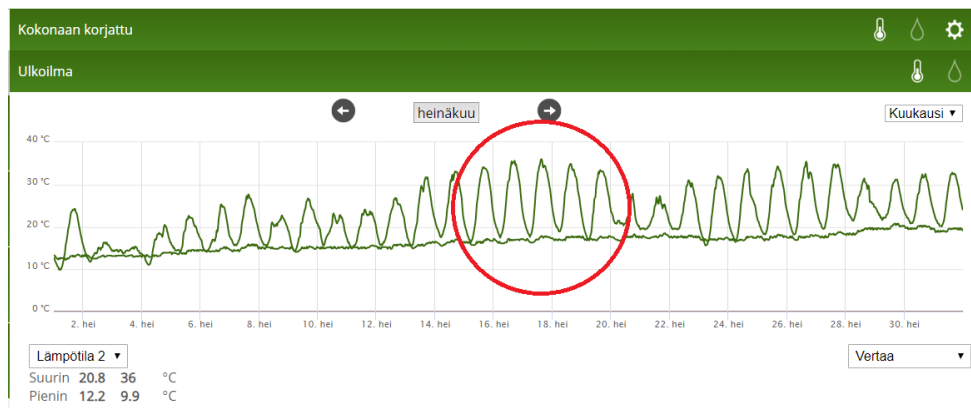


Kuva 46. Hellejakso toukokuu, suhteellinen kosteus korjatussa ja korjaamattomassa alapohjassa ajalla 10.5. – 21.5. (Ioliving, n.d.).

Hellejaksolla kaikissa alapohjissa suhteellinen kosteus nousee aika korkeaksi, mutta hellejaksollakin parannus oli ka. 15 RH-prosenttiyksikköä. Suhteellisen kosteuden määrä on jo niin korkea, että vaurioituminen alapohjan rakenteissa on mahdollista.

5.3 Hellejakso, heinäkuu

Heinäkuussa on pitkä yhtenäinen hellejakso, jossa päivä lämpötilat saavuttavat 30 astetta useana päivänä. Heinäkuun jaksossa alapohjan lämpötilan kohtaa pitkän lämpimän jakson ansiosta jo lähelle 20 astetta.



Kuva 47. Hellejakso heinäkuu, lämpötila ulkoilmassa ja korjatussa alapohjassa (Ioliving, n.d.).

Ulkona suhteellinen kosteus on huomattavasti alapohjassa vallitsevaa tilannetta alhaisempi. Alapohjan suhteellinen kosteus on korkealla tasolla.



Kuva 48. Hellejakso heinäkuu, suhteellinen kosteus ulkoilmassa ja korjatussa alapohjassa (Ioliving, n.d.).

Hellejakson suhteellinen kosteus kohoaa todella korkeaksi. Ja vaurioitumisen riski on todella suuri. Ilmanvaihtuvuus nousee tärkeään asemaan turvatakseen alapohjaa.

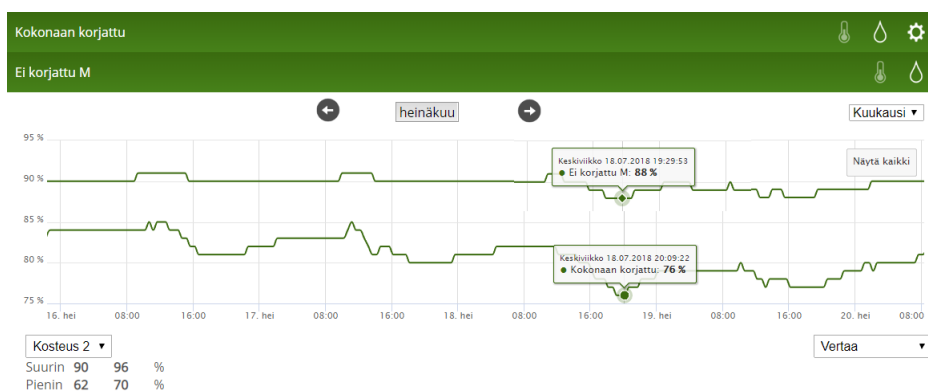


Kuva 49. Hellejakso heinäkuu, suhteellinen kosteus korjatussa ja ei korjatussa *alaphjassa* 16.7. – 19.7. (Ioliving, n.d.).

Ulkona suhteellinen kosteus on huomattavasti alaphjassa vallitsevaa tilannetta alhaisempi ja vaihtelee todella nopeasti päivän aikana. Hetkelliset erot voivat olla jopa 50 RH-prosenttiyksikköä.



Kuva 50. Hellejakso heinäkuu, suhteellinen kosteus korjatussa ja ulkoilmassa 16.7. – 19.7. (Ioliving, n.d.).

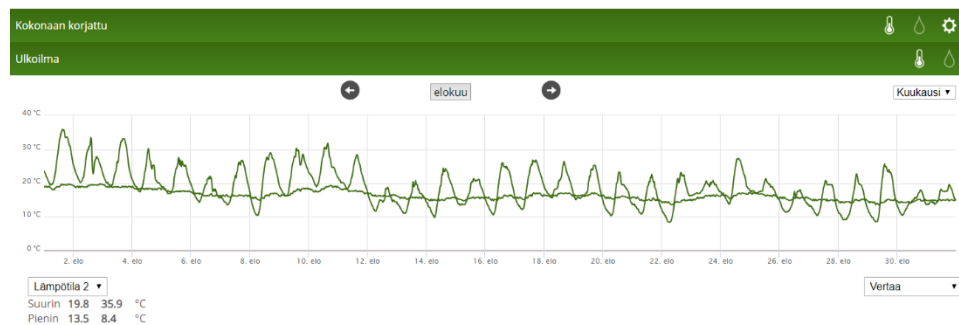


Kuva 51. Hellejakso heinäkuu, suhteellinen kosteus (Ioliving, n.d.).

Korjatun alapohjan tilanne on edelleen 5–15 RH-prosenttiyksikön parempi, kuin korjaamattoman. Hellejaksolla heinäkuussa kaikissa alapohjissa suhteellinen kosteus nousee todella korkeaksi, mutta heinäkuun hellejaksollakin parannus oli ka. 10 RH-prosenttiyksikköä.

5.4 Kosteaa jakso

Kosteaa jakso on analysointiin ehkä se kiinnostavin ajanjakso. On lämmintä ja kosteaa, mikä jo alustavasti tuottaa alapohjaan epäsuotuisat olosuhteet ja kostea jakso kuvaa hyvin alapohjan tilannetta ns. todella haastavalla kaudella. Kosteassa ajanjaksossa lämpötila laskee noin 10 astetta ja ilman suhteellinen kosteus on korkeimmillaan vuodenajasta ja sateista johtuen. Kosteallakin jaksolla on saavutettu hyvät lopputulokset korjatussa alapohjassa, vaikka olosuhteet ovat todella huonot.



Kuva 52. Kosteaa jakso, lämpötila ulkoilmassa ja korjatussa alapohjassa (Ioliving, n.d.).

Illman suhteellinen kosteus vaihtelee ulkona paljon, mutta korjaamattomassa alapohjassa arvot ovat todella korkeat ja vaihtelut ovat välillä 80 ja lähes 100 RH-prosenttiyksikö. Korjatussa kuitenkin huomattavasti alhaisemmit.



Kuva 53. Kosteaa jakso, suhteellinen kosteus ulkoilmassa ja korjatussa alapohjassa (Ioliving, n.d.).

Pahin tilanne mittaus jaksolla löytyy elokuun alusta. Lyhyellä jaksolla suhteellinen kosteus lähestyy 100 prosenttia. Tarkastellaan hieman tarkemmin tätä jaksoa.



Kuva 54. Kosteaa jakso, suhteellinen kosteus korjatussa ja korjaamattomassa alapohjassa 2.8. – 4.8. (loliving, n.d.).

Korjaamattomassa rakenteessa suhteellinen kosteus on hetkellisesti jopa 99,4% ja pitkiäkin ajanjaksoja yli 90%. Korjatun alapohjan lukemat ovat kostealla ajanjaksolla keskimäärin 10% RH-prosenttiyksikköä alhaisemmat. Mutta silti todella korkeat.



Kuva 55. Kosteaa jakso, suhteellinen kosteus korjatussa ja korjaamattomassa alapohjassa 2.8. – 4.8. (loliving, n.d.).

Kostealla jaksolla kaikissa alapohjissa suhteellinen kosteus nousee todella korkeaksi, mutta korjatussa alapohjassa saavutettu parannus oli ka. 10 RH-prosenttiyksikköä. Alapohjan vaurioituminen on ko. ajanjaksolla aika ilmeinen ja korjatun alapohjan parannus on toivottu.

5.5 Yhteiset tekijät

Ajanjaksosta riippumatta mittaustulokset myötäilevät saamaa linjaa. Suhteellisen kosteuden alenema on keskimäärin 20% RH-prosenttiyksikköä ja lämpötila nousi 1–3 astetta.

Vertailussa on korjattu alapohja ja molemmilla puolilla korjaamattomat alapohjat, joita mitataan samalla tavalla. Korjaamattomien alapohjien olosuhteet ovat käytännössä identtiset ja voidaan olettaa, että rivitaloyhtiön muutkin alapohjat ovat samankaltaisissa olosuhteissa identtiset.

Ilmanvaihdon merkitys on todella suuri ja suunniteltu ilmanvaihdon parantaminen koko taloyhtiössä on perusteltu. Yhdessä parannettu ilmanvaihto ja pi-haremontti tuottavat varmasti paremmat olosuhteet muillekin alapohjille.

6 YHTEENVETO

Vaurioituneen rakenteen korjausrakennussuunnitelma toimi mielestäni erittäin hyvin tähän kohteeseen. Alapohjan korjaaminen meni kokonaisuudessaan hyvin, mikä takaa paremmat oltavat alapohjalle.

Mittausjärjestelmän valinta oli helppoa. Kustannustehokas kokonaisuus on myös jatkossa hyödynnettävissä muissakin kohteissa. Antureiden asennus ja järjestelmän käyttöönotto olivat nopeita ja helppoja toteuttaa. Järjestelmä asennettiin maaliskuussa 2018, ja nyt mittausjakson pituus on kahdeksan kuka kautta. Mittausjakso jatkuu vielä maaliskuuhun 2019, jolloin saadaan talteen koko vuoden mittausdatat mahdollista jatko tutkimusta varten.

IoLiving-käyttöliittymällä tietojen analysointi perustuu kahden arvon hetkelliseen vertailuun, joten se ei anna riittävää joustavuutta tietojen tutkintaan. Mittausjärjestelmän käyttöliittymä ei taivu ihan siihen, mitä analysointi työkalulta toivoin, mutta päällisin puolin onnistuminen voidaan todeta. Analysoitaessa dataa syvällisemmin pitäisi samalla näytöllä pystyä näkemään enemmän kuin kaksi arvoa. Mittausarvoja samalla näytöllä pitäisi saada näkymään useampi, ja syy-seuraussuhteen muuttujia pitäisi pystyä muodostamaan helposti päättelyketjuilla.

Alapohjan olosuhteet näillä korjaustoimienpiteillä saavuttivat hyvän parannuksen lämpötilan nousuna, keskimäärin 1–3 astetta. Alapohjasta nousevan kosteuden määrän vähenemänä ja ilmanvaihdon parantumisena, joka näkyy suhteellisen kosteuden alenemisena koko mittausjaksolla, keskimäärin 10–30 RH-prosenttiyksikköä.

Pakkasjaksolla on kaikkien alapohjien tilanne suhteellisen hyvä ja kuiva. Lyhyellä pakkasjaksolla parannus oli ka. 20 RH-prosenttiyksikköä. Hellejaksolla kaikissa alapohjissa suhteellinen kosteus nousee aika korkeaksi, mutta hellejaksollakin parannus oli ka. 15 RH-prosenttiyksikköä. Hellejaksolla heinäkuussa kaikissa alapohjissa suhteellinen kosteus nousee todella korkeaksi, mutta heinäkuun hellejaksollakin parannus oli ka. 10 RH-prosenttiyksikköä. Kostealla jaksolla kaikissa alapohjissa suhteellinen kosteus nousee todella korkeaksi, mutta korjatussa alapohjassa saavutettu parannus oli ka. 10 RH-prosenttiyksikköä.

Nämä korjaustoimenpiteet takaavat todistetusti paremmat olosuhteet ja pienentävät merkittävästi vaurioiden syntymistä. Tähän hyvänä lisänä rivitaloyhtiössä tehdään keväällä 2019 salaojituksen korjaus, sadevesiviemärointi ja pihojen pintojen muokkaus. Näiden toimien yhteisvaikutuksella taataan kaikille alapohjille merkittävästi paremmat olosuhteet tulevaisuudessa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuoden mittaisella datan analysoinnilla olisi mahdollista tehdä järjestelmä, joka takaisi alapohjille ihanteelliset olosuhteet. Jo olemassa olevalla datalla ja oikeanlaisella analysointityökalulla voisi tutkia hivenen tarkemmin olosuhteita. Olosuhteiden perusteella voisi rakentaa tai parantaa ilmanvaihtojärjestelmää siten, että sen pumppua ohjataan datan perusteella. Hyvillä ja suotuisilla arvoilla imutehoa nostettaisiin ja huonolla hetkellä sitä vähennettäisiin.

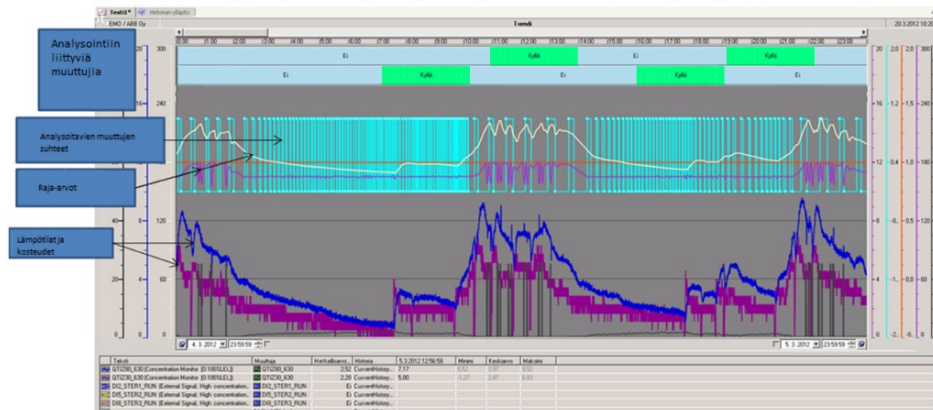
Tämän datan perusteella voisi tehdä yhteistyötä esimerkiksi pumpputoimittaja Vilpen kanssa. Logiikkaohjattuun järjestelmään pumpputoimittajalla on kaikki ohjaukseen ja pumppujen nopeusohjaukseen liittyvät elementit. Kyseinen toimittaja ohjaa jo sisäilmapumppuja hiilidioksidin määrän perusteella, joten pienellä ponnistuksella tämä sama toiminto voitaisiin ottaa käyttöön myös alapohjassa. Tämä olisi todella kustannustehokas ja hyvä parannus alapohjan ilman laadun parantamiseksi.

Jos kustannustehokkuutta ei oteta huomioon, alapohjan ilmatilaan pitäisi asentaa ilmaa kuivattava ja lämmittävä laitteisto, joka tietyillä raja-arvoilla alkaisi kuivata tai lämmittää ilmaa. Samalla ohjattaisiin ilmanvaihtojärjestelmällä ilmanvaihtoa. Tämä takaisi mahdollisimman optimaalisen ilman laadun alapohjaan ja pidentäisi sen elinkaarta.

Tulevaisuudessa lopputuote voisi olla logiikkaohjattu laite, joka takaa ihanteelliset olosuhteet kustannustehokkaasti jokaiseen alapohjaan. Laitteiston logiikkaa ohjataan muutaman anturin tietojen perusteella, ja laitteisto toimii kulloisessakin tilanteessa sen vaatimalla tavalla pumppuna, lämmittimenä tai kuivurina.

MITTAUSTEN ANALYSOINTI

- Mittusdatan analysointi voisi olla ao. kuvan mukainen analyysi
- signaalit, päättely ja apumuuttujat → joiden perusteella ohjataan pumppuja, kuivausta ja lämmitystä



Kuva 56. Visio mittausdatan analysoinnin mittauksista ja muuttujista (Materiaaliarkisto, Pulkkinen).

Laitteisto voisi olla helpoimmillaan boksi, joka asennetaan alapohjaan. Alapohjaan ja ulkoilman puolella olevaan tilaan kytketään muutama helposti asennettava anturi. Ilmanvaihtoputkisto kytketään taipuisalla salaojaputkella sokkelin viereen ja yksi poisto- ja tuloputki tuodaan ulos sokkelista. Järjestelmä on valmis käyttöön, kun se kytketään verkkovirtaan.

Asiakas voisi halutessaan katsoa käyttöliittymästä alapohjan antureiden mittauksien arvoja ja pumppujen toimintaa. Kaksisuuntaisella liitynnällä asiakas voisi säätää raja-arvoja myös etänä.

LÄHTEET

FISE Oy, (2018), Rakennus-, LVI- ja kiinteistöalan henkilöpätevyudet FISE Oy, Virhetietopankki, RVP-S-RF-61, Ryömintätalaisen alapohjan kosteuden poisto ei toimi. Haettu 18.11.2018 osoitteesta www.fise.fi

Hengityслиitto, (n.d.), Hometalkoot.fi, Terveiden talojen puolesta, Ohjeita kosteusvaurioiden korjaukseen. Haettu 18.11.2018 osoitteesta <https://www.hometalkoot.fi/omakotitalo>

IoLiving Oy, (n.d.), Mittausjärjestelmä. Haettu 18.11.2018 osoitteesta <https://www.ioliving.com>

Knuutila, A. (2018). Korjausrakentaminen-moduulin verkkoaineisto, Home-riskin laskenta, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 15.11.2018 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>

Paloniitty, S. (2018). Korjausrakentaminen-moduulin verkkoaineisto, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 15.11.2018 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>

Sisäilmayhdistys, (n.d.), Terveelliset tilat, Kosteusvauriot, Mikrobit, Mikrobikasvun edellytykset. Haettu 18.11.2018 osoitteesta <https://www.sisailmayhdistys.fi>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, (2014), RIL 255-1-2014, Rakennusfysiikka 1 Rakennusfysiikalinen suunnittelu ja tutkimukset, puurakenteinen tuulettuva alapohja, Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 15.11.2018 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi>

Ympäristöministeriö, (n.d.a), asetukset (782/2017). Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2017, 9 § Rakennuksen alus- ja vierustäytöt, Haettu 18.11.2018 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170782>

Ympäristöministeriö, (n.d.b), asetukset (782/2017). Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2017, 19 § Ryömintätalain alapohja, Haettu 18.11.2018 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170782>

Ympäristöministeriö, (n.d.c), asetukset (782/2017). Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 2017, 20 § Ryömintätalain korkeus ja kulkuyhteys. Haettu 18.11.2018 osoitteesta <https://www.finlex.fi> <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170782>

Ympäristöministeriö, (n.d.d), Ympäristöopas 2016, Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus. Toim. Miia Pitkäranta, Helsinki. Haettu 18.11.2018 osoitteesta <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi>

Ympäristöministeriö, (n.d.e), Ympäristöopas, Kosteus rakentamisessa, RakMK C2 opas 1999, Toim. Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy. Hattu 18.11.2018 osoitteesta <https://kosteusvauriokorjaus.savonia.fi>