

Asfalttibetoni-lattiarakenteen korjaus

Lämpimän hallin maanvarainen alapohja

Tuomo Ikonen

Opinnäytetyö

Joulukuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Ikonen, Tuomo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä joulukuu 2016
	Sivumäärä 83	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Asfalttibetoni-lattiarakenteen korjaus Lämpimän hallin maanvarainen alapohja		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pekka Lähdesmäki (JAMK), Jukka Konttinen (JAMK) ja Vesa Kyllönen (Jykes Kiinteistöt Oy)		
Toimeksiantaja(t) Jykes Kiinteistöt Oy		
Tiivistelmä <p>Tutkimuksen kohteena oli Jyväskylän Paviljongin messuhallina toimivan A-hallin maanvarainen eristämätön asfalttirakenteinen lattia. Kohderakennus on muunnettu Schaumanin vaneritehtaan varastorakennuksesta virallisesti messuhalliksi 1989. Lattian varsinainen ongelma oli rakenteen halkeilu, mutta siihen liittyi vahvasti myös tiettyjä riskejä sisäilman suhteen. Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa rakenteen riskit sisäilman osalta, sekä halkeilun syyt. Kartoituksen pohjalta luotiin korjausvaihtoehtoja, joiden toimivuutta tarkasteltiin korjauksen kestävyys, kokonaiskustannusten ja sisäilman riskien osalta.</p> <p>Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena. Tutkimusmenetelminä käytettiin havainnointia, dokumenttien analysointia, strukturoitua haastattelua sekä laajan teorian tiedon analysointia. Tutkimus osoitti, että lattian halkeilun pääasiallinen syy oli rakenteen alapuolisten maakerrosten liike. Lisäksi havaittiin muita pienempiä osatekijöitä halkeilulle. Tähän tietoon perustuen todettiin, että ainoa keino varmistaa rakenteen halkeilemattomuus ja turvata hallin sisäilman laatu, olisi purkaa vanha rakenne ja rakentaa tilalle uusi.</p> <p>Edellä kuvatun korjaustoimenpiteen rinnalle nostettiin kustannustehokkaampi korjausmenetelmä, jossa vanha lattiarakenne päällystetään uudella komposiittipäällysteen kaltaisella kerroksella. Menettely voisi parhaassa tapauksessa nostaa lattian käyttöikä huomattavasti, mutta ei muuttaisi rakenteen toimintaa sisäilman riskien näkökulmasta.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Riski, asfalttibetoni, maanvarainen lattia, rakenteen kantavuus, sisäilma, sisäilmasto, korjaus		
Muut tiedot		

Author(s) Ikonen, Tuomo	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 83	Permission for web publication: x
Title of publication Repairing of an asphalt-concrete floor structure Slab-on-grade base floor in indoor hall		
Degree programme Civil Engineering		
Supervisor(s) Lähdesmäki, Pekka (JAMK) and Konttinen, Jukka (JAMK)		
Assigned by Jykes Kiinteistöt Oy, (Kyllönen, Vesa)		
Abstract <p>The aim of this research was to analyze the reasons behind the cracking of an uninsulated slab-on-grade asphalt floor and the possible risks it might cause to indoor air in Jyväskylän Paviljonki hall A. The function of the hall was converted from Schauman plywood industry storage to exhibition hall in 1989. As a conclusion concerning the reasons for cracking, different kinds of repair plans were drafted. The functionality of these plans was considered from the point view of durability, total expenses and risks for indoor air.</p> <p>This research was executed as a case study. The tools for research were observation, document analysis, structured interview and analysis of the vast amount of theoretical information about similar matters. As result based on the research, the main factor behind the cracking was the movement of the ground layers under the floor. Other smaller side effects were also discovered. According to these facts, the only possible certain solution to repair the cracking of the floor was total demolition of the old structure and its replacement with a new one.</p> <p>A parallel plan for repairing, where the old structure is paved with composite-asphalt-like layer, was discovered to be significantly cheaper than the total demolition and rebuilding of the structure. This method could raise the usability of the structures considerably, yet, it would not change the functionality of the structures concerning the risks for indoor air.</p>		
Keywords/tags (subjects) Risk, asphalt concrete, slab-on-grade floor, structures carrying capacity, indoor air, repair		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Taustat.....	7
1.2	Tavoitteet ja rajaukset	7
1.3	Keskeisimmät käsitteet	8
2	Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät	9
3	Asfalttibetonirakenteisen maanvaraisen lattian riskit	10
3.1	Routa.....	10
3.1.1	Roudan syvyys.....	10
3.1.2	Routasuojaus.....	12
3.1.3	Routavauriot ja yleisimmät syyt.....	14
3.1.4	Routavaurioiden korjaus.....	15
3.2	Maapohjan kantavuus.....	16
3.2.1	Painuma	16
3.2.2	Painuman määrittäminen.....	17
3.2.3	Maanvarainen alapohja	21
3.2.4	Perustukset	22
3.3	Asfalttibetonilattian kuormitukset	24
3.3.1	Maanvaraisen lattian kuormat ja paksuus	25
3.3.2	Kosteus.....	27
3.3.2.1	Kosteuden siirtyminen	27
3.3.2.2	Kosteus maanvastaisissa alapohjarakenteissa	28
3.3.2.3	Kosteuden tiivistyminen rakenteissa	29
3.3.3	Lämpötilavaihtelut	32
3.3.4	Asfaltin ikä ja kuluminen.....	33
3.4	Lattiarakenteiden pinnoitus	34
3.4.1	Alustan vaatimukset.....	34

	2
3.4.2 Pinnan esikäsittely.....	35
3.4.3 Pinnoitteen tarttuvuus asfaltiin	36
3.4.4 Pinnoitteen tiiveys.....	37
4 Sisäilman riskit.....	38
4.1 Sisäilmasto-ongelmat yleisesti	38
4.2 Radon	41
4.2.1 Radon Suomessa	42
4.2.2 Rakennusteknisten ratkaisujen vaikutus	44
4.3 Muut yhdisteet	45
4.4 Mikrobit ja home	47
5 Kohteen kuvaus.....	49
5.1 A-hallin rakenteet	50
5.2 Kohteen ongelmat	53
5.3 Korjaushistoria	55
6 Lattian halkeilun syyt.....	57
6.1 Painuma.....	57
6.2 Asfalttirakenne	58
6.3 Kosteus	60
6.4 Pinnoite	61
6.5 Yhdistelmä	62
7 Lattiarakenteen korjaus.....	63
7.1 Uudelleenpinnoitus.....	63
7.2 Densitop -päällyste	64
7.3 Betonilattia asfaltin päälle.....	65
7.4 Maanvaihto ja uusi lattia.....	65
8 Johtopäätökset.....	67
9 Pohdinta.....	68
Lähteet.....	70

Liitteet	74
Liite 1. Rambollin tekemä korjausehdotus	74
Liite 2. Vaaituspöytäkirjan kartta	81
Liite 3. Haastattelu Milja Korhonen Jyväskylän Kogressikeskus Oy	82

Kuviot

Kuvio 1. Pakkasmäärän ja lumikerroksen paksuuden vaikutus roudan syvyyteen (RIL 261 2013, 33.)	11
Kuvio 2. Maan routaantumisen ja routasuojauksen periaatteet (RIL 261, 77.)	13
Kuvio 3. Perustusten lämpövirrat (Routavauriot n.d.).....	14
Kuvio 4. Painumasuureiden määrittely ja raja-arvot (Jääskeläinen 2009, 46.).....	23
Kuvio 5. Rakenteen lämpötilakäyrä (Leivo & Rantala 2002, 10.)	31
Kuvio 6. Rakenteen vesihöyrypitoisuus- ja kyllästyskosteuskäyrät (Leivo & Rantala 2002, 10.).....	32
Kuvio 7. Sisäilmaluokkien sanalliset käsitteet (Säteri 2008, 2.).....	39
Kuvio 8. Asuntojen radonpitoisuudet Suomessa (Weltner ym. n.d., 16.)	42
Kuvio 9. Suhteellisen kosteuden vaikutus homekasvun riskiin eri lämpötiloissa (Leivo & Rantala 2002, 13.).....	48
Kuvio 10. Jyväsjärven rantaviivan muutos lutakossa 1790 - 2012 (Jäppinen 2012, 11.)	49
Kuvio 11. A- ja B-hallien välinen vanha tiiliseinä (Jykes 2016.)	50
Kuvio 12. Kuva rakenneavauksesta ja mittanauhasta (Ikonen 2016.)	51
Kuvio 13. Kuva lattiarakenteen sinkopuhalluksesta (Jykes 2016.)	52
Kuvio 14. Kuva lattiarakenteen ja seinän liitoksesta hallin nurkassa (Jykes 2016.)	53
Kuvio 15. A-hallin haljennut pinnoitettu lattiarakenne (Jykes 2016.)	54

Taulukot

Taulukko 1. Karkean siltin ja hiekan kairausvastuksen perusteella arvioidut lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet (Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, Liite 5 2001, 10.).....	19
Taulukko 2. Soran ja moreenin kairausvastuksen perusteella arvioidut lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet (Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, Liite 5 2001, 12.).....	20
Taulukko 3. Alsfaltista tehdyn kantavan kerroksen ja päällysteen paksuus (Puumala 1994, 17.).....	26
Taulukko 4. Ilmanlaadun tavoitearvot (Husman ym. 2008, 29.)	40
Taulukko 5. Asuntojen radonpitoisuudet kunnissa (Weltner ym. n.d., 18.)	44
Taulukko 6. Vaaituspöytäkirjan tulokset (Jykes 2016.)	56

1 Johdanto

Asfalttirakenteisia lämpimien tilojen alapohjia on rakennettu Suomessa lähinnä varasto- ja tuotantotiloihin. Asuinrakennuksissa vastaavat rakenteet ovat erittäin harvinaisia. Asfalttirakenteisista alapohjista kertovaa ainestoa on hyvin niukasti saatavilla ja aiheesta ei ole tiedettävästi ennen tehty opinnäytetöitä.

Asfalttirakenteita Suomessa käsitellään pääasiassa infra-rakentamisessa.

Puumalan (1994) tekemässä tutkimuksessa tarkastellaan maataloudessa käytettyjä tuotantorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita. Tutkimus on vuodelta 1994, joten se on tietyiltä osin vanhentunut, mutta teoriaosaltaan tähän työhön soveltuva. Koska työssä tarkastellaan maatalouden tuotantorakennuksia, sen käyttötarkoitus poikkeaa tässä työssä tarkasteltavasta kohteesta. Kuormitukset poikkeavat toisistaan hieman ja sisäilman osalta tieto on vanhentunutta.

Laukkasen & Unholan (2001) tekemä ajoharjoitteluratojen liukasaluetutkimus käsittelee asfalttirakenteita tieolosuhteissa. Rakenteen käyttötarkoitus eroaa huomattavasti messuhallista, koska kyseinen rakenne toimii ulko-olosuhteissa. Näin ollen tälle rakenteen toimivuudelle ei ole annettu samoja vaatimuksia kuin sisätiloissa käytettäville rakenteille. Tutkimuksesta on kuitenkin hyödynnettävissä teoriaa sisätilojen asfalttirakenteiden pionnoittamisen yleiseltä osalta.

Sarkkilan, Kuusiniemen, Forsténin & Manni-Rantasen (2006) tutkimus asfalttisista ympäristönsuojarakenteista käsittelee asfalttirakenteiden käyttöä kaatopaikoilla, suoja-altaissa sekä maatiloilla. Vaikka käyttökohteiden vaatimukset rakenteen toiminnalle eroavat suuresti messuhalleista, sen teorian osa asfaltin iästä ja kulumisesta on verrattavissa tarkasteltavaan kohteeseen.

Suurin osa tässä työssä käytetystä teoriasta kuitenkin käsittelee betonirakentamista ja siihen liittyviä riskejä, joten tieto ei ole suoraan hyödynnettävissä asfalttirakenteille, vaan sitä tulee soveltaa. Tämä työ luo mallin, joka soveltuu käytettäväksi maanvaraisten asfalttirakenteisten alapohjien korjausrakentamisessa lämpimissä tiloissa.

1.1 Taustat

Jyväskylän Paviljonki on vuonna 2003 saneerattu messukeskus, missä järjestetään vuosittain satoja tapahtumia, joistan tunnetuin on Neste Oil Rally Finland. Paviljonki sijaitsee Jyväskylässä Lutakon alueella, joka on vanhaa vesijättömaata. Paviljongin paikalla toimi Schaumanin vaneritehdas vuosina 1912 - 1995, jonka vanhat varastorakennukset ja toimitilat on otettu Jyväskylän Messukeskuksen käyttöön vuokrasopimuksella vuonna 1989. (Lutakko - Malliesimerkki rakennemuutoksesta n.d.)

Viime vuosien aikana Paviljongin niin kutsutun A-hallin asfalttirakenteinen lattia on halkeillut ja se on aiheuttanut ongelmia hallin käytölle messutilana. Halli on ennen nykyistä käyttöä toiminut Schaumanin vaneritehtaan varastotilana ja sen käyttötarkoitus on muutettu messuhallille sopivaksi messukeskuksen eri rakentamisen vaiheiden yhteydessä vuosina 1997 - 2003. Halkeilu aiheuttaa messuhallille kosmeettista haittaa, mistä aiheutuu lisäkustannuksia messujen järjestäjälle. Halkeilu mahdollistaa myös vaaratilanteiden syntymisen messukävijöille sekä vaarantaa lattian kantavuuden tulevaisuudessa.

Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimii Jykes Kiinteistöt Oy, joka omistaa Jyväskylän Paviljongin. Jykes Kiinteistöt Oy on vuonna 1983 perustettu Jyväskylässä toimiva yritys joka omistaa, vuokraa, rakennuttaa ja kehittää toimisto-, tuotanto- ja varastotiloja Jyväskylän alueella. Sen omistuksessa on noin 100 000 m² erilaisia tiloja ja yrityksiä vuokralla näissä tiloissa on noin 200. Yrityksen liikevaihto vuonna 2015 oli 10,3 milj. €. Jykes Kiinteistöt Oy:n omistavat Jyväskylän kaupunki, Laukaan kunta ja Muuramen kunta. (Jykes Kiinteistöt n.d.) Toimeksiantajan edustajana työssä toimii yhtiön tuotanto- ja varastotilojen kiinteistöpäällikkö Vesa Kyllönen.

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Työn tehtävänä on tarkastella erilaisia yleisiä maanvaraiseen asfalttilattiaan liittyviä riskejä. Riskejä tarkastellaan kahdesta eri näkökulmasta, rakenteen vaikutukset sisäilmaan sekä rakenteen kantavuus. Riskitarkastelun perusteella laaditaan tarkasteltavaan kohteeseen soveltuvia korjausmenetelmiä, joiden toimivuutta

kohteessa arvioidaan sisäilman, kantavuuden sekä kustannusten näkökulmasta. Lisäksi korjautoimenpiteissä on otettu huomioon hallin tämänhetkisen käyttäjän haastattelussa esille tuomat mielipiteet hallin korjaukseen liittyen.

Työssä ei oteta tarkemmin kantaa muiden rakenteiden toimivuuteen. Ainoastaan siltä osalta kuin ne maanvaraisen asfalttirakenteisen lattiarakenteen kannalta ovat tarpeellisia. Lisäksi varsinaista kustannuslaskentaa työssä ei käsitellä. Kustannuksista esitetään vain Rakennustiedon Klara Net -ohjelman avulla laskettuja karkeita arvioita, joiden tarkoitus on antaa toimeksiantajalle suuntaa eri korjaustoimenpiteiden kuluista suhteessa toisiinsa.

1.3 Keskeisimmät käsitteet

Asfalttibetoni on ammatitermi yleisemmin käytetylle sanalle asfaltti. Asfaltti puolestaan on yleisesti kaikki asfalttilaadut käsittävä yläluokka.

Maanvarainen alapohja on rakennuksen alimman käytettävän tason lattiarakenne, joka on perustettu suoraan kantavan maan päälle. Alapohja sisältää kaikki lattian alapuoliset rakenteet, maanvaraisissa rakenteissa myös lattian toimivuuden kannalta oleelliset maan kerrokset.

Rakenteen kantavuus tarkoittaa rakenteen kykyä kantaa kuormaa. Kantavuuteen vaikuttavat ulkoiset ja rakenteen sisäiset tekijät, joiden perusteella rakenteen kokonaiskantavuus määritellään.

Riski yleisesti kuvaa mahdollisen yleensä ei toivotun tapahtuman ilmenemisen todennäköisyyttä. Rakentamisessa sana riski rinnastetaan usein sanoihin vahingonvaara tai vahingonuhka.

Sisäilma tarkoittaa rakennuksen sisällä olevaa hengitettävää ilmaa, johon saattaa olla sekoitettuna, ilman perusosasten lisäksi, rakenteen sisäisistä lähteistä peräisin olevia epäpuhtauksia.

Sisäilmasto käsittää laajemmin sisätiloissa vallitsevan ilman olosuhteet muun muassa lämmön, kosteuden, ilman vaihtuvuuden, säteilyn, valaistuksen ja melun osalta.

2 Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö on toteutettu tapaustutkimuksena, josta käytetään myös nimitystä case-tutkimus. Tapaustutkimus on empiirinen kvalitatiivisen tutkimuksen laji.

Tutkimusmenetelmäksi valikoitui tapaustutkimus, koska tutkimuksessa tarkastellaan vain yhtä kohdetta ja tuotetaan siitä yksityiskohtaista tietoa. Tapaustutkimuksen luonteelle on myös tyypillistä, että se voidaan toteuttaa laajan taustamateriaalin määrällisen analyysin pohjalta. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 134 - 135; 162.)

Tämän tutkimuksen tarkoitus on olla kartoittava ja selvittää vähän tutkittua asfalttirakenteisten lämpimien tilojen maanvaraisten eristämättömien alapohja rakenteiden korjausta ja siihen liittyviä kantavuuden sekä sisäilman riskejä.

Tutkimukseen on kerätty aineistoa suorittamalla havainnointia ja dokumentointia tutkimuskohteessa, toimeksiantajalta koottuja dokumentteja tutkien ja aihetta tukevaan tutkimusaineistoon sekä teorian tietoon perehtyen. Lisäksi on tehty messuhallitilaa käyttävän Jyväskylän Kongressikeskus Oy:n tuottaja Milja Korhosen strukturoitu tutkimushaastattelu yksityiskohtaisten taustatietojen kartoittamiseksi.

Haastattelu toteutettiin täysin ennalta määrättyjen kysymysten pohjalta, haastattelulomake on opinnäytetyön liitteessä 3. (Hirsjärvi ym. 2009, 204 - 210.)

Tutkimuksen luotettavuuden kannalta on ollut olennaista hyödyntää useita metodeja ja peilata kohteen tietoja olemassa olevaan teorian tietoon tutkimuskohteen ongelman ratkaisemiseksi (Case-tutkimus n.d.).

Tutkimuksen tavoitteena on esitellä erilaisia mahdollisia korjausvaihtoehtoja Jyväskylän Paviljongin messuhallin lattian halkeilulle toimeksiantaja Jykes Kiinteistöt Oy:lle, sekä arvioida niiden toimivuutta tulevaisuudessa. Tällä tapaustutkimuksella ei pyritä suoraan yleistettävyyteen, vaan kartoittamaan syvätutkimuksena tätä yksittäistä tutkimuskohdetta. Tutkimuksen tuloksilla on kuitenkin jonkin asteista siirrettävyyttä ja yleistettävyyttä muihin vastaaviin kohteisiin. Vastaavasta aiheesta ei ole tehty aiemmin opinnäytetöitä.

Tutkimuksen luotettavuus on varmistettu monimetodisella lähestymistavalla.

Luotettavuutta tukee myös laajan teoriapohjan monipuolisen ja kriittisen tarkastelun pohjalta syntyneet tulokset. (Hirsjärvi ym. 2009, 231 - 233.)

3 Asfalttikonirakenteisen maanvaraisen lattian riskit

Kohteen kannalta oleelliset riskit liittyvät routaan, painumiin, lattiarakenteen kantavuuteen, lattiapinnan tiiveyteen, maaperän kosteuden vaikutuksiin ja lämpötilan vaihteluihin. Tässä osassa käsitellään teoriaa edellä mainituista aiheista.

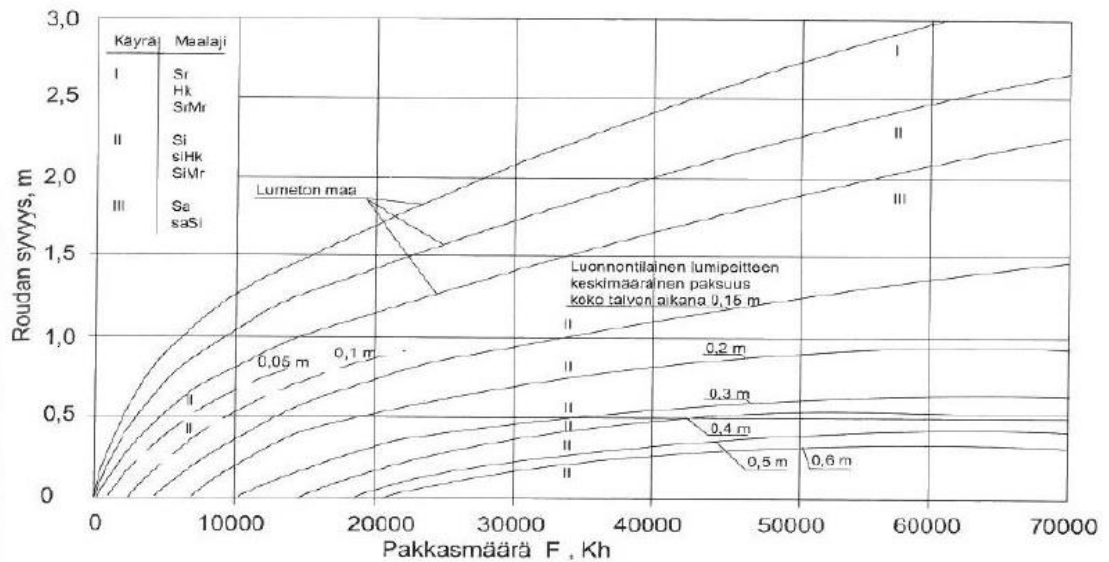
3.1 Routa

Routaantuminen tarkoittaa veden jäätymistä maahuokosissa. Routiminen tarkoittaa maan pinnan liikettä tai sen fysikaalisten ominaisuuksien muuttumista maan routaantumisen tai roudan sulamisen yhteydessä. Suomen maalajeista kaikki routaantuvat, mutta kaikissa maalajeissa ei ilmene routimista. (Huttula 2013, 1.) Routivia maalajeja Suomessa ovat hienorakeiset maalajit, kuten savi, lieju, siltti ja usein myös moreeni. Näistä yleisin on moreeni, jota on arvioitu olevan lähes 50 % maa-alastamme. Routiminen riippuu pääasiassa maa-aineksen rakeisuudesta. Routivuutta on todettu esiintyvän, jos yli 3 painoprosenttia maa-aineksen halkaisijaltaan alle 2 mm rakeista on halkaisijaltaan 0,02 mm tai pienempiä. (Maalajit 2012.) Lisäksi routiminen vaatii että maaperässä on vettä ja sen lämpötila alittaa jäätyislämpötilan (RIL 261 2013, 41). Maaperän routivuus on yksi tärkeimpiä huomioitavia seikkoja suunniteltaessa perustuksia (Maalajit 2012).

3.1.1 Roudan syvyys

Talon perustukset tulee ulottaa joko routimattomaan maahan, tai ne tulee routasuojata. Muutoin rakenteet jäävät alttiiksi roudan aiheuttamille haitoille. Suomessa roudaton perustamissyvyys lumettomalla maaperällä vaihtelee yleensä 1,8 - 2,6 m välillä siten, että eteläisessä Suomessa se on pienin ja pohjoiseen siirryttäessä syvyys kasvaa. (Saarinen 2004, 2.) Tähän syvyyteen vaikuttavia ilmastollisia tekijöitä ovat pakkasmäärä, vuoden keskilämpötila, lumen syvyys sekä sademäärä. Lisäksi siihen vaikuttavat maalajin fysiologiset ominaisuudet, sekä pohjavedenpinnan syvyys. Roudan syvyys pystytään yleensä arvioimaan riittäväällä tarkkuudella, kun tiedetään

kohteen maalaji sekä vuotuinen pakkasmäärä. (RIL 261 2013, 32). Kuviossa 1. on esitetty pakkasmäärän ja lumikerroksen paksuuden tyypillinen vaikutus roudan syvyyteen eri maalajeilla.



Kuvio 1. Pakkasmäärän ja lumikerroksen paksuuden vaikutus roudan syvyyteen (RIL 261 2013, 33.)

Roudan syvyyttä kerrostuneessa maaperässä voidaan arvioida myös laskennallisesti niin sanotulla osittaispakkasmäärän menetelmällä. Tässä menetelmässä lasketaan ensin kunkin ylemmän maakerrosten jäätymiseen vaadittava pakkasmäärä kaavalla 1. (RIL 261 2013, 35 - 37.)

$$F_n = q_n d_n \left(\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{2\lambda_n} \right) \quad (1.)$$

jossa

n	on kerroksen numero
q	on jäätyneestä maasta vapautunut lämpömäärä
d	on kerroksen n paksuus
λ	on kerroksen lämmönjohtavuus

Tämä toistetaan kaikille maakerroksille jotka jäätyvät kokonaan ja jäätymiseen kulunut pakkasmäärä vähennetään kokonaispakkasmäärästä, kunnes vastaan tulee maakerros joka ei jäljellä olevalla pakkasmäärällä jäädy kokonaan. Tämän jäljelle jäävän pakkasmäärän avulla lasketaan alimman maakerroksen jäätyksen syvyys kaavalla 2. (RIL 261 2013, 35 - 37.)

$$d_n = -\lambda_n \sum_{k=1}^{n-1} \frac{d_k}{\lambda_k} + \sqrt{\lambda_n^2 \left(\sum_{k=1}^{n-1} \frac{d_k}{\lambda_k} \right)^2 + F_n \frac{2\lambda_n}{q_n}} \quad (2.)$$

jossa d_n on alimman kerroksen n jäätymis syvyys

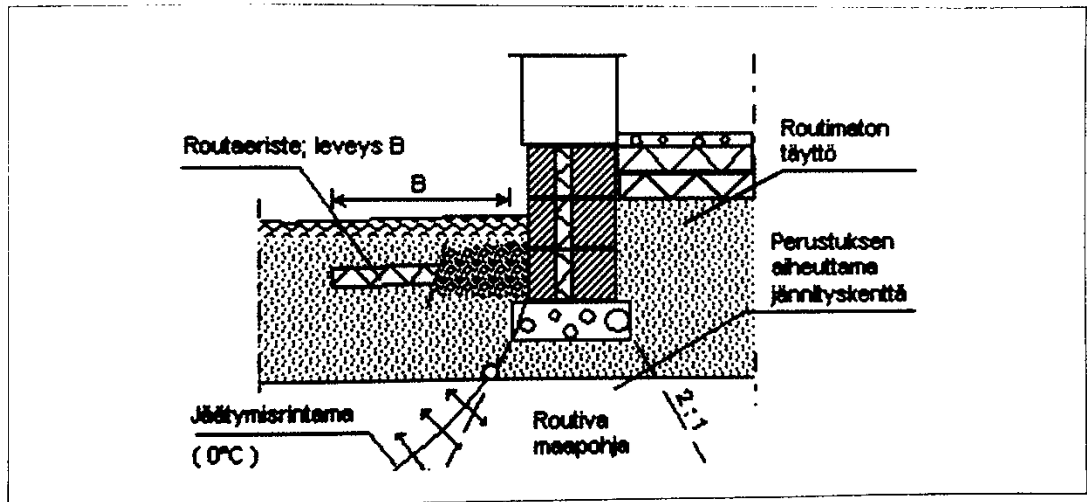
Lopuksi jäätyneiden kerrosten paksuudet lisätään alimman kerroksen jäätymissyvyyteen ja vastaukseksi saadaan roudan kokonaissyvyys. (RIL 261 2013, 35 - 37.)

3.1.2 Routasuojaus

Rakennuksen pohja voidaan perustaa kahdella eri tavalla, joko roudattomaan syvyyteen ilman erillistä routasuojausta tai roudattoman syvyyden yläpuolelle niin sanottu matalaperusteisena. Matalaperustusten tapauksissa rakenteen alapuoleisen maa-aineksen jäätyminen tulee aina estää routasuojuksella, jos maapohjan epäillään routivan. Routasuojaus voidaan kuitenkin jättää pois, jos maapohja on todettu varmasti routimattomaksi. Perustustavan routavaatimuksista huolimatta routaeriste voi olla tarpeellinen myös muista syistä, kuten salaojituksen jäätyksen estämiseksi. (RIL 261 2013, 76 - 77.)

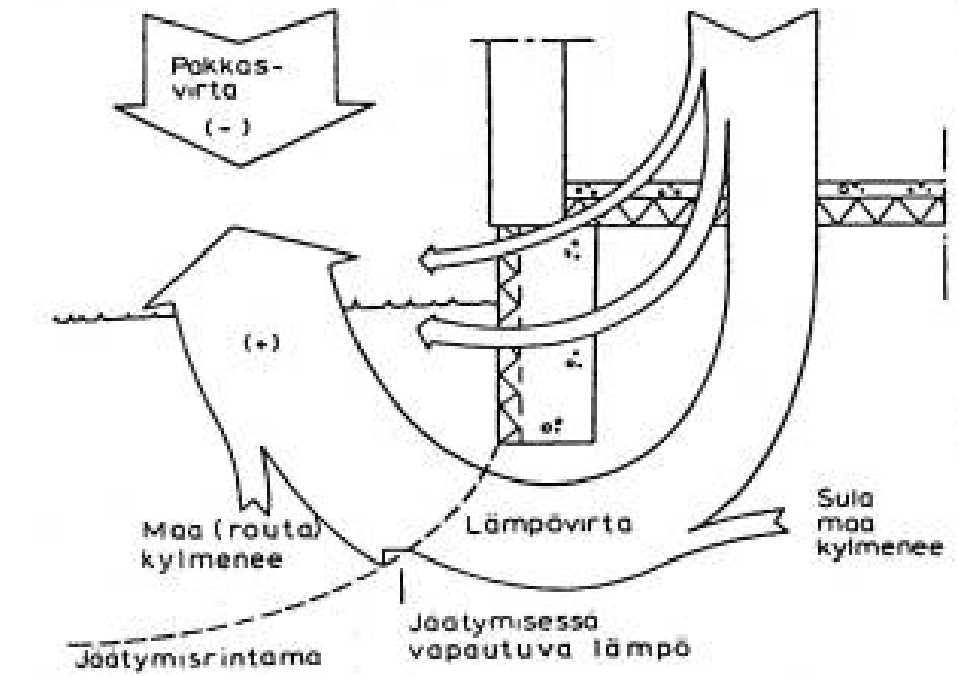
Routasuojuukseen voidaan käyttää yleisesti kolmea eri menetelmää. Yleisimmin käytetään perusmuurin viereen, sen ulkopuolelle tai perustuksen alle sijoitettua lämmöneristystä. Perusmuurin ulkopuolelle asennettu routaeristys tulee kalliista pois-päin rakennuksesta ja se tulee toteuttaa kiilamaisena, jotta lämmön poistuminen ta-soittuu, eikä routa näin ollen aiheuta suuria maanpinnan muutoksia eristeen päättymiskohdassa. Routaeristyksen tarkoitus on hidastaa lämmön poistumista perustusten

ympäriältä ja estää roudan tunkeutuminen eristeen alle. (RIL 261 2013, 78.) Kuviossa 2. on esitetty routasuojauksen periaatteita.



Kuvio 2. Maan routaantuminen ja routasuojauksen periaatteet (RIL 261, 77.)

Toinen menetelmä on käyttää hyväksi rakennuksesta alapohjasta maaperään vapautuvaa lämpöä. Tämä keino soveltuu ainoastaan lämpimille rakenteille. Alapohjaa eristäessä tulee käyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa, D3 Rakennuksen energiatehokkuus ja C4 Lämmöneristys, annettuja määräyksiä ja ohjeita. Alapohjan kautta kulkeva lämpövirta yksinään ei yleensä riitä pitämään perustusten alla sijaitsevaa maata sulana, mutta se otetaan huomioon mitoitettaessa routasuojaus eristeitä. (RIL 261 2013, 78.) Tärkeää on huomioida, että jos rakennuksen alapohjan eristystä lisätään, tulee routasuojaukseenkin käytettyä eristemäärää lisätä. Lisäksi tämä voi aiheuttaa rakennuksen vaaditun perustussyvyyden suurenemista. Kuviossa 3. on esitetty lämpövirtoja perustusten ympäristössä.



Kuvio 3. Perustusten lämpövirrat (Routavauriot n.d.)

Kolmas menetelmä on maapohjan massanvaihto. Tässä menetelmässä routiva maapohja vaihdetaan routimattomaan maa-ainekseen aina roudattomaan syvyyteen asti. Tässä tapauksessa on tärkeää, että kaivanto on rakenteen perustuksia leveämpi ja kaivannon reuna-alueiden luiskat riittävän loivat. (RIL 261 2013, 78.)

Routasuojauksessa voidaan käyttää myös lämmityskaapeleita. Pysyvissä rakenteissa tämä tarkoittaa suurta energian kulutusta, joten siksi sitä tulisi välttää.

Lämmityskaapeleiden käyttö soveltuukin lähinnä ainoastaa työnaikaiseen routasuojaukseen. (RIL 261 2013, 78.)

3.1.3 Routavauriot ja yleisimmät syyt

Routiva maa altistaa rakennukset monenlaisille vaurioille. Routiessaan maan tilavuus kasvaa, jolloin aiheutuu pystysuuntaista liikettä maaperässä. Tyypillistä myös on että roudan sulaessa pohjamaan kantavuus pienenee. Vähäinenkin liike aiheuttaa jäykissä rakenteissa helposti murtumia. Roudan aiheuttamat muodonmuutokset kantavissa rakenteissa saattavat aiheuttaa myös kevyiden rakenteiden vaurioitumisen. Erityisen

alttiita kohtia näille murtumille ovat kylmien ja lämpimien rakenteiden liitoskohdat. Routa on omiaan vaurioittamaan maan alla kulkevia putkia ja kaapeleita ja tästä voi aiheutua suurtakin vahinkoa rakennukselle, esimerkiksi vesiputken rikkoutuessa. (RIL 261 2013, 55 - 58.)

Kivikosken (2007, 16 - 19) mukaan maalajin vaihtelusta ja maaveden epätasaisesta virtauksesta johtuva epätasainen routanousu aiheuttaa rakenteiden kallistelua ja usein myös muutoksia rakennuksen ulkopuolisilla piha-alueilla. Tämän seurauksena talon ulkopuoliset kallistukset saattavat kallistua väärään suuntaan, mikä altistaa talon pohjarakenteet lisäkosteudelle ja kosteusvaurioille.

Talonrakennuksen routasuojauksessa noudatetaan Talonrakennuksen routasuojausohjeet 2007 ohjekirjaa. Routasuojauksen mitoituksessa varaudutaan yleensä kerran 50 vuoden aikana ilmenevään suurimpaan pakkasmäärään. Tämä voidaan todeta varsin turvalliseksi menettelytavaksi, vaikka joinain talvina kyseinen pakkasmäärä saattaa ylittyä. Routavaurioiden ilmetessä ei ole aihetta näiden ohjeiden kritisointiin, vaan yleensä vika löytyy muualta. Viimeaikaisten routavaurioiden tapauksissa syynä todetaan olleen lähinnä vähättelevä suhtautuminen routimiseen ja rakennusaikaiset säästöt, ei niinkään tiedon puute tai ohjeistuksen virheellisyys. (Jääskeläinen 2009, 147.) Mäkelän (1992, 7) mukaan tyypillisimpiä routavaurioiden aiheuttajia ovatkin olleet käytönaikaiset virheet, työnaikaiset virheet, mitoitus- ja suunnitteluvirheet, virheellinen laatutason valinta, virheelliset materiaalivalinnat sekä ympäristöolosuhteiden muuttuminen.

3.1.4 Routavaurioiden korjaus

Routavaurioiden korjauksen tarve selvitetään yleensä rakenteen kosteusteknisellä tutkimuksella. Joissain tapauksissa tulee myös selvittää onko routa aiheuttanut vaurioita putkistoille. Yleensä kannattaa myös tehdä kartoitus tapahtuneista routanousuista. Routavaurioiden korjaussuunnitelmaa tehtäessä on hyvä ottaa huomioon alkuperäiset pohjatutkimukset, sekä salaoja-, perustus-, ja routaeristysuunnitelmat. Lisäksi tulee selvittää maaperän ja täyttöjen laatu. (Routavauriot n.d.)

Jokaisen kohteen laajat routavaurioiden korjaukset on suunniteltava erikseen. Pienemmissä korjauksissa voidaan yleisesti käyttää samoja menetelmiä. Paikallisesti vaurioituneet rakenteet voidaan muuttaa sellaisiksi, että ne eivät jäädy talviolosuhteissa. Se tarkoittaa joko suojattavan kohteen asentamista routasyvyvyyttä syvemmälle, sähkölämmityksen asentamista tai erityisen routaeristeen lisäämistä. Routanousun vaikutukset laajemmilla alueilla voidaan estää vaihtamalla maa-ainekset routimattomiksi tai lisäämällä riittävä routaeristys. (Routavauriot n.d.)

3.2 Maapohjan kantavuus

Maapohjan kantavuus koostuu monesta osa-alueesta. Käsiteltävän kohteen kannalta niistä keskeisin on painuma. Kohteen kuvauksessa mainitut ongelmat ovat voineet johtua joko perustusten tai itse lattiarakenteen painumasta.

3.2.1 Painuma

Painuma tarkoittaa maaperän tiivistymistä, kun siihen kohdistuu kuormitusta. Karkearakeiset maalajit eivät ole yleensä niin voimakkaasti kokoonpuristuvia kuin hienorakeiset maalajit. Tasainen painuma ei yleensä aiheuta rakenteille vaurioita, vaan vauriot johtuvat maaperän epätasaisen painuman aiheuttamista eri rakenneosien painumaeroista. Nämä erot aiheuttava usein perustuksille ja rakenteisiin sellaisia kuormituksia, joita niitä ei ole suunniteltu kestämään. Suurimman riskin painumat aiheuttavat yleensä maanvaraisesti perustetuille rakenteille. (Alanen 2013, 12.)

Rakennuksen kokonaispainuma koostuu pääasiassa kolmesta eri painumaluokasta: alkupainumasta, konsolidaatiopainumasta sekä jälkipainumasta. Lisäksi painumatyyppit voidaan jaotella elastiseen ja plastiseen painumaan. Näistä elastinen tarkoittaa painumaa, joka palautuu kuormituksen poistuttua ennalleen. Plastiset painumat ovat sitä vastoin pysyviä. Maaperän painuessa kokonaispainuma harvoin koostuu ainoastaan toisesta edellä mainitusta. Tavallista on, että osa painumasta on plastista ja osa

elastista. Plastinen painuma aiheuttaa rakenteissa tyypillisesti vajoamia sekä halkeilua. Elastinen painuma puolestaan aiheuttaa ainoastaan halkeilua. (Alanen 2013, 13 - 15.; Tamminne 1975, 42.)

Alkupainuman tapauksessa oletetaan, ettei kokoonpuristuvan maakerroksen tilavuus muutu, minkä vuoksi sitä voidaan kutsua täysin elastiseksi painumaksi. Alkupainuma on harvoin määräävä tekijä hienorakeisilla maalajeilla. (Tamminne 1975, 42.)

Konsolidaatiopainuma aiheutuu maa-aineksen tiivistymisestä. Tiivistyminen aiheuttaa sen että maan ilma- ja vesipitoisuus pienenevät. Hienorakeisilla maa-aineksilla tämä tapahtuu hyvin hitaasti. Konsolidaatiopainumien katsotaan olevan suurimmalta osin plastisia. Hienorakeiselle maalle tehtyjen laattaperustusten tapauksessa, tämä on yleensä kaikkein määräävin painuma. (Tamminne 1975, 42.)

Jälkipainuman vaikutus alkaa kun huokosveden ylipaine kuormitetuista maakerroksista on täysin purkautunut. Jälkipainuma tapahtuu aina konsolidaatiopainuman jälkeen, mutta näiden kahden rajakohdan määrittäminen on usein erittäin haastavaa. Suuruudeltaan jälkipainuma on yleensä pieni verrattuna konsolidaatiopainumaan, mutta sitä voi ilmetä erittäin pitkällä, usein kymmenien vuosien aikavälillä. (Tamminne 1975, 43.)

3.2.2 Painuman määrittäminen

Painumaa määrittäessä pyritään selvittämään rakennuksen todellinen painuma. Näin ollen laskennassa pyritään käyttämään todellisia käyttörajatilan kuormia ilman osavarmuuslukuja. Maapohjalle rakenteista aiheutuvat kuormat jaetaan kahteen pääryhmään, pysyviin kuormiin ja hyötykuormiin. Pysyvät kuormat ovat hyvin pitkäaikaiset rakenteista ja täytemaasta aiheutuvat kuormat ja ne otetaan laskennassa huomioon täysimääräisesti. Konsolidaatiopainuman tapauksessa hyötykuormista otetaan huomioon ainoastaan pitkäaikaiset kuormien vaikutukset. Yleisesti noin puolet rakennuksen hyötykuormasta otetaan huomioon. Edellä mainituista kuormista vähennetään kaivannosta poistetun maamassan kuorma, sekä mahdollinen pysyvä pohjavedestä aiheutuva noste. Tätä kuormitusten summaa kutsutaan nettokuormitukseksi. (Tamminne 1975, 56 - 57.)

Painuman laskentaan käytettävät tietokoneohjelmat laskevat painuman erittäin tarkasti. Ohjelmien lukuiset muuttujat mahdollistavat painuman laskennan haastavissakin olosuhteissa. Ongelmia näiden ohjelmien käytössä kyseisen kaltaisessa kohteessa teettää todennäköisesti oikeiden parametrien asettelu. Painuman arviointiin on olemassa myös yksinkertaisempia menetelmiä, jotka antavat riittävän varmuuden tarkasteltavassa kohteessa. Yleisimmin on käytetty niin sanottua Janbun tangenttimoduulimenetelmää, missä painuma lasketaan erikseen konsolidoituneelle osalle ja ylikonsolidoituneelle osalle, eli niin kutsuttu jälkipainuma. Tämä lasketaan kaikille maapohjan kokoonpuristuvuudeltaan erilaisille kerroksille ja lopullinen painuma saadaan laskemalla yhteen eri kerrosten painumat. Tässä menetelmässä käytettävät kaavat ovat kaava 3. ja kaava 4., joita käyttäminen riippuu käytettävästä jännityseksponentista β . Kaavaa 3. käytetään kun $\beta \neq 0$ ja kaavaa 4. kun $\beta = 0$. Kaavat on esitetty alla. (RIL 95 1974, 43.)

$$\varepsilon = \frac{1}{m\beta} \left[\left(\frac{\sigma^1}{\sigma^v} \right)^\beta - \left(\frac{\sigma_c'}{\sigma^v} \right)^\beta \right] \quad (3.)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{m\beta} \ln \frac{\sigma'}{\sigma_c'} \quad (4.)$$

joissa	ε	on maakerroksen suhteellinen kokoonpuristuma
	m	on moduuliluku
	β	on jännityseksponentti
	σ'	on maan tehokas pystyjännitys [kPa]
	σ	on vertailujännitys, 100 kPa
	σ_c'	on maan tehokas konsolidaatiojännitys

Laskemiseen tarvittavat parametrit saadaan luotettavasti Ödometrikokeilla. Aina kokeiden suorittaminen ei kuitenkaan ole mahdollista tai mielekäästä. Parametrien selvittämiseksi on myös muita, nopeampia keinoja, mutta ne aiheuttavat laskuihin epätarkkuuksia. Erityisesti moduuliluvun ja jännityseksponentin virheet vaikuttavat saadun painuman suuruuteen. Toisessa tavassa tukittavan maan rakennekerrokset tulee

selvittää kairauksien ja maasta otettujen näytteiden avulla. Maaperän ominaisuudet arvioidaan kairausvastuksen ja maanäytteiden rakeisuuden perusteella. Näytteiden perusteella selviävät maalajit ja maalajien ominaisuudet selviävät taulukoista 1. ja 2. (Luukkonen 2010, 22.)

Taulukko 1. Karkean siltin ja hiekan kairausvastuksen perusteella arvioidut lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet (Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, Liite 5 2001, 10.)

Maalaji		Tilavuuspaino (kN/m^3) pohja- vedenpinnan		Kitka- kulma ($^\circ$)	Janbun yhtälön muodonmuutos- parametri		Kairausvastus		
		Ylä- puolella	Ala- puolella		Moduuli- luku m	Jännitys- ekspon- nenti β	Puristin- kairaus q_c (MPa)	Paino- kairaus Pk/0,2 m	Heijari- kairaus L/0,2 m
Karkea siltti	Löyhä	14 ... 16	9 ...	28	30 ... 100	0,3	< 7	< 40	< 8
	Keski- tiivis			30	70 ... 150	0,3	7 ... 15	40 ... 100	8 ... 25
	Tiivis	16 ... 18	11	32	100 ... 300	0,3	> 15	> 100	> 25
Hieno hiekkä $d_{10} < 0,06$	Löyhä	15 ... 17	9 ...	30	50 ... 150	0,5	< 10	20 ... 50	5 ... 15
	Keski- tiivis			33	100 ... 200	0,5	10 ... 20	50 ... 100	15 ... 30
	Tiivis	16 ... 18	11	36	150 ... 300	0,5	> 20	> 100	> 30
Hiekka $d_{10} > 0,06$	Löyhä	16 ... 18	10 ...	32	150 ... 300	0,5	< 6	10 ... 30	5 ... 12
	Keski- tiivis			35	200 ... 400	0,5	6 ... 14	30 ... 60	12 ... 25
	Tiivis	18 ... 20	12	38	300 ... 600	0,5	> 14	> 60	> 25

Taulukko 2. Soran ja moreenin kairausvastuksen perusteella arvioidut lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet (Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, Liite 5 2001, 12.)

Maalaji	Tilavuuspaino (kN/m ³) pohjavedenpinnan		Kitka-kulma (°)	Janbun yhtälön muodonmuutosparametri		Kairausvastus			
	Yläpuolella	Alapuolella		Moduuliluku m	Jännityksen eksponentti β	Puristin-kairaus q _c (MPa)	Paino-kairaus Pk/0,2 m	Heijari-kairaus L/0,2 m	
Sora	Löyhä	17 ... 19	10 ...	34	300 ... 600	0,5	< 5,5	10 ... 25	5 ... 10
	Keski-tiivis			37	400 ... 800	0,5	5,5 ... 12	25 ... 50	10 ... 20
	Tiivis	18 ... 20	12	40	600 ... 1200	0,5	> 12	> 50	> 20
Moreeni	Hyvin löyhä	16 ... 19	10 ... 12	... 34	(≤100)* 300 ... 600	0,5	< 10	< 40	< 20
	Löyhä	17 ... 20	10 ... 12	... 36	(100...250)* 600 ...	0,5	> 10	40 ... 100	20 ... 60
	Keski-tiivis	18 ... 21	11 ... 13	... 38	800 ...	0,5	-	> 100	60 ... 140
	Tiivis	19 ... 23	11 ... 14	... 40	1200 ...	0,5	-	Lyömällä	> 140

* jos moreeni ei ole ollut jäätikön puristamana

Hienorakeisen saven ja siltin tapauksessa painumaan vaikuttavat ominaisuudet saadaan laskettua maan vesipitoisuuden avulla. Ensin tulee selvittää maan kokoonpuristuvuusindeksi ja huokoisuusluku. Kokoonpuristuvuusindeksi lasketaan kaavalla 5. ja huokoisuusluku kaavalla 6.

$$C_c = 0,85 \sqrt{\left(\frac{w}{100}\right)^3} \quad (5.)$$

jossa C_c on kokoonpuristuvuusindeksi

w on vesipitoisuus, %

$$e_0 = \frac{w\gamma_s}{100\gamma_w} \quad (6.)$$

jossa e_0 on maan huokoisuusluku

w on vesipitoisuus, %

γ_s on maan tilavuuspaino

γ_w on veden tilavuuspaino

Näiden avulla selvitetään maan moduuliluku m kaavalla 7.

$$m = \frac{(1+e_0) \ln 10}{C_c} \quad (7.)$$

Kun maan ominaisuudet selvitetään näillä kaavoilla, tulee painumalaskuissa käyttää jännitysekspONENTtia $\beta = 0$. (Luukkonen 2010, 24.)

3.2.3 Maanvarainen alapohja

Maanvarainen alapohja voidaan toteuttaa joko kantavana tai ei kantavana rakenteena. Kantavaa rakenneta tulee käyttää silloin, kun maapohjan painumat todetaan liian suuriksi. Maanvarainen alapohja perustetaan yleensä karkearakeiseen maahan tai kallion varaan. Se soveltuu myös paaluilla perustettuihin rakennuksiin, jos rakenteiden painumaerot voidaan todeta riittävän pieniksi. Yleensä alapohjan sallitaan painua enintään 5 mm enemmän kuin ympäröivät rakenteet. Yleisesti maanvaraiset alapohjarakenteet tulee suunnitella ja rakentaa niin, ettei rakenteiden painumista tai muista muodonmuutoksista aiheudu rakenteen suunnitelluille toiminnoille vaaraa sen suunnitellun käyttöiän aikana. Lisäksi routiminen ja kapillaarinen kosteus eivät saa vaikuttaa rakenteisiin. (RIL 207, 60.)

Yleensä lattia perustetaan soratäytön päälle asennettujen eristelevyjen päälle. Lattia voidaan myös asentaa ilman eristelevyjä suoraan sora-alustalle, mutta silloin on käytettävä suodatinkangasta erottamaan rakenteet toisistaan. (Betonilattiat 2002, 16.)

Jos maanvaraista lattiaa kuormitetaan liikaa, se aiheuttaa rakenteessa elastisia ja plastisia painumia. Näistä elastiset painumat palautuvat kuormituksen poistuttua, mutta plastiset ilmenevät pysyvinä painumina. Molemmissa tapauksissa lattiarakenteelle saattaa aiheutua halkeilua.

3.2.4 Perustukset

Rakennuksen perustamiselle on esitetty tietyt perusvaatimukset. Vaatimusten mukaan rakenteiden tulee olla sellaisia, että varmuus maapohjan murtumaa vastaan on riittävä ja että painumat pysyvät riittävän pieninä. Rakenteiden ei myöskään sallita liukuvan tai kallistuvan, mikä on tyypillistä epätasaisen painuman tapauksessa. Näihin vaatimuksiin tulee kiinnittää erityisen suurta huomiota maanvaraisperustuksien yhteydessä. (Jääskeläinen 2009, 39.)

Moreeni- ja soramaissa ei tyypillisesti synny suuria painumia. Näille on myös tyypillistä että painumat syntyvät lyhyessä ajassa, usein muutamassa kuukaudessa. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että maapohja on tarpeeksi tiivis. Löyhissä karkearakeisissa maissa tulee aina suorittaa painuma tarkastelu. (Jääskeläinen 2009, 40.)

Hienorakeisten maiden painuma on yleensä perustuksen mitoittava tekijä. Laskelmissa tulee olettaa että pohjavedenpinta laskee ajan kanssa noin metrin verran alueille joissa rakennetaan paljon. Pohjaveden pinnan aleneminen aiheuttaa hienorakeisissa maissa painumia jotka jatkuvat pitkiä aikoja, riippuen maa-aines kerrosten paksuudesta ja laadusta. (Jääskeläinen 2009, 40.)

Eloperäisille maille ei saa perustaa rakennuksia. Niille on tyypillistä erittäin suuri konsolidaatiopainuman jälkipainuma, joka voi jatkua merkittävän isona useita vuosia. (Jääskeläinen 2009, 40.)

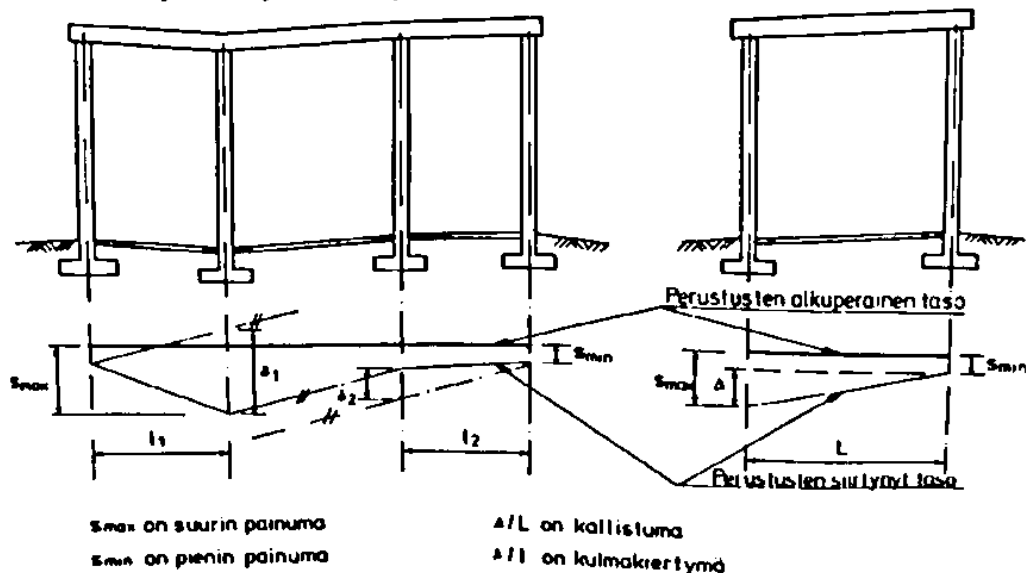
Perustusten tapauksessa tasainen painuma ei ole niin haitallista kuin epätasainen. Suurikaan tasainen painuma ei yleensä ole merkittävä tekijä painumalaskelmissa. Tullee kuitenkin muistaa, että tasainen painuma kohdistaa rakennuksen ulkopuolisille putkistoille lisärasituksia. Lisäksi suuret painumat ovat erittäin harvoin täysin tasaisia. Suuri tasainen painuma on käytännössä mahdollista ainoastaan erittäin jäykille rakenteille. (Jääskeläinen 2009, 45.)

Epätasainen painuma aiheuttaa rakenteissa monenlaisia riskejä. Epätasaisesta painumasta johtuva rakenteiden kallistuminen on pääasiassa esteettinen ongelma, mutta on mahdollista että perustusten kallistuminen aiheuttaa lisäkuormituksia muille rakenteille, joita niitä ei ole suunniteltu kestämään. Toinen tyypillinen epätasaisen pai-

numan seuraus on kulmakiertymä. Jos yksi rakenneosia painuu ja muut eivät, se aiheuttaa painuvan ja painumattoman rakenteen väliset rakenteet niin sanotulle kulmakiertymälle. Kuviossa 4. on määritelty painumasuureet kallistuma ja kulmakiertymä, sekä niille annetut raja-arvot. (Jääskeläinen 2009, 45.)

Rakennetyyppi	Kokonaispainuman raja-arvo (mm)	Kulmakiertymän raja-arvojen vaihteluväli	
		Kittamaan	Kohdeosiomaan
Massiiviset jäykät rakenteet	100...150	1/250...1/200	1/250...1/200
Staatillisesti määrätty rakenteet	100...150	1/400...1/300	1/300...1/200
Staatillisesti määräämättömät rakenteet			
- Puurakenteet	100...150	1/400...1/300	1/300...1/200
- Teräsrakenteet	80...100	1/500...1/200	1/500...1/200
- Muuratut rakenteet	40... 80	1/1000...1/600	1/800...1/400
- Teräsbetonirakenteet	60...100	1/1000...1/500	1/700...1/350
- Teräsbetoniklementtirakenteet	40... 80	1/1200...1/700	1/1000...1/500
- Teräsbetonikehäarakenteet	30... 60	1/2000...1/1000	1/1500...1/700

Kokonaispainuman ja kulmakiertymän käsitteet ilmacevät kuvasta 5.



Kuvio 4. Painumasuureiden määrittely ja raja-arvot (Jääskeläinen 2009, 46.)

3.3 Asfalttibetonilattian kuormitukset

Asfalttibetoni, kansankielessä yleisemmin tunnettu pelkkänä asfalttina, valmistetaan sideaineena käytettävästä bitumista ja suhteutetusta kiviaineksesta. Asfalttimassa valmistetaan niin kutsutuilla asfattiasevilla, missä lämmitetty kiviaines sekoitetaan bitumin kanssa. Valmis massa kuljetetaan rakennuspaikalle missä se levitetään rakennuspohjalle ja jyrätään välittömästi kun massa on vielä lämmintä.

Asfalttibetonien tyypillisiä ominaisuuksia ovat: asfalttibetonin rakenne pehmenee kun se lämpiää, se on hyvin elastista, joten se kestää alusrakenteen pienen painuman halkeilematta ja betonilattioille tyypillisiä kutistushalkeamia ei esiinny. (Puumala 1994, 16 - 17.)

Erilaisia asfalttibetoneita voidaan käyttää tyypillisesti liikenneväylillä, piholla ja jopa lattiarakenteena betonin korvikkeena. Asfaltin tyyppi määräytyy käytetyn kiviaineksen rakeisuuskäyrästä ja bitumin ominaisuuksista. Erilaisia asfalttityyppejä perinteisen asfalttibetonin lisäksi ovat valuasfaltti, pehmeä asfalttibetoni, avoin asfaltti ja kivimastiksiasfaltti. (Asfalttinormit B3 2011, 2.)

Valuasfaltti on alapohjarakenteiden päällysteissä yleisimmin käytetty asfalttityyppi. Se koostuu tavallisesti bitumista, hienorakeisesta filleristä, hiekasta ja sorasta. Se voidaan tehdä joko asfalttibetoni- tai betonipohjalle. Päällystekerroksen paksuus määräytyy pinnan odotetun mekaanisen kuormituksen mukaan. Tyypillisesti raskaiden koneiden käyttöalueilla asfaltti pinnan paksuus on noin 30 mm. Kevyemmin kuormitetuilla alueilla pinnan paksuus on vähemmän, kuitenkin minimissään 20 mm. Valuasfaltin käytön tuomia etuja ovat vesitiiviys, se ei vaurioidu maasta nousevasta kosteudesta, halkeilemattomuus, sallii alusrakenteen pienet muodonmuutokset, puristus- ja iskunkestävyys, lämmönjohtavuus vastaa tiiltä ja sen korjaaminen lämmittämällä on suhteellisen helppoa. Puumalan mukaan valuasfaltti on tyypillistä asfalttibetonia jonkin verran kalliimpaa johtuen sen valmistukseen käytettävästä hienorakeisesta kiviaineksesta. (Puumala 1994, 11 - 18.)

Alapohjarakenteiden pääasiallinen tehtävä on kantaa yläpuolisen tilan toiminnasta aiheutuvat kuormat, ilman että rakenne heikkenee tai muut lattialle asetetut ominaisuudet kuten ulkonäkö muuttuvat oleellisesti. Sen on lisäksi estettävä

haitallisten rasitteiden, kuten esimerkiksi veden, siirtyminen alapohjasta huonetilaan ja huonetilasta ympäristöön. (Puumala 1994, 3 - 6.)

Maanvaraisiin lattioihin kohdistuu niiden käyttöänsä aikana monenlaisia rasituksia, jotka voivat heikentää lattian kestävyyttä ja muita ominaisuuksia. Tyypillisimpiä rasituksia ovat erilaiset lattianpäälliset kuormitukset. Ne voidaan jaotella kuormitusajan mukaan pysyviin, muuttuviin ja hetkellisiin kuormiin. Näitä rasitustekijöitä tarkastellaan tämän kappaleen osassa 3.3.1. Toinen betonilattioille tyypillinen kuormitus on niin sanottu kuivumiskutistuma. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 403 - 404.) Koska tarkasteltavan kohteen lattia on asfalttirakenteinen, on Puumalan aineiston pohjalta pääteltävissä, ettei tämän tyylinen rasitus ole mahdollinen tässä kohteessa. Kolmas maanvaraisten lattioiden yleinen rasitustekijä on kosteus. Kosteutta käsitellään tarkemmin tämän kappaleen osassa 3.3.2. (Puumala 1994, 5.)

Neljäs mahdollinen rasitustekijä on lattiarakenteen lämpötilavaihtelut. Lämpötilojen vaihtelua pohditaan tämän kappaleen osassa 3.3.3. Viides lattialle rasitusta aiheuttava tekijä on lattian päällisen liikenteen aiheuttama kuluminen. Tätä rasitusta kuvataan tarkemmin tämän kappaleen osassa 3.3.4. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 403 - 404.) Lisäksi lattia voi altistua kemialliselle rasitukselle. Se voi kohdistua rakenteeseen joko yläpuolelta pinnalle joutuvista kemiallisista yhdisteistä tai alapuolelta lattiarakenteeseen tunkeutuvan veden mukana kulkeutuvista yhdisteistä. (Puumala 1994, 5.)

3.3.1 Maanvaraisen lattian kuormat ja paksuus

Alapohjille aiheutuvat kuormat ova tyypillisesti asuinrakennuksissa $150 - 200 \text{ kg/m}^2$, mikä tarkoittaa $1,5 - 2,0 \text{ kN/m}^2$ kuormitusta. Varasto- ja tuotantotiloissa lattiapinnalla liikkuvat ajoneuvot aiheuttavat lattialle tyypillisesti $5 - 10 \text{ kN/m}^2$ kuormituksen siten, että alle 4,5 tonnia painavien ajoneuvojen aiheuttama kuorma on 5 kN/m^2 ja alle 15 tonnin ajoneuvot aiheuttavat 10 kN/m^2 kuormituksen. (Puumala 1994, 5.) Ajoneuvon painon lisäksi kuormituksen suuruuteen vaikuttaa suuresti ajoneuvon kantavien pyörien lukumäärä, sekä renkaan koko ja materiaali.

Mitä enemmän kantavia pyöriä, mitä suurempia ne ovat ja mitä pehmeempiä renkaat ovat, sen suuremmalle alalle ajoneuvon paino kohdistuu.

Kuormituksia laskettaessa on otettava huomioon kunkin kuorman suuruus, laatu, vaikutusaika ja tilapäisten kuormitusten esiintymistiheys. Perusmaan heikkoudella on osaltaan myös suuri vaikutus lattiarakentelle asetettuihin kantavuuden ominaisuuksiin. Mitä heikompi perusmaa, sitä huoleellisempi on oltava laskettaessa lattiaan kohdistuvia kuormituksia. (Puumala 1994, 5.)

Asfalttilattioiden päällysteenä käytetään yleensä asfalttibetonia, sora-asfalttibetonia, valuasfalttia tai hiekka-asfalttibetonia. Näistä kaksi viimeistä vaativat alleen kantavaksi kerrokseksi bitumisora- tai asfalttibetonikerroksen. Asfalttilattioiden alapuolinen jakava kerros valmistetaan normaalisti karkeasta sorasta. Toimivan lattian rakennekerrosten paksuus riippuu lattialle kohdistuvista kuormista sekä rakenteen alapuolisen maapohjan kantavuudesta. (Puumala 1994, 17.) Taulukossa 3. on esitetty tyyppisiä asfaltista tehtyjen lattioiden rakennekerrosten paksuuksia eri kuormitusluokissa ja eri tyyppisillä maapohjilla.

Taulukko 3. Asfaltista tehdyn kantavan kerroksen ja päällysteen paksuus (Puumala 1994, 17.)

Kuorma	Maapohja	Kantava kerros	Päällyste
Kevyt 1-5 kN/m ² (traktori)	hyvä ¹⁾	0	25 - 40
	kohtalainen ²⁾	0	50
	heikko ³⁾	50	50
	erittäin heikko ⁴⁾	100	50
Keskiraskas 5-20 kN/m ² (traktori peräkärriineen)	hyvä	0	50
	kohtalainen	50	50
	heikko	100	50
	erittäin heikko	150	50
Raskas 20-50 kN/m ² (täysperävaunurekka)	hyvä	0	50 - 75
	kohtalainen	100	75
	heikko	150	75
	erittäin heikko	200	75
Erittäin raskas 70 kN/m ²	hyvä	0	100
	kohtalainen	150	100
	heikko	300	150
	erittäin heikko	350	200
1) betonialusta, kallio tai vastaava 2) routimaton sora, karkea hiekka tai vastaava 3) routiva sora, hieno ja routiva hiekka tai vastaava 4) routiva siltti ja savi tai vastaava			

Asfalttilattioiden onnistumiseen vaikuttaa suuresti sen aluskerrosten tiiveys. Alapuo-
liset maakerrokset tulee jyrätä useaan kertaan huolellisesti, ettei niiden painumia
pääse tapahtumaan. Karkeat maalajit tiivistyvät yleisesti jyrätessä hyvin. Hienorakei-
silla maalajeilla jyrättävän maan tiiveyteen vaikuttaa suuresti jyrättävän maan vesipi-
toisuus. (Puumala 1994, 18.)

Asfalttibetonin lujuus määräytyy suoraan käytetyn kiviaineksen lujuudesta. Kiviainek-
sen jaetaan kolmeen eri lujuusluokkaan kiviainekselle tehtyjen lujuuskokeiden ja ki-
viaineksen muotoarvon perusteella. Niistä I-luokka on lujuudeltaan paras ja luokan
IV-muodostaa kiviaines joka yleisesti asfalttipäällysteisiin sopimatonta. (Puumala
1994, 17.)

Asfalttibetonilattioita rakennettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota myös raken-
nusaikaisiin kuormiin. Suunnitellut kuormat eivät saa ylittyä rakennusaikana. Kuormi-
tusten ylittäminen voi aiheuttaa lattiassa halkeilua, joka ilmenee vasta monen vuo-
den kuluttua. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 403 - 404.)

3.3.2 Kosteus

Suomen ilmastolle on tyypillistä, että vesi voi esiintyä maaperässä sen kaikissa
olomuodoissa. Sateet ja pohjavesi pitävät maaperän kosteana ympäri vuoden. Tämä
altistaa rakenteet monenlaisille kosteusrasituksille. Leivon & Rantalan (2002, 5)
mukaan kaikista kosteusvaurioista jopa 30 % liittyy jollain tavoin alapohjarakenteen
virheelliseen toimintaan ja 80 % alapohjien kosteusvaurioista on ollut seurausta
kosteusteknisestä suunnitteluvirheestä.

3.3.2.1 Kosteuden siirtyminen

Veden kolme olomuotoa ovat kaasu eli vesihöyry, neste eli vesi ja kiinteä aine eli jää.
Ilma sisältää luonnonolosuhteissa aina tietyn määrän vesihöyryä. Tätä vesihöyryn
määrää kuvaa suhteellinen kosteusluku RH. Ilman suhteellisen kosteuden ollessa
maksimi $RH = 100 \%$, ilman vesihöyrypitoisuus on saavuttanut maksimiarvonsa, eli
ilma on niin sanotusti kylläistä veden suhteen. Tätä tilaa kutsutaan
kyllästyskosteudeksi. Se kuinka paljon kosteutta ilma voi sisällään pitää, riippuu ilman

lämpötilasta. Mitä lämpimämpi ilma, sen suuremman määrän kosteutta se voi sisältää. Mikäli lähellä kyllästyskosteuttaan oleva ilma jostain syystä kylmenee, sen sisältämä maksimi vesihöyrymäärä pienenee ja jo ilmassa oleva kyllästyskosteuden ylittävä määrä vesihöyryä tiivistyy vedeksi. Tämä ilmiö on nimeltään kondensoituminen. (Leivo & Rantala 2002, 6.)

Huokoisilla materiaaleilla on kyky sitoa itseensä kosteutta suoraan ympäröivästä ilmasta. Sitoutuvan kosteuden määrä riippuu huokoisen materiaalin ominaisuuksista ja lämpötilasta. Tätä kosteuden sitoutumista kutsutaan hygroskooppiseksi sitoutumiseksi. Kun tarkasteltavaa materiaalia säilytetään ilmassa jonka RH = 100 %, sen hygroskooppisuus saavuttaa maksimiarvonsa. Hygroskooppisuuden avulla materiaalit voivat myös kuivua, jos huokoinen aine sisältää suhteessa enemmän kosteutta kuin ympäröivä ilma. Luonnossa kaikki pitoisuuserot pyrkivät tasaantumaan kohti tasapainotilaa. Vesihöyryn liikkumista suuremmasta pitoisuudesta pienempään kutsutaan diffuusioksi. (Leivo & Rantala 2002, 7.)

Maaperän pohjavesi nousee kapillaarisesti maapohjan huokosten muodostamassa putkistossa. Kapillaarista nousua vastustavia voimia ovat viskositeetti ja painovoima. Vesi nousee kapillaarisuuden vaikutuksesta pisteeseen, jossa vastustavat voimat ylittävät kapillaariset voimat. Kapillaaristen voimien veden normaalipinnasta nostamaa vettä kutsutaan kapillaarivedeksi. Kapillaarisen veden nousukorkeutta kutsutaan kapillaariseksi nousukorkeudeksi. (Leivo & Rantala 2002, 8.)

3.3.2.2 Kosteus maanvastaisissa alapohjarakenteissa

Maanvaraisissa alapohjarakenteissa merkittävin kosteusrasitus aiheutuu yleensä diffuusiovirrasta, koska veden kapillaarinen nousu rakenteisiin tulee yleensä olla estetty kapillaarikatkolla. Mikäli rakenteeseen ei ole suunniteltu kapillaarikatkoa, se on nykyisten määräysten vastainen. Kapillaarikatkosta huolimatta maanvaraisissa rakenteissa kosteus siirtyy rakenteisiin aina jossain määrin diffuusion avulla. Diffuusiovirta aiheutuu yleensä alapohjan alapuolisen maan lämpiämisestä. (Leivo & Rantala 2002, 5.)

Maanvaraiset rakenteet ovat kosketuksissa maa-ainekseen, jonka suhteellinen kosteus on hyvin suuri - yleisesti sen oletetaan olevan jopa RH = 100 %. Tämä ei kuitenkaan

tarkoita, että kosteudesta aiheutuisi automaattisesti vaurioita rakenteille. Suurin osa maanvaraisista alapohjarakenteista on toimivia suuresta kosteudesta huolimatta. Tärkeää on kuinka rakenne toimii kosteusrasitusten alaisena. Maanvaraisen alapohjan tulisi kyetä haihduttamaan rakenteeseen maasta nouseva kosteus. Mikäli maan lämpötila ei nouse erityisen korkeaksi ja maasta nouseva kosteus pystyy läpäisemään alapohjan ilman että sille aiheutuu rakenteellisia haittoja, kosteudesta aiheutuvia ongelmia ei yleensä ilmene. (Leivo & Rantala 2002, 5.)

Rakenteen elinkaaren aikana alapohjarakenteille kohdistuu yleensä kolme toisistaan poikkeavaa kosteusrasitustilannetta. Rakenteen tulee toimia ilman rakenteellisia vaurioita näiden kuormitusten alaisena. Ensimmäinen rasitustilanne on rakenteen kuivumisvaihe, jossa rakenteesta poistuu rakennusaikainen kosteus. Toinen tilanne on rakennuksen käyttövaihe, jolloin rakenteen lämpö- ja kosteusolosuhteet ovat tasaantuneet. Tässä tilanteessa rakenteeseen kohdistuva rasitus riippuu ympäröivistä normalisoituneista olosuhteista. Kolmas tilanne on vauriotilanne, jolloin rakenteeseen kohdistuu jokin ylimääräinen normaalista poikkeava kosteusrasitus esimerkiksi vesivahinko. (Leivo & Rantala 2002, 5.) Puumalan (1994, 5) mukaan vauriotilanteessa lisääntynyt rasitus voi kohdistua lattiarakenteeseen sen ylä- tai alapuolelta. Rakenteen toimimattomuus sekä korkea kosteus ja lämpötila voivat mahdollistaa homeen muodostumisen rakenteessa (Leivo & Rantala 2002, 12). Tätä aihetta on käsitelty tarkemmin kappaleen 4 Sisäilman riskit osassa 4.4 Mikrobit ja home.

3.3.2.3 Kosteuden tiivistyminen rakenteissa

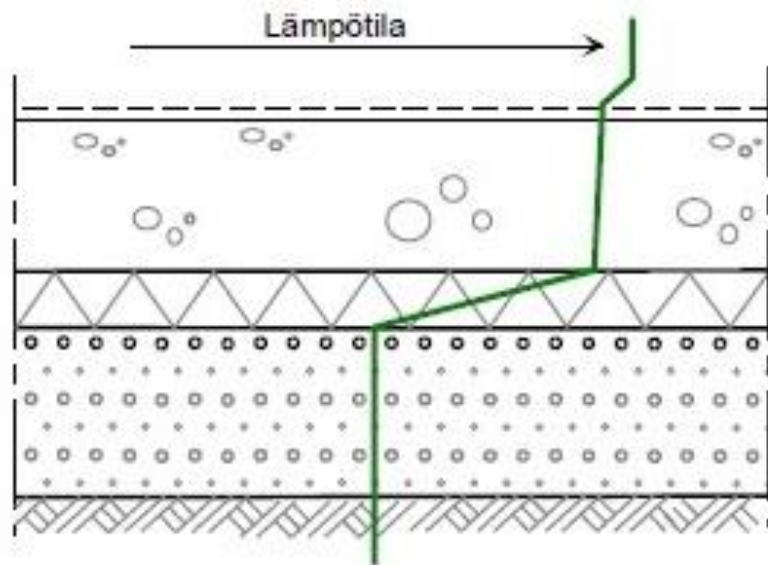
Maanvaraisten rakenteiden ympärillä vallitsevissa normaaleissa käyttöolosuhteissa rakenteet ovat yleensä niin sanotusti hygroskooppisella alueella. Silloin rakenteiden kosteuspitoisuus riippuu ainoastaan ympäristön suhteellisesta kosteudesta. Kosteusvaurion tai rakennusaikaisen lisäkosteuden vuoksi rakenteessa voi kuitenkin olla huomattavasti suurempia määriä kosteutta. (Leivo & Rantala 2002, 8.)

Maanvarainen rakenne on alapinnaltaan kosketuksissa maan kanssa, joka on suorassa yhteydessä pohjaveden kanssa. Pohjaveden ja syvien maakerrosten lämpötila

on yleensä noin +5 °C. Alapohjarakenteen lämpötilaan vaikuttaa suuresti rakennuksen sisälämpötila ja alapohjan lämpöeristeen määrä. Alapohjan läpi kulkeva lämpövirta lämmittää sen alapuolista maata ainoastaan jonkin verran. Lämpöeristetyillä rakenteilla sen alapuolisen maan lämpötila on yleensä +12...+15 °C asteen välillä. Eristämättömissä rakenteissa se voi kuitenkin kohota hyvin lähelle vallitsevaa sisälämpötilaa. Näissä tapauksissa tulisi selvittää kuinka maan kohonnut lämpötila vaikuttaa rakenteen toimivuuteen, kun oletetaan että pohjamaan kosteus on RH = 100 %. (Leivo & Rantala 2002, 8 - 9.)

Yläpinnasta maanvarainen lattia on kosketuksissa vallitsevaan sisälämpötilaan ja il-mankosteuteen. Lämpötila määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Toimisto rakennuksissa se on yleensä välillä +19...+22 °C. Kosteuteen vaikuttavat ulkona vallitseva ilmankosteus, sekä mahdollisesti rakennuksen käytöstä aiheutuva kosteus-tuotto. Osaltaan tulee ottaa huomioon myös rakennuksen ilmanvaihdon tehokkuus. Suomen ilmastolle tyypillisesti sisäilman kosteus on yleensä suurinta keväisin, joh-tuen ulkoisesta ilmankosteudesta. Toimisto rakennuksissa sisäilmankosteus vaihtelee yleensä välillä RH = 25...60 %. (Leivo & Rantala 2002, 9.)

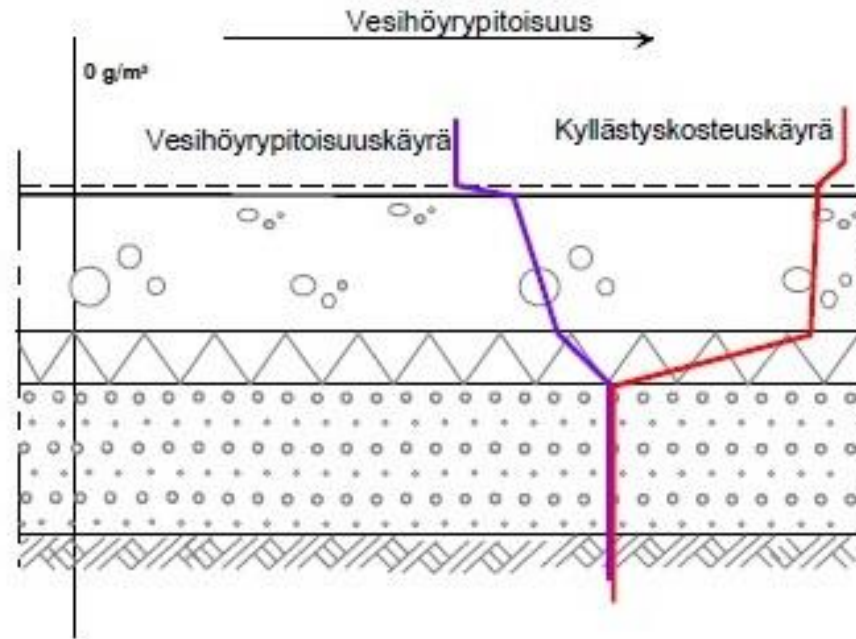
Rakenteen kosteus- ja lämpötekniistä käyttäytymistä arvioitaessa tehdään karkea oletus, että rakenteen lämpötila muuttuu samassa suhteessa niin kutsutun kyllästyspi-toisuuden kanssa. Tätä kuvaava lämpötilakäyrä piirretään rakenneleikkauksen päälle kuviossa 5. esitetyllä tavalla. Käyrän määrittämiseen tarvitaan rakennekerroksissa käytettyjen materiaalien lämmönjohtavuus, sisä- ja ulkolämpötila sekä eri pintojen pintavastukset. Käyrän jyrkkyys muuttuu samassa suhteessa rakenteiden lämmön-vastusten kanssa. (Leivo & Rantala 2002, 9 - 10.)



Kuvio 5. Rakenteen lämpötilakäyrä (Leivo & Rantala 2002, 10.)

Rakenteen vesihöyrypitoisuutta arvioidaan vesihöyrypitoisuuskäyrällä. Vesihöyrypitoisuus riippuu sisätilassa ja ulkona vallitsevasta ilmankosteudesta, sekä materiaalien vesihöyrynläpäisevyydestä. Käyrän jyrkkyys muuttuu samassa suhteessa rakenteiden vesihöyrynvastusten kanssa. (Leivo & Rantala 2002, 9.)

Lämpötilojen avulla määritetty kyllästyspitoisuuskäyrä ja vesihöyrypitoisuuskäyrä piirretään samaan rakenneleikkaukseen. Se kohta, missä käyrät leikkaavat toisensa tarkoittaa niin sanottua kastepistettä, jossa ilman kosteuspitoisuus ylittää kyllästyspitoisuuden $RH = 100\%$. Tuossa pisteessä kyllästyspitoisuuden ylittävä kosteus määrä tiivistyy vedeksi rakenteeseen. Kuviossa 6. on esitetty kuinka kyllästyspitoisuuskäyrä ja vesihöyrypitoisuus käyrä yhdistetään. (Leivo & Rantala 2002, 9 - 10.)



Kuvio 6. Rakenteen vesihöyrypitoisuus- ja kyllästyskosteuskäyrät (Leivo & Rantala 2002, 10.)

Nämä käyrät kuvaavat ainoastaan rakenteen diffuusiokäyttäytymistä käyttötilanteissa joissa rakenteen ympäröivät olosuhteet ovat normalisoituneet. Yleisesti kosteuspitoisuuden arvoa $RH = 85 \%$ pidetään rajana, jota korkeammassa kosteuspitoisuudessa on mahdollista kasvaa mikrobeja. (Leivo & Rantala 2002, 10.) Mikrobeja ja hometta käsitellään tarkemmin kappaleen 4 Sisäilman riskit osiossa 4.4 Mikrobit ja home.

3.3.3 Lämpötilavaihtelut

Lämpötilan vaihtelu aiheuttaa kaikille materiaaleille jonkin asteista kutistumista ja laajenemista, riippuen materiaalin ominaisuuksista. Tätä ilmiötä kutsutaan lämpölaajenemiseksi. Lämpölaajeneminen johtuu siitä, että aine absorboi lämpöenergiaa, lämpökutistuma taas siitä, että kun aine luovuttaa energiaa ympäristöönsä. Lisääntynyt lämpöenergia kasvattaa aineen sisäisten rakenneosasten lämpöliikkeen määrää. Lämpöliikkeen lisääntyessä rakenneosasten keskimääräinen etäisyys muista osista

ja tasapainoasemasta kasvaa. Tämä ilmenee aineen tilavuuden kasvuna. (Hellsten n.d.)

Lämpölaajeneminen voi aiheuttaa lattiarakenteille halkeilua, mikäli rakenteella ei ole tilaa laajeta ja kutistua vapaasti. Lattiaa rakennettaessa tämä tulee ottaa huomioon siten, että lattialaattaa ei saa asentaa suoraan kiinni rakennuksen seiniin tai sokkeleihin. Lattian sekä seinä- ja sokkelirakenteiden väliin on asennettava vaikkapa solumuovikaistale, mikä mahdollistaa sen, että lattia pääsee kutistumaan ja laajenemaan vapaasti. (Betonilattiat 2002, 16.) Suuret laattarakenteet voivat myös halkeilla lämpölaajenemisen aiheuttamien sisäisten vetovoimien seurauksena. Tämän kaltaista halkeilua laatoissa voidaan rajoittaa rakenteeseen tehtävillä liikuntasaumoilla. (Betonilattiat N.d.)

Betonirakenteisille lattioille on tyypillistä myös niin sanottu plastinen kutistuma. Plastinen kutistuma johtuu betonin pinnan liian nopeasta kuivumisesta suhteessa alempiin osiin. Tätä voidaan estää kostuttamalla betonin pintaa säännöllisesti kunnes se on saavuttanut vaaditun lujuuden. (Komonen 2012, 3 - 4.) Puumalan mukaan asfaltti-betonirakenteissa ei esiinny plastisen kutistuman aiheuttamaa halkeilua (Puumala 1994, 17).

3.3.4 Asfaltin ikä ja kuluminen

Asfaltti koostuu kiviaineksista ja sideaineena käytettävästä bitumista. Asfaltin pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttaa lähinnä bitumiin kohdistuvat rasitukset. Bitumi on orgaanisena aineena altis hapen, UV-säteilyn ja lämpötilan vaikutuksille. Bitumi hapettuu ollessaan kosketuksissa ilman kanssa ja se menettää silloin kimmo-ominaisuutensa. Hapettunut bitumi kuluu helposti pois kulutukselle alttiissa pintarakenteissa. Pinnan hapettuminen aiheuttaa asfalttirakenteille uudelleenpinnoitustarpeen yleensä joidenkin kymmenien vuosien käytön jälkeen. Uudelleenpinnoitus on varsin helppoa, mutta se tulee tehdä ajoissa, jottei rakenne ehdi menettää kantavuusominaisuuksiaan. (Sarkkila, Kuusiniemi, Forstén & Manni-Rantanen 2006, 62.)

Pintarakenteen alapuolisetkin asfaltit hapettuvat, mutta koska betonin tiiveys rajoittaa ilman pääsyä alempiin osiin, hapettava vaikutus syvemmällä vähenee voimakkaasti. Asfalttilattian halkeamat kuitenkin altistavat alemmatkin kerrokset voimakkaalle hapettumiselle. Työaikaisten virheiden aiheuttama liiallinen huokospitoisuus lisää myös hapettumista alemmissä kerroksissa. Tiiviit asfalttirakenteet siis hapettuvat huomattavasti hitaammin kuin huokoiset. Pintakerroksissa käytetyillä tiiveillä asfalttirakenteilla rakenteen toiminnallinen käyttöikä on arvioitu olevan > 30 vuotta. Tiiveillä pohjarakenteilla käyttöikä voi olla jopa > 400 vuotta. (Sarkkila ym. 2006, 62 - 63.)

Lattiarakenteiden yleiseen käyttöikään vaikuttaa myös sen pintaan kohdistuva kulutus. Tämä kulutus koostuu lattian päällisestä liikenteestä ja siihen kohdistuvista iskuista. Teollisuusrakenteissa suurin lattian kulumiseen vaikuttava tekijä on yleensä trukkiliikenne. Erityisesti trukkien kovat ja pienet renkaat aiheuttavat lattiaan suuren kuluman. (Betonitekniikan oppikirja 2004, 403 - 404.)

Kulutuskestävyyden mukaan lattiat jaetaan eri luokkiin, joille on asetettu eri suuruiset sallitut kulumat. 2000:lla kulutuskerralla mitattujen betonilattioiden kulumien suurin sallittu kuluminen on 1-luokassa 1 mm, 2-luokassa 3 mm ja 3-luokassa 6 mm. Betonirakenteisilla lattioilla kulutusta mitataan erityisillä testauslaitteilla, joiden teräspyörrien kulutuskertojen aiheuttamaa kulutusta tarkastellaan. Kulumaa arvioidaan tarkasteltavan lattian eri kohdista ja niistä mitataan varsinainen kuluma millimetreinä. Saadut mittaustulokset saavat ylittää annetun suurimman sallitun kuluman maksimissaan 25 %:lla yhdessä tapauksessa kolmesta. (Betonilattiat 2002, 6; Betonitekniikan oppikirja 2004.)

3.4 Lattiarakenteiden pinnoitus

3.4.1 Alustan vaatimukset

Pinnoitettavan alustan on oltava ehdottomasti puhdas, jotta pinnoitus onnistuu. Vanhoja lattioita pinnoitettaessa se tarkoittaa, että kaikki pinnalle kuulumattomat epäpuhtaudet on poistettava. Uuden pinnoitteen tartunnan kannalta hankalimpia

aineita ovat öljy, silikonit, jotkin liimat ja sokeri. Ne tulee aina poistaa pinnoitettavalta alustalta mekaanisesti joko jyrsimällä tai sopivalla pesulla. Samalla tulee poistaa kaikki irtonainen aines. Jos pinnoitus tapahtuu vanhan pinnoitteen päälle, se tulee karhentaa tartunnan parantamiseksi. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 3.)

Pinnoitettavan alustan on myös oltava kosteudeltaan sopiva pinnoitteelle. Pinnoitevalmistajat määrittelevät yleensä mikä rakenteen suhteellisen kosteuden tulee olla, jotta pinnoite tarttuu. Polyuretaani massoilla vaadittu kosteus on yleensä alle 90 %. Epoksi, akryyli ja polyesterimassoilla puolestaan alle 97 %. Vesihöyryä läpäisevien pinnoitteiden kohdalla rakenteen kosteus ei yleensä ole määrittävä tekijä, mut niidenkään tapauksessa rakenteen pinnalla ei saa olla veden muodostamaa kalvoa. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 3 - 4.)

Massapinnoitteille suositellaan karkeapintaista alustaa tartunnan parantamiseksi. Käsiteltävän pinnan kaltevuudella ei ole merkitystä tartuntaan. Maalit ja lakat joiden kalvovahvuus on alle 0,5 mm, soveltuvat paremmin täysin sileälle pinnalle. Alusrakenteessa olevat halkeamat on injektoitava esimerkiksi epoksikitillä. Raskaammin kuormitetuissa kohteissa, tai jos alustaan kohdistuu kemiallisia rasituksia, injektointi tulee suorittaa injektiohartsilla. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 5.)

3.4.2 Pinnan esikäsitely

Pinnoitettavat alusta tulee yleensä aina käsitellä ennen pinnoitteen levitystä. Pinnoitteen ominaisuuksista riippuu, mikä käsittelytapa on toimivin. Joissain tapauksissa ennen varsinaista käsittelyä suoritetaan alustava pesu, jonka tarkoitus on poistaa itse käsittelyä haittaavat ainekset alustan pinnasta. On myös mahdollista, että pelkkä pesu synteettisillä- tai liuotinpesuaineilla riittää joillekin materiaaleille, kunhan pesuaineet huuhdellaan huolellisesti pesun jälkeen ja pinnan annetaan kuivua kunnes kosteus on sopiva. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 5.)

Happopeittaus soveltuu betonilattioiden sementtiliiman poistoon. Peittauksessa käytetään yleisimmin suolahappoa joka reagoi sementtiliimakerroksen kanssa muodostaen kuona-aineita jotka huuhdellaan pois pinnalta runsaalla vedellä.

(Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 6.)

Hionta voidaan suorittaa pelkkänä pintahiontana, jolloin rakenteen pinnassa oleva heikko kerros poistetaan ja esille saadaan rakenteen hieno runkoaines. Syvähionnassa puolestaan pinta hiotaan aina karkeaan runkoaineeseen asti. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 6.)

Sinkopuhdistuksessa käytetään pieniä metallihauleja, jotka singotaan lattian pintaan. Osuessaan nämä haulit irrottavat pinnasta kaikki heikosti kiinni olevat osat. Kaikki pinnasta irtoava aines ja käytetyt haulit imetään säiliöön, joten pölyä ei pääse muodostumaan huoneilmaan. Käsittely jättää rakenteeseen varsin karheen pinnan, joka on erinomainen tartuntapinta massapinnoitteille. Tämä menetelmä ei sovellu joustavien ainesten poistoon. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 6.)

Jyrsintä poistaa käsiteltävästä pinnasta halutun paksuisen kerroksen riippumatta lujuusvaihteluista. Menetelmä soveltuu erinomaisesti vanhojen likaisten lattioiden ja pinnoitteiden poistoon. Jyrsinnän jälki on hyvin karkea, mikä soveltuu hyvin massapinnoitteiden alustaksi. (Betonilattioiden pinnoitusohjeet 2010, 6.)

3.4.3 Pinnoitteen tarttuvuus asfaltiin

Jos pinnoitettava alusta on tehty asfaltista, tulee ehdottomasti selvittää pinnoitteen ja asfalttien sisältämän bitumin kemiallinen yhteensopivuus. Huomioon on otettava myös, että vaikka polyuretaanilevyjen päälle perustettu asfaltti ei muodostaisi kemiallista yhteensopivuusongelmaa, voi tilanne olla toinen kun kovettumaton polyuretaani levitetään asfaltin päälle. On siis selvitettävä kuinka pinnoite reagoi bitumin kanssa kun se levitetään asfaltin päälle, myös ennen kovettumistaan. Eri materiaalien yhteensopivuutta arvioidaan yhteensopivuustesteillä. (Laukkanen & Unhola 2001, 24.)

Bitumi- ja muovituotteita yhdisteltäessä on aina selvitettävä aineiden yhteensopivuus riippumattoman aineenkoestuslaitoksen tutkimuksella (Lämsä &

Laukkanen 2001, 14.) Tällaisia tutkimuksia Suomessa suorittaa esimerkiksi Valtion Teknillinen Tutkimuslaitos VTT (VTT n.d.).

3.4.4 Pinnoitteen tiiveys

Erityisesti maanvaraisia eristämättömiä lattiarakenteita pinnoitettaessa, rakenteen pinnoitteen vaihtaminen tiiviimmäksi muodostaa suuren riskin rakenteen toimivudelle. Jos pinnoite on vesihöyrynläpäisevyydeltään tiiviimpää kuin itse pinnoitettava lattiarakenne, se altistaa lattian lisääntyneelle kosteuskuormitukselle. (Maanvastainen betonilaatta 2008.)

Pinnoitteen tulisi siis olla enemmän vesihöyryä läpäisevää kuin itse rakenne. Tällöin maasta diffuusiolla rakenteeseen nouseva kosteus pääsee kuivumaan ylöspäin eikä kosteusrasite rakenteessa lisääny. Tämä edellyttää myös sen, että pinnoitettavan tilan ilmanvaihdon sekä lämmityksen on oltava riittäviä, jotta vallitsevat olosuhteet tekevät kosteuden haihtumisen pinnalta mahdolliseksi. (Maanvastainen betonilaatta 2008.)

Kosteutta läpäisevät pinnoitteet edellyttävät, että pinnoitettava alusta on ehjä ja sillä tulee olla riittävä lujuus. Kosteutta läpäiseväksi materiaaliksi luokitellaan yleensä aineet joiden vesihöyrynvastus $Z_p < 50 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$. Tiiviiden materiaalien raja-arvona puolestaan pidetään $Z_p > 180 \text{ m}^2\text{sPa/kg}$. (Maanvastainen betonilaatta 2008.)

4 Sisäilman riskit

Tässä osassa käsitellään sisäilman riskien teoriaa. Kun otetaan huomioon kohteen tämän hetkinen tila ja aikaisempi historia, käsiteltävät teoriat rajoittuvat sisäilman osalta radoniin ja muihin maapohjasta nouseviin yhdisteisiin.

4.1 Sisäilmasto-ongelmat yleisesti

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 kertoo rakennuksen sisäilmastolle asetetut vaatimukset ja mihin tulee kiinnittää huomiota rakentamisen eri vaiheissa. Niistä tämän työn kannalta keskeisimmät seikat ovat seuraavat. Rakennukset on suunniteltava ja rakennettava siten, että niissä vallitsee terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Tämän saavuttamiseksi on otettava huomioon rakennuksen sisäiset kuormitustekijät, ulkoiset kuormitustekijät sekä rakennuspaikka. Lisäksi rakennuksen alapohjaa suunniteltaessa tulee käyttää rakenteellisia keinoja pienentämään ulkoisten kuormitustekijöiden vaikutusta. (Ympäristöministeriö 2011, 5.) Muut kohdat rakentamismääräyskokoelma D2:sta on jätetty tässä työssä huomiotta, koska ne eivät ole oleellisia tämän kohteen tarkastelun kannalta.

Säterin (2008, 1) mukaan vuonna 1995 on otettu käyttöön vapaaehtoinen sisäilmaluokitus, keväällä 2001 se korvattiin Sisäilmaluokitus 2000:lla ja vuonna 2008 luokitukselta julkaistiin uusi versio, nimeltä Sisäilmastoluokitus 2008. Luokitus antaa tavoitearvot muun muassa lämpöoloille, äänitasoille, ilmanvaihdolle sekä ilman epäpuhtauksille. Sisäilmastot jaetaan kolmeen eri luokkaan. Luokka S1 on yksilöllinen, S2 hyvä ja S3 tyydyttävä sisäilmasto. Sisäilmaluokkien sanalliset käsitteet on esitetty kuviossa 5. Paras luokka S1 tarkoittaa sellaista ilman laatua, jota 90 % arvioitsijoista pitää hyvänä. Alin luokka S3 on alin hyväksyttävä luokka, mikä ei takaa ettei herkille yksilöille voisi aiheutua haittoja ilmasta. Näiden luokkien määrittelyssä käytetään asitinvaraisuutta mittausten rinnalla ja se on usein mittaamista tehokkaampi keino arvioinnissa, mutta sillä ei voida arvioida hajuttomien sisäilman epäpuhtauksia, kuten radon kaasua. (Husman, Roto & Seuri 2002, 28.)

Sisäilmastoluokkien kuvaukset.

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai ylilämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta ylilämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.

Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista tai tarvittaessa määritellä jonkin suureen arvo.

Kuvio 7. Sisäilmaluokkien sanalliset käsitteet (Säteri 2008, 2.)

Sisäilman laatu vaikuttaa suuresti ihmisten viihtyvyyteen, terveyteen ja jopa tuottavuuteen. Huonosta sisäilmasta aiheutuu tilojen herkimmille käyttäjille monenlaisia oireita. Tyypillisimpiä oireita ovat erilaiset allergiaoireet, nuha, päänsärky, pahoinvointi ja väsymys. Kaikki eivät näistä kuitenkaan kärsi, tähän vaikuttavat perinnölliset tekijät ja yksilön herkkyys. Huono sisäilma voi altistaa käyttäjät myös monille vakaville sairauksille riippumatta yksilöllisistä tekijöistä, kuten astma, erilaiset hengitystieinfektiot, homepölykeuhko ja jopa keuhkosityöpiä. Näiden sairauksien aiheuttajia ja sisäilman pitoisuuksien tavoitearvoja eri sisäilmaluokissa esitellään taulukossa 3. (Sisäilmaoireet 2008.)

Taulukko 4. Ilmanlaadun tavoitearvot (Husman ym. 2008, 29.)

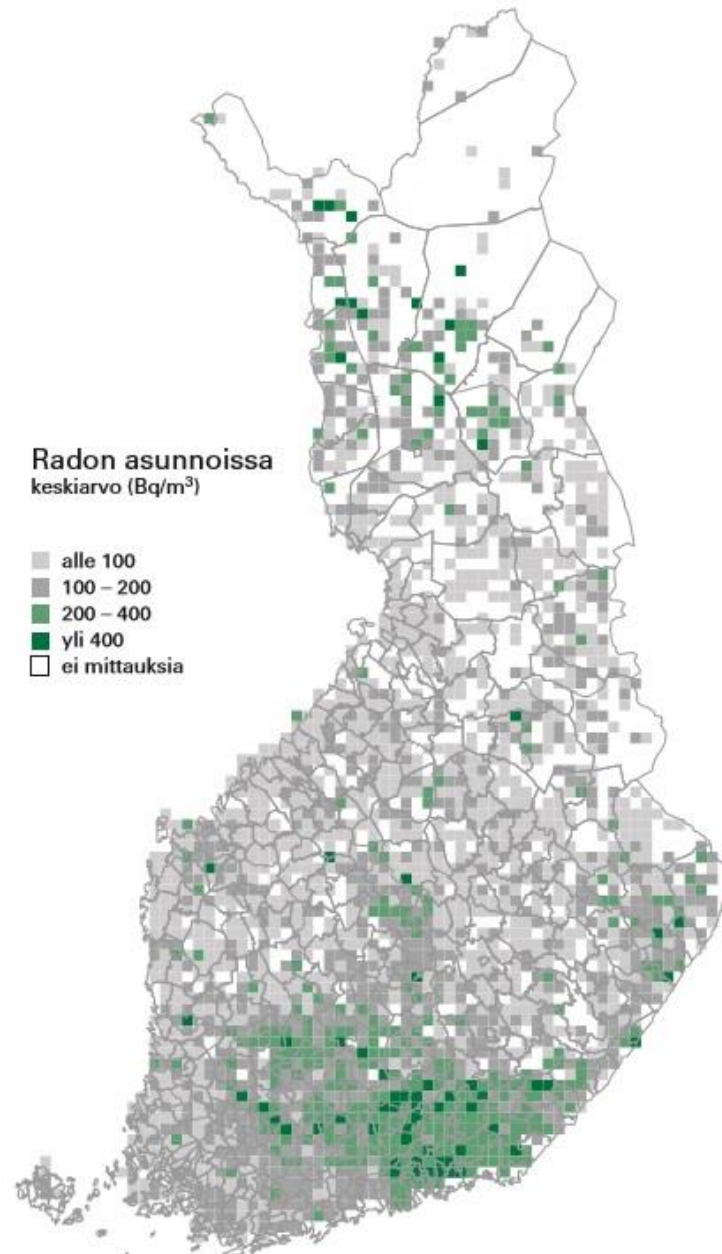
EPÄPUHTAUS	YKSIKKÖ	SISÄILMASTOLUOKKA ENIMMÄISARVOT		
		S1	S2	S3
Radon, Rn	Bq(m ³)	100	100	200
Hiilidioksidi, CO ₂	ppm	700	900	1200
Hiilidioksidi, CO ₂	mg/m ³	1300	1650	2200
Ammoniakki ja amiinit, NH ₃	µg/ m ³	30	30	40
Formaldehydi, H ₂ CO	µg/ m ³	30	50	100
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, TVOC	µg/ m ³	200	300	600
Hiilimonoksidi	mg/m ³	2	4	5.5
Otsoni, O ₃	µg/m ³	20	50	80
Hajuvoimakkuus (intens. asteikko)	-	3	4	5.5
Mikrobit	cfu/m ³	Ei enimmäisarvoa		
Tupakansavu		Ei aistittavissa		
Hiukkaspitoisuus, PM ₁₀	µg/m ³	20	40	50

Asumisterveysasetus 2015 määrittää altisteiden yleiset toimenpiderajat. Nämä rajat poikkeavat hieman edellisessä taulukosta esitetyistä luokan S3 arvoista. Tämän asetuksen mukaan arvojen tarkkailualue rajautuu lattian pinnasta 1,8 metrin korkeuteen ja 0,6 metrin etäisyydelle seinärakenteista. Sovellettaessa toimenpiderajaa kohteeseen on otettava huomioon altistumisen todennäköisyys, toistuvuus ja kesto. Jos toimenpiderajat ylittyvät, tulee sen kenen vastuulla haitta on, ryhtyä terveydensuojelulain mukaisiin toimenpiteisiin terveyshaitan poistamiseksi tai rajoittamiseksi. (Asumisterveysasetus 2015, 1 - 5.)

Tässä kohteessa keskeisimmät riskit sisäilman kannalta ovat radon ja muut maaperästä huoneilmaan mahdollisesti nousevat kaasumaiset yhdisteet. Tarkasteltavan kohteen on todettu sijaitsevan vanhan Schaumanin vaneritehtaan paikalla ja alueella on toiminut myös pienkaatopaikka 1960-luvulle asti. Kohteen maanvarainen lattiarakenne vaikuttaisi tarkastelun perusteella mahdollistavan yhdisteiden nousun huoneilmaan. Tästä syystä maaperästä nousevat kaasut muodostavat riskin sisäilman puhtaudelle. Näitä riskejä on tutkittu tarkemmin kappaleessa 4.3 Muut yhdisteet.

4.2 Radon

Radon on maaperässä radioaktiivisen uraanin ja toriumin hajoamisesta syntyvä kaasu, jonka säteilysuojelun kannalta merkittävimmän isotoopin puoliintumisaika on 3,8 vuorokautta. Sen on todettu lisäävän riskiä sairastua keuhkosyöpään. Radonkaasu ei itsessään aiheuta keuhkosyöpää, vaan sen aiheuttavat radonin hajoamisesta vapautuvat kaasut. Nämä kaasut, toisin kuin Radon, tarttuvat kiinni ihmisen keuhkorakkuloihin ja aiheuttavat keuhkoille säteilyannoksen, mikä aiheuttaa syöpäkasvaimia. Suomessa vuosittain todettavista noin 2000 keuhkosyöpätapauksesta on arvioitu noin 200 radonin aiheuttamiksi. Suomalaisten talojen keskimääräisen radonpitoisuuden on todettu olevan yksi korkeimpia koko maailmassa. (Weltner, Arvela, Turttainen, Mäkeläinen & Valmari n.d., 3.) Kuviossa 6. esitellään radon kaasun keskimääräisiä pitoisuuksia asunnoissa 10x10 kilometrin alueilla koko Suomessa.



Kuvio 8. Asuntojen radonpitoisuudet Suomessa (Weltner ym. n.d., 16.)

4.2.1 Radon Suomessa

Suomalaisissa taloissa yleensä merkittävin radonlähde on maaperän huokosilma. Sille on ominaista suuri radonpitoisuus, yleensä 10 000 - 100 000 Bq/m³. Radon-kaasu laimenee maan pinnalle ulkoilmaan päästyään, noin metrin korkeudessa sen pitoisuus on enää noin 10 Bq/m³. Siitä huolimatta pienikin ilmavirtaus maaperästä rakennuk-

sen sisätiloihin voi nostaa sisäilman radonpitoisuuden satoihin Becquereleihin kuutiometriä kohden. Suurin riski radonin nousemiseen sisäilmaan on talvella, jolloin sisä- ja ulkoilman välinen lämpötilaero aiheuttaa rakennuksen sisälle alipaineen. Tällöin radon-kaasu pääsee tyypillisimmin nousemaan maanvaraisten laattojen ja sokkelien välisistä raoista huoneilmaan. Myös koneellinen poistoilmanvaihto edesauttaa alipaineen syntyä. (Weltner ym. n.d., 11 - 12.)

Maaperän radonpitoisuus vaihtelee suuresti koko Suomessa. Radonin määrä on suoraan verrannollinen maaperän sisältämän uraanin määrään. Tyypillisesti radonpitoisuus sisäilmassa on suurin alueilla, joissa maaperän uraanipitoisuus on suuri ja missä rakennus on perustettu hyvin ilmaa läpäisevälle maaperälle. Hyvin ilmaa läpäisevällä maaperällä radonpitoisuuden on todettu olevan jopa viisinkertainen tiiviiseen maaperään verrattuna. Tyypillisesti korkeita radonpitoisuuksia on mitattu harjujen ympäristöissä. Etelä-Suomen lääni ja Pirkanmaa muodostavat yhtenäisen alueen, jolle on tyypillistä korkea radonpitoisuus niin tiiviillä kuin läpäisevillä maalajeilla. 1980-luvulla säteilyturvakeskus otti käyttöön niin kutsutun alfajälkimenetelmän, jolla voitiin mitata pitkän aikavälin keskiarvo radonille. Sen jälkeen STK on laatinut kaikkiin Suomen kuntiin niin sanotun radonmittaussuunnitelman. Suunnitelmassa kunnat on jaettu testialueisiin läpäisevyydeltään erilaisten maalajien ja kallioiden korkean uraanipitoisuuden perusteella. (Mts. 13 - 18.)

Taulukossa 4. on esitetty asuntojen radonpitoisuutta Suomen eri kunnissa. Kuten taulukosta on havaittavissa radonpitoisuudet Keski-Suomen alueella eivät ole suurimpia Suomessa, mutta radonia kuitenkin esiintyy. Alueen suurin mitattu radonpitoisuus on ollut jopa 2600 Bq/m^3 ja tyydyttävän sisäilmaston raja 200 Bq/m^3 on ylittynyt jopa noin viidenneksessä kohteista. Alueen maaperän voidaan siis todeta sisältävän suuria pitoisuuksia radonia ja radonmäärien tarkasteluun on syytä kiinnittää huomiota.

Taulukko 5. Asuntojen radonpitoisuudet kunnissa (Weltner ym. n.d., 18.)

Maakunta	Mitattuja asuntoja	Aritm. ka (Bq/m ³)	Mediaani (Bq/m ³)	200 Bq/m ³ ylitykset (%)	400 Bq/m ³ ylitykset (%)	Maksimi (Bq/m ³)
Uusimaa	9 458	180	120	27	7	4 500
Varsinais-Suomi	2 710	120	80	11	2	3 200
Itä-Uusimaa	4 052	370	200	51	23	13 000
Satakunta	1 557	100	70	7	2	1 900
Häme	5 366	280	170	40	15	10 900
Pirkanmaa	5 522	330	150	36	15	33 000
Päjäät-Häme	6 064	440	230	56	28	16 000
Kymenlaakso	6 124	310	220	56	21	6 200
Etelä-Karjala	3 516	280	160	41	18	10 100
Etelä-Savo	1 385	120	80	11	3	1 600
Savo	1 382	90	70	5	1	1 100
Pohjois-Karjala	1 746	170	100	18	7	5 200
Keski-Suomi	2 832	150	110	19	5	2 600
Etelä-Pohjanmaa	932	90	60	5	2	1 700
Pohjanmaa	677	70	50	4	1	1 500
Keski-Pohjanmaa	450	80	60	5	1	600
Pohjois-Pohjanmaa	1 554	80	60	4	1	2 700
Kainuu	1 164	290	100	26	15	5 800
Lappi	1 831	160	100	18	6	4 700
Ahvenanmaa	194	130	90	15	3	790

4.2.2 Rakennusteknisten ratkaisujen vaikutus

Sisäilman radonpitoisuuteen olennaisesti vaikuttava rakennustekninen tekijä on perustustapa. Rakennusten radonpitoisuudet ovat selvästi kasvaneet 1980-luvun jälkeiden rakennetuissa rakennuksissa. Tämä selittyy sillä, että ennen 1980-lukua suosiossa olleet ryömintätalilliset perustukset on korvattu maanvaraisilla perustusratkaisuilla. Tällöin radon ei laimene tuulettuvassa alapohjassa, vaan se pääsee nousemaan maanvaraisten laattojen ja sokkelien liitoksista sisäilmaan. (Weltner ym. n.d., 19 - 21.)

Toinen sisäilman radonpitoisuuteen oleellisesti vaikuttava tekijä on ilmanvaihdon toimivuus. Hyvä ilmanvaihto laimentaa radonkaasun määrää. Pientaloissa tämä tarkoittaa sitä, että asunnon ilma vaihtuu kerran kahdessa tunnissa, eli ilmanvaihtuvuus on 0,5 h⁻¹. Tämän lisäksi tulee huolehtia siitä, ettei koneellinen ilmanvaihto aiheuta

asuntoon liiallista alipainetta. Rakennusmääräysten mukaan tulo- ja poistoilmanvaihto tulee säätää siten, että asunto jää vain hieman alipaineiseksi. Ylipaine rakennuksessa estäisi radonin pääsyn sisään, mutta sitä ei saa tehdä rakenteiden kosteusvaurioriskin vuoksi. (Mts. 21 - 22.)

Lisäksi yksi radonin määrään vaikuttava muutos on kiviaineisten rakenteiden yleistyminen. Weltnerin ja muiden (n.d., 11 - 12.) mukaan suomalainen kiviaines sisältää itessään aina jonkin verran uraania. Uraanin hajoaa hyvin hitaasti, sen puoliintumisaika on noin 4,5 miljardia vuotta, joten se ei poistu kiviaineksestä nopeasti. Tämän johdosta kiviaineksen käyttö lattiarakenteissa aiheuttaa pienen sisäilman radonpitoisuuden nousun, tyypillisesti 10 - 30 Bq/m³.

4.3 Muut yhdisteet

Päiväsalon (2009, 15 - 24) mukaan tutkittavalla rakennuspaikalla on sijainnut Schaumanin vaneritehdas ja aluetta on myös käytetty pienkaatopaikkana. Sahateollisuus tyypillisesti altistaa maaperän monille epäorgaanisille aineille, kuten arseeni, kupari ja kromi, sekä orgaanisille ainelle kuten furaanit, kloorifenolit, dioksiinit ja PAH-yhdisteet. Kaatopaikka puolestaan mahdollistaa sen, että maaperä saattaa sisältää lähes mitä vain. (Hakulinen 2008, 10.)

Epäorgaaniset ainekset eivät hajoa, vaan ne säilyvät maaperässä kunnes ne poistetaan. Orgaaniset ainekset taas hajoavat itsestään maaperässä. (Hakulinen 2008, 10.) Tästä muodostuu erilaisia kaasumaisia yhdisteitä. Monet näistä yhdisteistä voivat olla haitallisia ihmisille, siksi niiden pääsy sisäilmaan tulisi estää. Hakulisen (2008, 10) mukaan jotkin orgaaniset ainekset hajoavat nopeasti, mutta usein hajoaminen saattaa kestää tuhansia vuosia. Tähän vaikuttavat ympäröivät olosuhteet sekä yhdisteiden monimutkaisuus. Mitä monimutkaisempi yhdiste, sen kauemmin hajoaminen kestää.

Furaani (C₄H₄O) on väritön neste jolla on vahva ominaistuoksu. Furaania on tutkittu eläimillä ja sen on todettu aiheuttavan syöpää. Furaani on siis todennäköisesti karsinogeeni myös ihmisille. Altistuminen tapahtuu hengittämällä kaasumaista

furaania. Tyypillisimpiä furaanin aiheuttamia oireita ovat kurkkukipu, yskä, erilaiset hengitysvaikeudet sekä silmien ja ihon punoitus. (National Institute of Health 2016a.)

Kloorifenolit ovat kaikki ihmiselle myrkyllisiä. Myrkyllisin niistä on pentakloorifenoli (C_6HCl_5O). Sen on todettu sisäänhengitettynä aiheuttavan ihmisissä syöpää ja munuaisvaivoja. Suurilla altistusmäärillä jopa kuolema on mahdollinen. Mahdollisia oireita myrkyntä hengittämisestä ovat yskä, huimaus, uneliaisuus, päänsärky, kuume ja hengitys vaikeudet. (National Institute of Health 2016b.)

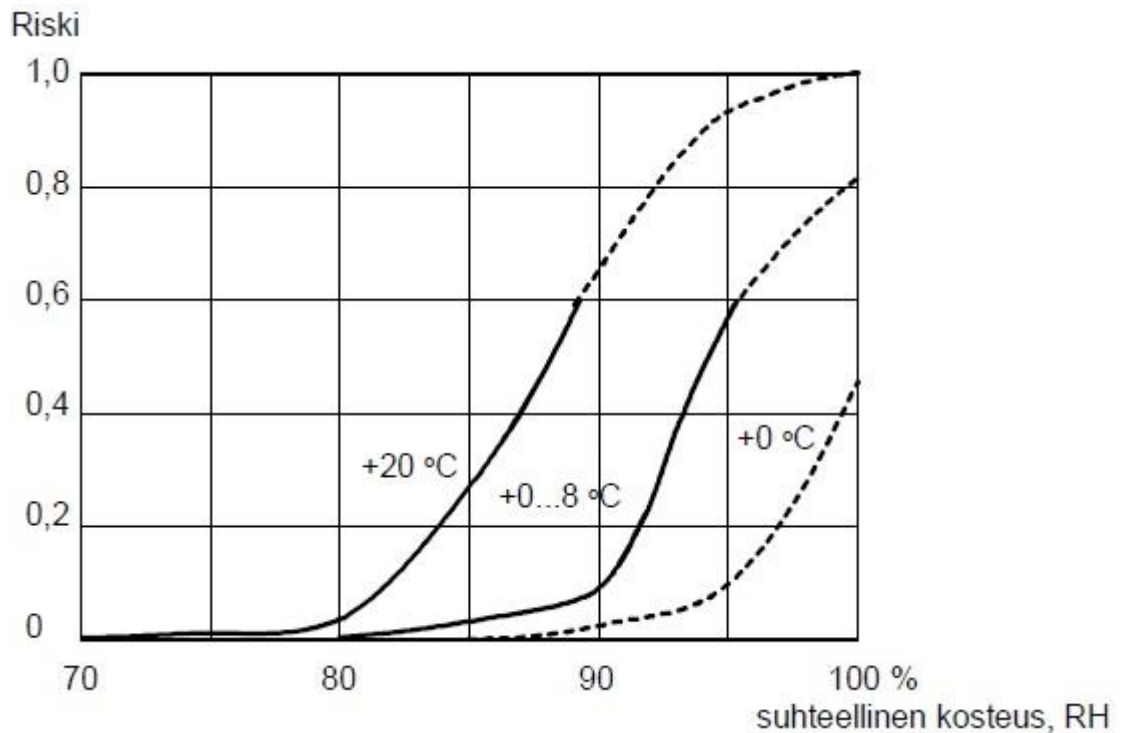
Dioksiini TCDD ($C_{12}H_4Cl_4O$) on kiinteä kristallimainen kide. Sen on eläinkokeissa todettu vaikuttavan sikiöiden kehitykseen. Dioksiini on rasvaliukoinen aine, jota kertyy ihmisen elimistöön myös ruuasta. Ihmisen Dioksiini pitoisuus kasvaa iän myötä, sillä sen puoliintumisaika on hyvin pitkä. Sen on todettu aiheuttavan myös syöpää, lisääntymishäiriöitä sekä heikentynyttä immuunipuolustusjärjestelmää pitkäaikaisen altistumisen yhteydessä. Yleensä lyhytaikaisesta altistumisesta ei aiheudu pysyviä vaikutuksia. Hengitysteitse altistumisen oireet ovat samat kuin niellyn aineen, mutta ne voivat alkaa jodenkin viikkojen viiveellä. (National Institute of Health 2016c; Dioksiinit ja PCB-yhdisteet 2016.)

PAH-yhdisteet, eli niin kutsutut öljyhiilivedyt, aiheuttavat pitkäaikaisen altistumisen yhteydessä ihmisille syöpää ja perimänmuutoksia. Erityisesti raskaana olevien ei tule altistua PAH-yhdisteille. Yhdisteet kulkeutuvat elimistöön yleensä hengitysteitse työympäristöissä esimerkiksi puunkäsittelylaitoksissa. (PAH-yhdisteet: terveysvaikutukset ja altistuminen 2010.) Toinen tapa altistua PAH-yhdisteille on epäsuora altistuminen maaperään sitoutuneelle aineelle. Sillanpään (2007, 8 - 12.) mukaan maahan joutuneet öljy-yhdisteet jolla on korkea höyrynpaine poistuvat maaperästä haihtumalla maan huokosilmaan. Haihtumisnopeus on verrattavissa suoraan höyrynpaineeseen. Maaperässä eri öljytuotteet altistuvat fysikaalisille, kemiallisille ja biologisille prosesseille, mistä syntyy monenlaisia kaasuja. Eri seoksia sisältävät öljy-yhdisteet reagoivat eri nopeudella ja eri tavoin maaperässä.

4.4 Mikrobit ja home

Suomessa ulkoilma sisältää aina jonkin määrän mikrobeja, jotka ovat lähtöisin maaperästä ja kasvillisuudesta. Lisäksi mikrobeja voi kulkeutua ilmaan hyvinkin kaukaa erilaisista ihmisen aiheuttamista mikrobilähteistä. Sisäilman mikrobipitoisuuteen vaikuttavat ulkoilman mikrobit sekä rakenteen sisäiset mikrobilähteet. Poikkeuksetta kaikki rakentamiseen käytettävät materiaalit sisältävät jonkin määrän mikrobeja. Niistä ei kuitenkaan aiheudu haittaa elleivät ne pääse kasvamaan. (Mikrobikasvun edellytykset 2008.)

Mikrobien kasvaminen edellyttää aina kosteutta ja eloperäistä materiaalia, joka kelpaa mikrobien ravintolähteeksi. Täysin kuivassakin ympäristössä mikrobit kuitenkin säilyvät elinkykyisinä. Kosteuden ollessa suurempi kuin $RH = 70\%$ on todennäköistä, että jotkin mikrobit kykenevät kasvamaan. Mikrobien kasvuun vaatima alin mahdollinen kosteus vaihtelee yleensä homesienien $RH = 65\text{...}85\%$ ja bakteerien $RH = 95\%$ välillä. Mikrobien kasvua rakenteissa on mahdotonta hillitä poistamalla mahdollisia ravintolähteitä, sillä joillekin mikrobeille ravinteeksi riittää tavallinen huonepöly. Asfalttirakenteissa käytettävä bitumi on myös orgaaninen aines, joka kelpaa joidenkin mikrobien ravinnoksi. Lämpötilan säätelyllä voidaan vaikuttaa mikrobien kasvuun, mutta ne säilyvät toimintakykyisinä rakenteissa erittäin laajalla lämpöskaalalla ja jatkavat kasvua taas kun lämpöolosuhteet ovat suotuisat. Kasvamiseen vaadittava lämpötila on useimmilla homesienillä $+5\text{...}+30\text{ }^{\circ}\text{C}$, mutta optimitapaus on $+20\text{...}+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mikrobit kasvavat yleensä pH-alueella 1,4...10. Betonin emäksisyys, normaalisti pH 12...14, ei siis mahdollista mikrobien kasvua betonin sisällä. Siitä huolimatta betonirakenteiden pinnat tarjoavat suotuisat olosuhteet mikrobien kasvulle, mikäli kosteus- ja lämpötilaolosuhteet ovat kasvulle otolliset. Homeet vaativat kasvaakseen happea, mutta bakteerit voivat kasvaa myös hapettomissa olosuhteissa. Kuviossa 9. esitetään suhteellisen kosteuden vaikutusta homekasvun riskiin. Eristämättömän rakenteen sisälämpötilan ollessa $+19\text{...}+22\text{ }^{\circ}\text{C}$, kuvion $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ käyrä on kuvaavin. (Mikrobikasvun edellytykset 2008.)



Kuvio 9. Suhteellisen kosteuden vaikutus homekasvun riskiin eri lämpötiloissa (Leivo & Rantala 2002, 13.)

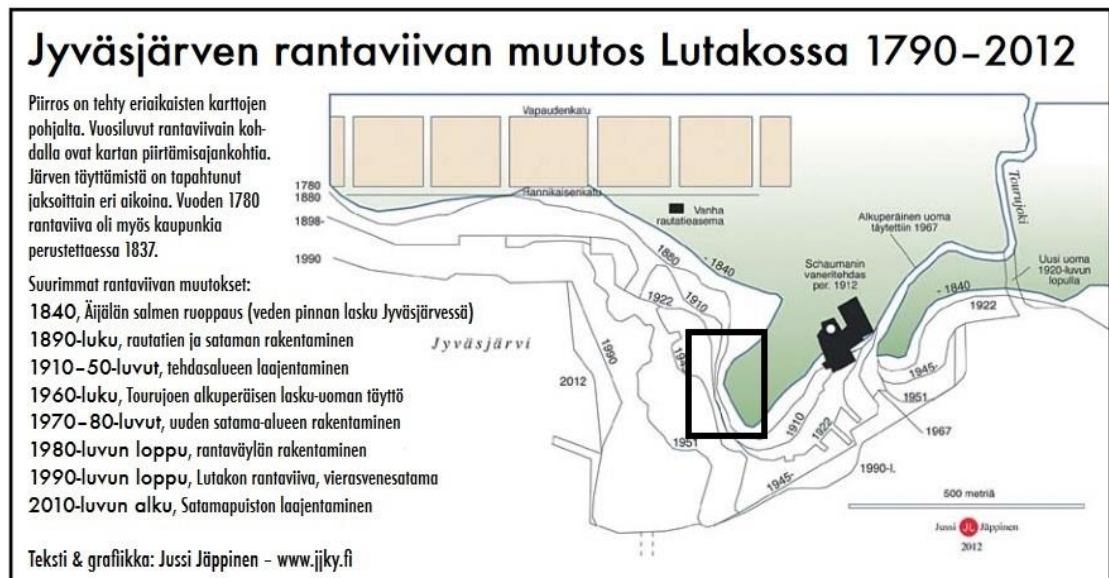
”Terveydensuojelulain 26§:n mukaan rakennuksessa esiintyvät mikrobit eivät saa aiheuttaa terveyshaittaa.” Uusimmissa sisäilmaohjeissa tarkennetaan, että myös rakenteiden sisäinen mikrobikasvu on verrattavissa lain määräämään terveyshaittaan, jos mikrobin tai niiden aineenvaihduntatuotteiden voidaan olettaa pääsevän sisäilmaan. Kosteusvaurio-tilanteissa, sisäilman kannalta, toimivan rakenteen tulee kuivua niin nopeasti, ettei homekasvu pääse alkamaan. (Mikrobikasvun edellytykset 2008.)

5 Kohteen kuvaus

Tarkasteltava kohde Jyväskylän Messukeskuksen Paviljongin A-halli sijaitsee Jyväskylän Lutakossa, vanhan Schaumanin vaneritehtaan entisellä paikalla. A-halli on rakennettu osittain vanhan vaneritehtaan teollisuusalueen tilojen rakenteiden päälle.

Lutakon alue on kokonaisuudessaan vanhaa vesijättömaata. Alue on muodostunut moninaisten vaiheiden kautta rakennuskelpoiseksi alustaksi. Suurimmat vaikutukset Lutakon rantaviivan muotoon on aikojen saatossa ollut Jyväsjärven laskuvesikanavan, Äijälänsalmen ruoppauksella, sekä ranta-alueen rakentamisen yhteydessä tehdyillä täytöillä, joita on tehty ainakin 15 kertaa Jyväsjärven eri kohdissa. (Kakkori 2012.)

Lutakon aluetta on Jyväskylän kaupungin varhaisissa vaiheissa käytetty myös pienkaatopaikkana, aina 1960-luvulle asti (Päivänsalo 2009, 22 - 24). Kuviossa 10. on esitetty Lutakon rantaviivan muutoksen eri vaiheita, sekä siihen vaikuttaneita toimenpiteitä. Alkuperäistä kuviota on muokattu (12.11.2016) mustalla neliöllä, joka ilmaisee Jyväskylän Messukeskuksen Paviljongin arvioidun sijainnin kartalla.

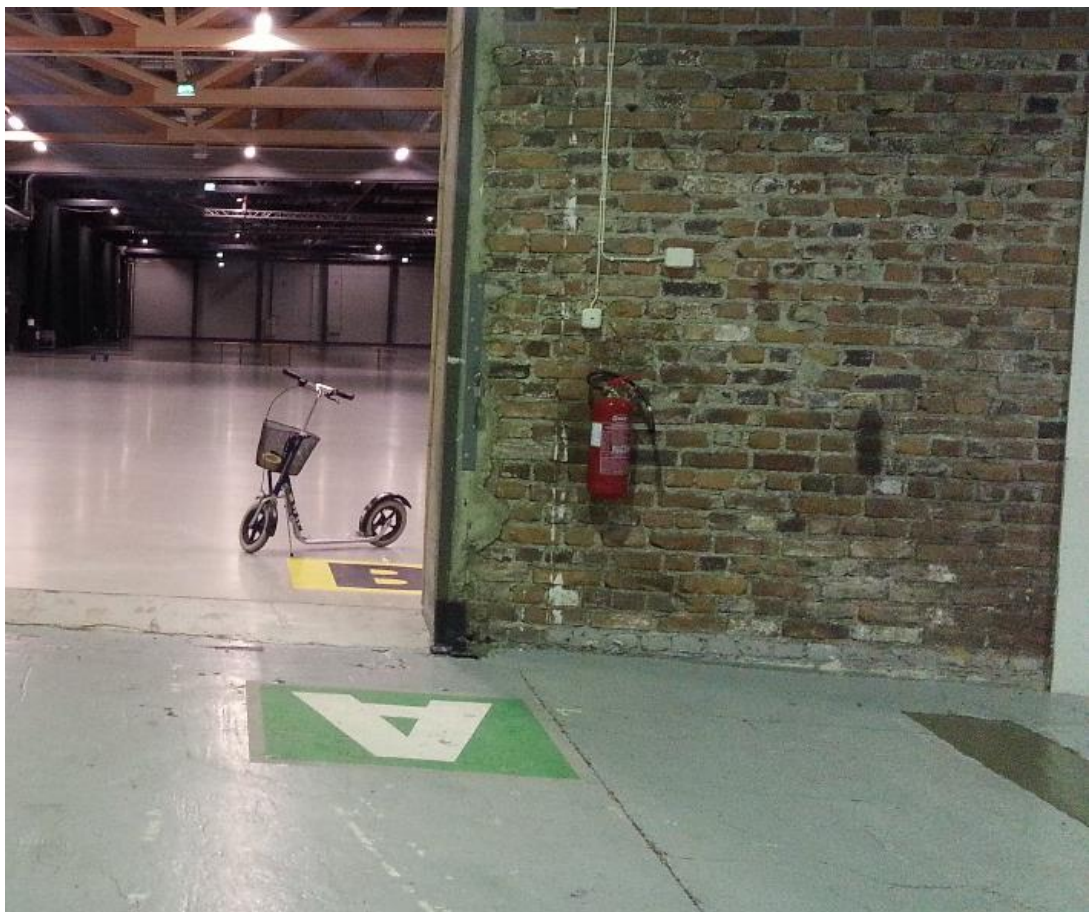


Kuvio 10. Jyväsjärven rantaviivan muutos lutakossa 1790 - 2012 (Jäppinen 2012, 11.)

5.1 A-hallin rakenteet

Tarkasteltava tila toimii esittelytilana ja messuhallina, se on siis mitoitettu suurille ihmismäärille. Tilan maksimihenkilömäärä on 1 300 henkilöä. Hallin lattia on mitoitettu 400 kg/m^2 tasaiselle kuormalle, eli 4 kN/m^2 . Hallissa saa ajaa vapaasti kuorma-autoilla ja traktoreilla, joiden kokonaispinta-alalle aiheutuu tätä pienempi kuorma. Tätä raskaampien ajoneuvojen pyörien alle hallissa asetetaan levyt jotka jakavat kuormaa, näin pistekuormat eivät muodostu liian suuriksi. Hallin pinta-ala on kuvien perustella noin 1700 m^2 ja sen vapaa korkeus on noin $4,2 \text{ m}$. Halli on tilavuudeltaan siis varsin suuri, noin 7100 m^3 . Tilan ilmanvaihtokoneiden kapasiteetti on $10\,000 \text{ l/s}$. Sisäilman kanssa ei ole toistaiseksi ollut ongelmia. (Liite 3.)

Osa hallin seinärakenteista on vanhoja Schaumanin vaneritehtaan aikaisia seiniä. Kuviossa 11. näkyy vanha vaneritehtaan aikainen tiiliseinä jonka ympärille A-halli on rakennettu.



Kuvio 11. A- ja B-hallien välinen vanha tiiliseinä (Jykes 2016.)

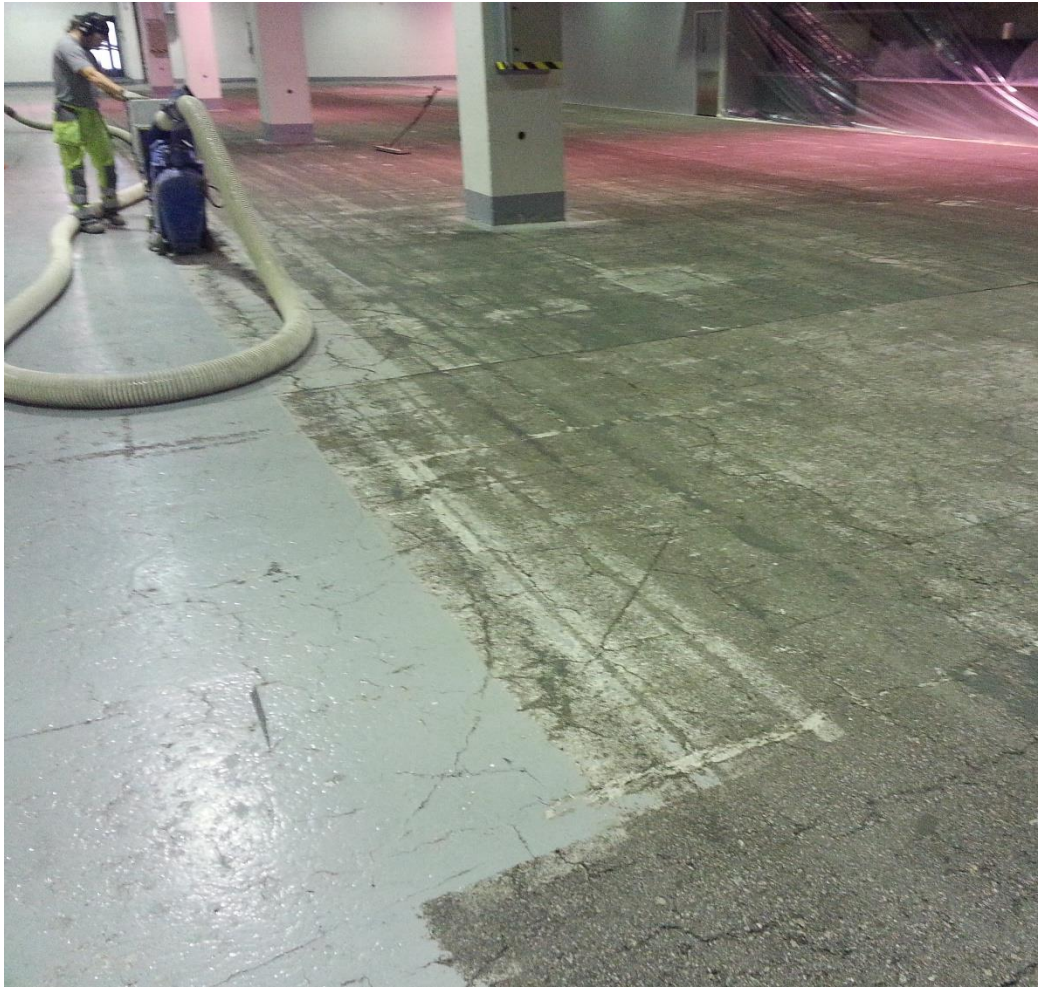
Pinnoituksen jälkeen suoritetuista rakenneavauksesta otetusta kuvasta (Kuvio 12.) selviää, että hallin maanvaraisen asfalttilattian alla ei ole lämpöeristystä. Kuvasta voidaan arvioida myös lattian asfalttirakenteen paksuudeksi noin 100 mm.

Lattianalainen maatyttö näyttäisi sisältävän myös paljon hienoainesta, eikä erillistä kapillaarisen kosteuden nousun eristävää kerrosta ole näkyvissä. Kuviossa 12. on havainnollistettu mittanauhan avulla asfalttirakenteen paksuutta.



Kuvio 12. Kuva rakenneavauksesta ja mittanauhasta (Ikonen 2016.)

Lattia on siis asfalttirakenteinen. Rakenteen nykyinen lattiapinnoite on Tikkurilan Temafloor PU-polyuretaania. Sinkopuhalluksesta otetun kuvan (Kuvio 13.) mukaan ennen pinnoitusta lattia on ollut maalipintainen. Kuviossa 13. näkyy sinkopuhallettu lattian pinta, sekä käsittelemättömällä osalla lattian vanha maalipinta.



Kuvio 13. Kuva lattiarakenteen sinkopuhalluksesta (Jykes 2016.)

Lattian kosteusmittausten yhteydessä otetusta kuvasta (Kuvio 14.) arvioiden lattia näyttäisi olevan rakennettu mahdollisesti kiinni seiniin. Kuvassa näkyy myös, kuinka seinän ja lattian rajapinta on halkeillut lattian painumien vaikutuksesta. Kuviossa 14. on kuvattu lattian ja seinän liitoskohtaa hallin nurkassa.



Kuvio 14. Kuva lattiarakenteen ja seinän liitoksesta hallin nurkassa (Jykes 2016.)

5.2 Kohteen ongelmat

Kohteen tämänhetkinen ainoa konkreettinen ongelma on lattiarakenteen halkeilu. Halkeilu aiheuttaa hallin käytölle kosmeettista haittaa, minkä vuoksi se on usein järjestettävien tapahtumien ajaksi matoitettava. Tästä aiheutuu lisäkustannuksia tapahtuman järjestävälle taholle. Halkeilu on paikoittain niin suurta, että se altistaa hallin käyttäjät kompastumis- ja kaatumisriskeille. Halkeilu aiheuttaa myös vakavan riskin lattian kokonaiskantavuudelle, mikäli sen syytä ei tarkemmin selvitetä. Halkeilun mahdollisia syitä on tarkasteltu opinnäytetyön kappaleessa 6. Lattian halkeilun syyt. Kuviossa 15. on esitetty haljennut lattiarakenne Paviljongin A-hallissa.



Kuvio 15. A-hallin haljennut pinnoitettu lattiarakenne (Jykes 2016.)

Toinen mahdollinen ongelma kohteessa on lattiarakenteen mahdollistamat haitat sisäilmalle. Hallin sisäilman kanssa ei ole toistaiseksi ollut ongelmia, joten siihen vaikuttavia tekijöitä ei ole juuri tutkittu. Rakennuspaikan aikaisemmat käyttötarkoitukset ovat luultavasti altistaneet maaperän kemialliselle rasiukselle, mikä muodostaa suuren riskin sisäilmalle, jos lattiarakenne ei toimi oikein. Alueella on mitattu myös suuria radonpitoisuuksia maaperässä, joten sen kulkeutuminen huoneilmaan tulisi estää. Tämän kaltaiset päästöt voivat vaikuttaa tilassa työskentelevien ihmisten terveyteen haitallisesti. Näitä haittoja on kuvattu aiemmin luvussa 4 Sisäilman riskit.

Lattiarakenteen toimivuus sisäilman kannalta on tällä hetkellä erittäin kyseenalainen. Kyseessä on maanvarainen eristämätön lattiarakenne. Tälle rakenteelle on tyyppillistä

suuri kosteuspitoisuus, sekä lämpötila joka on hyvin lähellä sisäilman lämpötilaa. Nämä olosuhteet yhdessä muodostavat loistavat olosuhteet mikrobin kasvulle.

Halli on tilavuudeltaan laaja, joten maapohjasta aiheutuvat päästöt sekoittuvat suureen ilmamäärään. Lisäksi hallin ilmanvaihtokoneiden kapasiteetti on niin suuri, että se mahdollistaa tehokkaan ilmanvaihtuvuuden kohteessa. Nämä osaltaan pienentävät sitä riskiä, että sisäilman pitoisuusarvot kohoaisivat liian suuriksi. Hallissa ei myöskään Korhosen (Liite 3.) mukaan työskennellä jatkuvasti, vaan ainoastaan tapahtumien aikana. Näin ollen sisäilman riskeille altistuminen on vähäisempää. Sisäilman riskeistä ei todennäköisesti aiheudu haittaa, elleivät sisäilmanpitoisuudet kohoa selvästi kriittisten rajojen yläpuolelle.

5.3 Korjaushistoria

Korjaustoimenpiteistä Schaumanin vaneritehtaan ajoilta tiedetään, että lattia on maalattu sen käyttötarkoituksen muututtua messuhalliksi. Lähihistoriassa A-hallin lattiassa oli näkyvissä selkeitä halkeamia, joten se päätettiin pinnoittaa joulukuussa 2013 Tikkurilan Temafloor PU- polyuretaanilla. Pinnoitteen todettiin soveltuvan yleisesti asfalttirakenteille. Pinnoitus ei ratkaissut ongelmaa, vaan uusi pinnoitekin alkoi pian halkeilla. Tällä kertaa halkeamat olivat paremmin nähtävillä silmämääräisesti kuin aiemmin. Halkeilun todettiin johtuvan pohjassa tapahtuvasta painumasta tai muusta liikkeestä. Uuden pinnoitteen suurimpia halkeamia, jotka ovat leveydeltään jopa useita senttimetrejä, kitattiin ja kittaukset hiottiin. Tästäkään toimenpiteestä ei ollut pitkäaikaista apua, vaan kitatut kohdat halkesivat pian uudelleen.

Tämän jälkeen Rambol suoritti hallissa tutkimuksia, joiden perusteella luotiin korjaussuunnitelma hallin lattialle. Korjaussuunnitelman detaljit ovat nähtävissä tämän opinnäytetyön liitteessä 1. Hallista mitattiin myös lattian painumia vaaituskokeilla, joiden tulokset on esitetty muokatussa taulukossa 6. Vaaitustulosten mittauspisteet ilmenevät liitteenä 2. olevasta pohjakuvasta. Mittausten nollapisteenä on käytetty viereisen tilan lattiaa, joka sijaitsee korossa 80,1 m merenpinnasta.

Ramboll mittasi myös lattiarakenteen kosteutta kahdesta eri kohdasta. Tulokset näyttivät lattian suhteelliseksi kosteudeksi RH = 98,2 ja RH = 96,2.

Taulukko 6. Vaaituspöytäkirjan tulokset (Jykes 2016.)

Paviljonki A-hallin lattian korot			Nollakorkona toimi			80,100		
0.	0	80,1	17.	-0,2	79,765	34.	-0,19	79,910
1.	-0,240	79,860	18.	-0,215	79,885	35.	-0,205	79,895
2.	-0,190	79,910	19.	-0,2	79,900	36.	-0,21	79,890
3.	-0,22	79,880	20.	-0,135	79,965	37.	-0,205	79,895
4.	-0,22	79,880	21.	-0,18	79,920	38.	-0,19	79,910
5.	-0,17	79,930	22.	-0,165	79,935	39.	-0,175	79,925
6.	-0,145	79,955	23.	-0,19	79,910	40.	-0,155	79,945
7.	-0,17	79,930	24.	-0,18	79,920	41.	-0,16	79,940
8.	-0,195	79,905	25.	-0,18	79,920	42.	-0,19	79,910
9.	-0,145	79,955	26.	-0,175	79,925	43.	-0,22	79,880
10.	-0,135	79,965	27.	-0,18	79,920	44.	-0,11	79,990
11.	-0,25	79,630	28.	-0,13	79,970	45.	-0,1	80,000
12.	-0,245	79,855	29.	-0,16	79,940	46.	-0,055	80,045
13.	-0,27	79,830	30.	-0,1	80,000	47.	-0,08	80,020
14.	-0,24	79,860	31.	-0,16	79,940	48.	-0,1	80,000
15.	-0,19	79,910	32.	-0,17	79,930	49.	-0,22	79,880
16.	-0,195	79,905	33.	-0,175	79,925	50.	-0,135	79,965

6 Lattian halkeilun syyt

Saatujen lähtötietojen sekä silmämääräisen arvioinnin perusteella voidaan olettaa, että hallin lattia on eristämätön maanvarainen asfalttirakenne. Rakenteen paksuus on noin 100 millimetriä. Lattian alustäyttö on tehty paljon hienorakeista materiaalia sisältävästä aineksesta, joka luultavimmin on Jyväskylän alueelle tyyppillistä moreenia.

6.1 Painuma

Suurin lattian halkeiluun vaikuttava tekijä näyttäisi olevan lattian alapuolisen maan liike. Lattialle tehdyssä vaaituskokeessa on havaittu suurta plastista, eli pysyvää painumaa, jonka suuruus vaihtelee huomattavasti lattian eri osissa. Taulukossa 6. esitettyjen tulosten perusteella suurin painumaero kahden yksittäisen mittauspisteen (13. ja 46.) välillä on ollut 21,5 cm ja niiden etäisyys toisistaan on 26 metriä. Mittauspisteiden etäisyydet toisistaan on arvioitu liitteenä 2. olevasta vaaituspöytäkirjan kartasta. Painumaeroja on syntynyt jopa 8 mm 1 metrin matkalla. Lattian oletetaan olleen jokseenkin epätasainen jo rakennusvaiheessa, joten kyseisen lattian painumaerot voivat olla todellisuudessa yllä kuvattua pienemmät.

Alapuolisen maan kantavuuteen voimakkaimmin vaikuttavat tekijät kohteen kaltaisessa ympäristössä, jossa perusmaa on rakenteeltaan hyvin hienorakeista, on pohjaveden pinnan korkeuden vaihtelut. Tarkasteltava kohde sijaitsee korkeusasemaltaan (80,1 m) hyvin lähellä Lutakon aluetta ympäröivän Jyväsjärven pintaa (78,3 m). Näin ollen järven pinnan korkeudella on suora vaikutus rakenteen alapuolisen maan pohjaveden korkeuteen. Lutakon kaltaisilla tiuhaan rakennetuilla alueilla on myös tyyppillistä, että alueella vallitseva pohjaveden korkeus alenee huomattavasti rakentamisen seurauksena. Hienorakeisilla maa-aineksilla kosteuspitoisuuden vaihtelut vaikuttavat suuresti maapohjan kantavuuteen. Kuormitettaessa lattiaa yläpuolelta, siinä tapahtuvat painumat vaihtelevat riippuen pohjaveden pinnan korkeudesta.

Plastista painumaa esiintyy vain erittäin harvoin ilman elastista painumaa. Elastista painumaa ilmenee jossain määrin aina kun lattiarakennetta kuormitetaan ylhäältäpäin. Tämä ei aiheuta lattian korkeusasemalle pysyviä muutoksia, vaan se ilmenee ai-noastaan pintarakenteen halkeiluna.

Maaperän liike ja lattian painumat voivat olla peräisin myös rakennusvaiheen ajalta. Jos rakentamisvaiheessa maapohjan kantavuus on ylitetty, se voi ilmetä vasta vuo-sien päästä lattiarakenteen painumana ja halkeiluna.

Lattian alapuolinen maakerros on rakeisuudeltaan silmämääräisesti tarkasteltuna melko hienoa, on siis todennäköistä, että se on myös routivaa. Lisäksi maaperä on hyvin kostea. Routa aiheuttaa sulaessaan maapohjan kantavuuden heikkenemistä. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että kohteen lattiarakenne on eristämätön, joten lattian läpi johtuva lämpövirta pitää alapuolisen maan todennäköisesti sulana kovilla-kin pakkasilla, mikä estää routimisen.

Kriittisimpiä kohtia rakenteesta routimisen kannalta ovat ulkoseinien viereiset lattia-rakenteet, erityisesti ulkonurkat. Asianmukainen routasuojaus pienentää osaltaan roudan vaikutusta. Olettaen että rakennuksen ulkopuoliset routasuojaukset on tehty asianmukaisesti, ne ovat silti voineet vaurioitua. Vaurioitumisen kannalta kriittisin osatekijä on maan kosteus. Kosteuden vaikutuksesta routaeristeet saattavat vettyä ja näin menettää eristysominaisuutensa. Tästä huolimatta roudan ei voida olettaa ai-heuttaneen koko alapohjan painumaa, mutta se voi olla yksi osatekijä painumien taustalla edellä mainituilta osin. Painumat kohteen ulkoseinän vastaisissa lattioissa (mittauspisteet 45. - 48. ja 50.) ovat jonkin verran pienempiä, kuin muualla raken-teessa yleensä.

6.2 Asfalttirakenne

Asfalttirakenteen kokonaispaksuuden voidaan olettaa silmämääräisen arvioinnin pe-rusteella olevan noin 100 millimetriä. Alapuolisen täytön koostumus vaikuttaisi hie-norakeiselta, luultavimmin kyseessä on moreeni. Moreenia voidaan verrata routivaan hiekkaan, mikä tarkoittaa pohjamaan luokituksen olevan heikko. Rakenteen hyöty-kuormaksi on ilmoitettu 4 kN/m^2 . Heikolle pohjamaalle 5 kN/m^2 kuormitusluokassa

on annettu rakenteen ohjeelliseksi paksuudeksi 50 mm kantava rakenne + 50 mm päällyste. Asfalttirakenteen rakennekerrokset ovat normaalisti päällyste, kantava, jakava sekä eristys-/suodatinkerros. Asfalttirakenteiden kantava kerros koostuu yleensä murskeesta ja eri kerrokset erotetaan hienojakoisilla pohjamailla toisistaan suodatinkankaalla. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna, jos oletetaan että kohteen 100 mm asfalttirakenne on nimenomaan päällyste, sen paksuus pitäisi olla riittävä, mutta rakenteen muut kerrokset ovat erittäin kyseenalaisia. Jos rakennekerrokset on aikanaan tehty asianmukaisesti, kerrosten väleistä puuttuvat suodatinkankaat ovat aiheuttaneet sen, että kerrokset ovat sekoittuneet toisiinsa ajan saatossa.

Tehdyn haastattelun mukaan hallissa on ajettu myös suuremmilla kuin 4 kN/m^2 kuorman aiheuttavalla kalustolla. Lattiarakenteet on tällöin levytetty pistekuormien jakamiseksi suuremmalle alalle. Tämä on luultavasti ollut riittävä toimenpide estämään lattian halkeilu välittömästi kaluston alla, mutta tästä kuormasta on luultavasti aiheutunut rakenteen alustäytön painumista. Tiiviillä vesipitoisilla mailla painuma tapahtuu yleensä hitaasti. Painuma syntyy maakerroksen sisältämän veden poistuessa kerroksesta puristusvoimien vaikutuksesta.

Hallin lattiarakenne on peräisin Schaumanin vaneritehtaan ajalta. Sen tarkkaa ikää ei ole tiedossa, mutta iän voidaan arvioida olevan noin 30 - 100 vuotta. Asfalttirakenteiden alempien osien on arvioitu kestävän jopa 400 vuotta, mikäli se ei pääse kosketuksiin ilman kanssa. Pinnan hapettuminen aiheuttaa asfalttirakenteille uudelleenpinnoitustarpeen yleensä noin 30 vuoden käytön jälkeen.

Asfalttirakenteille on tyypillistä, että niiden sisältämä bitumi hapettuu rakenteen pinnassa ja kovettuu. Rakenteen halkeilu kuitenkin altistaa rakenteen syvämmätkin osat hapettumiselle. Pienikin halkeama mahdollistaa ilman pääsyn rakenteen sisään, jonka kerrannaisvaikutuksena rakenne halkeilee lisää sen sisältämän bitumin kovettuessa. Halkeilu nopeuttaa asfalttirakenteiden ikääntymistä huomattavasti ja vaikuttaa suuresti sen toimivuuteen. Asfalttirakenteet kestävät yleisesti jonkin verran vettä, mutta rakennekerrosten hapettuminen aiheuttaa tämän ominaisuuden huomattavaa heikkenemistä. On siis todennäköistä, että tarkasteltava lattia on myös alemmilla osillaan hapettunut ja sen vetolujuus on näin ollen pienentynyt huomattavasti.

Lisäksi silmämääräisen tarkastelun perusteella voidaan olettaa, että asfalttinen lattia-rakenne on rakennettu kiinni sitä ympäröiviin seinärakenteisiin. Tämän myötä lattia-rakenne ei pääse kutistumaan ja laajenemaan vapaasti lämpötilan vaihtelujen seurauksena, vaan mahdollisesti halkeaa. Tilan käyttötarkoitus lisää sen lämpötilanvaihtelun määrää. Tilalle on tyypillistä että sen suuria ovia pidetään auki pitkiä aikoja talvellakin, kun sisään tuodaan tavaraa, jolloin lattiarakenne kylmenee. Lisäksi tapahtumien aikana, kun sisällä on paljon ihmisiä ja valaistusta, hallin lämpötila nousee huomattavasti normaalia korkeammalle.

6.3 Kosteus

Rakenteen olosuhteet huomioon ottaen on todennäköistä, että lattiarakenne ei toimi kosteusteknisestä näkökulmasta tarkasteltuna oikein. Maa-aines rakenteen alla on mitä luultavimmin kapillaarista, eikä minkäänlaista kapillaarisen nousun katkaisevaa kerrosta ole havaittavissa. Tämän myötä voidaan todeta, että rakenne on nykyrakennusmääräysten vastainen.

Lattia on pinnoitettu Tikkurilan Temafloor PU-pinnoitteella, jonka vesihöyrynläpäisevyys on luokassa II ($5 \text{ m} < s_D < 50 \text{ m}$) (Temafloor PU - joustava pinnoite koviin rasituksiin 2014). Pinnoite on siis paremmin höyryä läpäisevää kuin normaalit asfalttirakenteet. Normaali asfalttien s_D on arviolta luokkaa 27000 m ja se on huomattavasti tiiviimpää kuin vaikkapa betonirakenteet joiden s_D on yleensä luokkaa 10 metriä. Pinnoitteen tiiveyden ei siis pitäisi muodostaa riskiä asfalttilattiarakenteen toimivuudelle ja rakenne pääsee kuivumaan myös ylöspäin. Kapillaarisuus ja diffuusio kuitenkin muodostavat yhdessä niin suuren kosteusrasituksen rakenteelle, että se pysyy melko kosteana kuivumisesta huolimatta.

Lattiarakenteen kosteus ei suoranaisesti vaaranna rakenteen kantavuutta, mutta se voi olla osatekijä, joka aiheuttaa pinnoitteen halkeilua. Korkea kosteus yhdessä eristämättömyydestä johtuvan korkean lämpötilan kanssa aiheuttavat sen, että rakenteessa on suotuisat olosuhteet mikrobien kasvulle. Tiivis asfalttirakenne rajoittaisi huomattavasti mikrobien pääsyä sisäilmaan, mutta tämän hetkinen asfalttirakenne

on niin halkeillut, että se tuskin toimii siten. Tästä syystä rakenne on potentiaalinen riski sisäilmalle, mikäli sitä ei korjata.

6.4 Pinnoite

Pinnoitteen halkeilun kannalta kriittisiä tekijöitä ovat pinnoitteen kemikaalinen yhteensopivuus asfaltin sisältämän bitumin kanssa, sekä lattiarakenteen kosteuspitoisuus pinnoitushetkellä. Tutkimuksen lähtötietona saadun pöytäkirjan mukaan käytetyn pinnoitteen yhteensopivuus asfaltin kanssa olisi tarkistettu. Valmistajan tarjoamista tiedoissa kuitenkin mainitaan pinnoitteen käyttökohteeksi betonirakenteet, mutta yhteensopivuutta asfaltin kanssa ei mainita (Temafloor PU - joustava pinnoite koviin rasitukseen 2014).

PU-massoista kerrotaan yleisesti, että ne vaativat päällystettävän rakenteen suhteellisen kosteuden olevan alle RH 90 %. Tikkurila kuitenkin kertoo tuotteestaan, että se soveltuu kohteille, joiden kosteus on alle RH 97 % (Temafloor PU - joustava pinnoite koviin rasitukseen 2014). Pinnoituksen jälkeisissä kosteusmittauksissa on ilmennyt, että rakenteen kosteus on hyvin lähellä kyseistä rajaa. Rakenteen alapuolisen maan kosteuden voidaan olettaa olevan hyvin lähellä RH = 100 %, jos rakenne ei pääse kuivumaan vapaasti ylöspäin. Kahden mittauksen tulokset olivat RH 98,2 ja RH 96,2. On siis mahdollista että vaikkapa vuodenaikojen vaihtelun tai pohjaveden korkeuden vaihtelun seurauksena, valmistajan määrittämä raja-arvo on mahdollisesti ylittynyt.

Pinnoitteen todettiin olevan paremmin vesihöyryä läpäisevää kuin asfalttirakenteet yleensä. Tarkasteltu lattia on kuitenkin kauttaaltaan halkeillutta, mikä varmasti vaikuttaa lattian vesihöyrynläpäisevyyteen. Tästä johtuen rakenteen vesihöyrynläpäisevyys on kasvanut huomattavasti lattiarakenteen halkeamien kohdissa. Vesihöyry pääsee purkautumaan suhteellisen vapaasti rakenteen halkeamista. Kun halkeillut lattia pinnoitetaan jollain aineella, pinnoite tiivistää rakennetta nimenomaan halkeamien kohdalla. Tämä aiheuttaa kosteuden tiivistymistä pinnoitteen alapintaan, minkä seurauksena pinnoite ei luultavasti tartu riittävästi alustaan ja pinnoite halkeaa. Halkeamien injektointi ennen pinnoitusta parantaa pinnoitteen tarttumista, mutta se ei vaikuta tiivistymisen seurauksena ilmenevään kosteusrasitukseen. Edellä

mainitut tekijät aiheuttavat mielestäni sen, että pahasti halkeillutta asfalttirakennetta ei pystytä toimivasti korjaamaan maalin tai ohuen massapinnoitteen kaltaisella aineella.

6.5 Yhdistelmä

Lattian halkeilulle on havaittavissa monia mahdollisia syitä. Halkeilu ei luultavasti aiheudu ainoastaan yhdestä syystä, vaan siihen todennäköisesti vaikuttaa kaikkien eri osatekijöiden yhteisvaikutus. Eri osatekijöiden vaikutuksen suuruutta voidaan ainoastaan arvioida, sillä niitä ei pystytä eristämään toisistaan riippumattomiksi. Jotta korjaustoimenpiteellä saataisiin pysyvä varma ratkaisu ongelmalle, tulisi kaikki halkeiluun vaikuttavat osatekijät kyetä korjaamaan.

7 Lattiarakenteen korjaus

Korjaustoimenpide olisi käyttäjien toivomuksesta suoritettava hallin normaalien käyttökatkosten aikana, joista pisin sijoittuu heinäkuulle ja on pituudeltaan noin kuukauden mittainen. Käyttäjien näkökulmasta lattian kantavuus ei saisi rajoittaa hallin käyttötarkoitusta. Lisäksi pinnan tulisi olla kestävä ja helposti puhdistettava. (Liite 3.)

Seuraavissa kappaleissa esitellään neljä eriasteista vaihtoehtoa, joiden toimivuutta arvioidaan rakenteen pitkäaikaiskestävyyden, uudelleenkorjaustarpeen, korjaustoimen pituuden, kokonaiskustannusten ja sisäilman riskien kannalta. Kustannusten euromääräinen arviointi on suoritettu Rakennustiedon Klara Net -ohjelmaa apuna käyttäen. Kustannukset ja työvaiheet joista ne muodostuvat on eritelty jokaisessa menettelyssä paremman kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Kokonaisarviot ovat ainoastaan suuntaa antavia arvoja eri menetelmien kustannusten suhteista. Ne sisältävät ainoastaan päätoimenpiteiden teoreettiset rakennus- sekä materiaalikustannukset, joten todelliset kustannukset tulevat olemaan suurempia.

Valitun menetelmän pidempiaikaista toimivuutta voitaisiin jatkossa arvioida tarkemmin suorittamalla korjaustoimenpide ensin valitulle koealalle. Koealan käyttäytymistä kuormituksen alaisena voitaisiin tarkastella pitkällä aikavälillä, mistä saataisiin tarkempia tuloksia korjauksen todellisesta vaikutuksesta rakenteen käyttöikään.

7.1 Uudelleenpinnoitus

Lattialle on tehty Tikkurilan Temafloor PU-pinnoitus, joka ei ollut toimiva ratkaisu. Uudelleenpinnoitusta voidaan vielä yrittää, mutta se ei tule olemaan pitkäaikainen ratkaisu ongelmille. Pinnoitus ei poista rakenteen ongelmia halkeilun eikä sisäilman kannalta, mutta se voi tuoda parhaimmillaan rakenteen käytölle joitain lisävuosia ennen varsinaista korjausta. Pinnoitus voidaan suorittaa käyttäjien toivomassa noin yhden kuukauden aikavälissä, jolloin halli ei ole käytössä.

Pinnoituksen kokonaiskustannukset 1700 m² hallissa ovat arviolta 15 000 €. Kustannukset koostuvat vanhan pinnoitteen poistosta sinkopuhaltamalla sekä uuden uretaanipohjaisen pinnoitteen levitys- ja materiaalikustannuksista.

7.2 Densitop -päällyste

Kohteen asfalttilattia on sen verran iäkäs, että se tulisi päällystää uudelleen. Päällystykseseen voi käyttää esimerkiksi NCC:n Densitopin kaltaista päällystettä, jonka kuvataan kestävän tavanomaista asfalttia paremmin vetoa sen sisältämän komposiittikuidun ansiosta (Densit-päällysteet n.d.). Vastaavia tuotteita on tarjolla myös muilla valmistajilla. Päällystäminen ei ole pysyvä ratkaisu maan painumille tai sisäilman riskeille, mutta se luultavasti toisi rakenteen käytölle huomattavasti enemmän lisävuosia kuin kappaleessa 7.1 kuvattu pinnoitus. Uusi asfaltti tiivistäisi rakennetta sen verran, että riski mikrobien ja radon sisäilmaan pääsystä pienentyisi huomattavasti verrattuna halkeilleeseen vanhaan asfalttiin.

Parhaimmillaan uudelleenpäällystäminen voisi toimia jopa useiden kymmenien vuosien ajan, kuten vanha asfalttilattia tähän asti. Tälle ei kuitenkaan voida antaa täyttä varmuutta pohjamaassa tapahtuvien liikkeiden ennalta-arvaamattomuuden vuoksi. Päällyste tulisi myös pinnoittaa käyttötarkoitukseen sopivalla pinnoitteella, esimerkiksi jo kertaalleen käytetyllä Temafloor PU-pinnoitteella. On todennäköistä että yhdessä ehjän ja tiiviin asfalttirakenteen kanssa kyseisen kaltainen pinnoite toimisi ongelmitta. Toimenpide on mahdollista suorittaa käyttäjän toivoman käyttökatkon puitteissa.

Päällystyksen kokonaiskustannukset ovat hallissa 50 000 €:n luokkaa. Kustannukset koostuvat vanhan pinnoitteen poistosta sinkopuhaltamalla, uuden asfalttikerroksen levityksestä ja materiaaleista, sekä uuden uretaanipohjaisen pinnoitteen kustannuksista.

7.3 Betonilattia asfaltin päälle

Rambollin liitteessä 1 ehdottama uuden betonilattian rakentaminen vanhojen rakenteiden päälle ei myöskään poista riskiä alapuolisen maan liikkeistä pitkällä aikavälillä. Sen tuoma etu on lattian hyötykuorman nouseminen nykyisestä 4 kN/m^2 :sta $7,5 \text{ kN/m}^2$. Käytännössä tämä tarkoittaa, että hallissa liikkuvien ajoneuvojen paino rajoittuisi < 10 tonniin. Rakenne voi toimia halkeilematta hyvin pitkäänkin, mutta se ei takaa halkeilun loppumista. Sisäilman riskien puolesta rakenteen lämmöneristys pienentää mikrobikasvun riskiä rakenteessa, mutta samalla se pienentää alapohjan lämmönjohtavuutta lattian alapuolisiin maakerroksiin. Tästä voi seurata rakenteen ulkopuolisen routasuojauksen lisätarve.

Toimenpide on huomattavasti pidempiaikainen kuin edellä mainitut vaihtoehdot. Betonin kovettuminen 70 %:iin sen nimellislujuudesta kestää $+20 \text{ °C}$ lämpötilassa noin 10 vuorokautta. Betonin kuivuminen täysin kuivaksi kestää normaalibetoneilla useita kuukausia, joten korjausta ei voida suorittaa annetussa yhden kuukauden aikavälissä.

Korjausmenetelmän kustannukset nousevat huomattavasti korkeammiksi kuin kahdessa edellä mainitussa vaihtoehdossa. Kokonaiskustannus on luokkaa 120 000 €. Kustannukset muodostuvat vanhan lattian osittaisesta purkamisesta, vajonneiden kohtien täytöstä ja uuden betonilattian rakentamisesta sekä pinnoituksesta. Toimenpiteet on kuvattu tarkemmin Rambollin tekemässä korjausehdotuksessa, joka on liitteenä 1.

7.4 Maanvaihto ja uusi lattia

Viimeinen korjausvaihtoehto sisältää vanhojen rakenteiden purkamisen aina perusmaahan asti, ja sieltä lähtien uuden lattiarakenteen rakentamisen. Perusmaan päälle tehdään asianmukaiset täytöt ja rakenteen alle asennetaan kapillaarisen nousun katkaiseva kerros sekä salaojitus. Lisäksi tulisi asentaa radonpoisto, jotta maasta nousevat yhdisteet eivät varmasti pääse sisäilmaan. Lattia eristetään, mikä aiheuttaa jo olemassa olevien routasuojauksen lisäämistarpeen. Itse lattiarakenne voidaan tehdä betonista tai asfaltista, kumman vain katsotaan soveltuvan paremmin

rakenteen nykyiselle käytölle. Samalla lattian hyötykuorma voidaan määrittää halutun suuruiseksi.

Tämä korjausvaihtoehto on ainoa varma keino poistaa halkeilu pysyvästi. Samalla rakenteesta voidaan tehdä täysin riskitön sisäilman kannalta. Tämä vaihtoehto on esitetyistä korjausvaihtoehdoista kallein ja se vie huomattavasti pidemmän aikaa kuin esitetty yhden kuukauden käyttökatko.

Kokonaiskustannukset tämän kaltaisella toimenpiteellä vaihtelevat suuresti riippuen halutuista lattian ominaisuuksista. Laskennassa on tarkasteltu eristämättömän 200 mm kantavan betonilattian kustannuksia. Eikä laskennassa ole otettu huomioon esimerkiksi salaojitusta tai radonpoistoa. Kokonaiskustannukseksi muodostui 250 000 €. Kustannukset muodostuvat vanhan lattian purkutoimenpiteistä, pohjamaan vaihdosta sekä uuden lattian rakentamiseen ja pinnoitukseen liittyvistä kustannuksista.

8 Johtopäätökset

Halkeilun todennäköisin ja suurin vaikuttava tekijä on tehdyn tutkimuksen perusteella lattian alapuolisen maan liike, ja siitä aiheutuvat painumat lattiarakenteelle. Lisäksi painuman vaikutuksesta lattian halkeilua edesauttaa suuresti asfalttirakenteisen lattian vanha ikä, minkä johdosta lattia on menettänyt ominaisuutensa.

Lattian pinnoitukseen käytetty Tikkurilan Temafloor PU-pinnoite on soveltuva kohteen kaltaisille asfalttirakenteille, jos rakenne on ehjä. Kohteenä olevan lattian iästä johtuva laaja-alainen halkeilu ja sen seurauksena tiiviiden heikkeneminen, on luultavasti syy siihen että pinnoite ei toimi tässä kohteessa.

Ainoa korjaustoimenpide, jonka voidaan varmuudella todeta poistavan lattian halkeilu ja sisäilmariskit, on lattiarakenteen täydellinen purkaminen ja uudelleenrakentaminen. Tällöin lattiasta voidaan tehdä ominaisuuksiltaan täysin toivotun kaltainen. Sen hyötykuormaa voidaan kasvattaa ja riskit sisäilman suhteen eliminoida. Tutkimuksen perusteella tämä olisi paras vaihtoehto, mutta kustannus- sekä aikataulusyistä toimenpide ei kuitenkaan ole todennäköisesti mahdollinen.

Kustannustehokkain ratkaisu olisi vanhan lattiarakenteen päällystäminen NCC:n Densiphaltin kaltaisella päällysteellä. Se voisi parhaassa tapauksessa jopa tuplata rakenteen käyttöiän, mutta varmuutta tästä ei kuitenkaan ole saatavilla. Työ olisi mahdollista suorittaa käyttäjien esilletuomassa kuukauden mittaisessa aikaikkunassa. Lisäksi sen kustannukset jäävät arvion mukaan huomattavasti alhaisemmiksi, kuin Rambollin liitteessä 1. ehdottaman ratkaisun. Uusi päällyste ei poistaisi riskiä sisäilman ongelmien kannalta. Se ei todennäköisesti kuitenkaan vaikuttaisi tilan käyttöön, koska varsinaisia sisäilman ongelmia ei ole tähänkään asti havaittu.

9 Pohdinta

Halkeilun pääasialliset syyt saatiin kuvattua melko tarkasti, mutta kaikkia vaikuttavia osatekijöitä ei ole pystytty rajaamaan. Osatekijöiden mahdollisia yhteisvaikutuksia on voitu ainoastaan arvioida. Kuvatut korjaustoimenpiteet ovat ainoastaan suuntaa antavia ehdotuksia siitä, minkälaisia toimenpiteitä rakenteelle voitaisiin suorittaa. Niiden kustannukset määräytyvät valittavan urakoitsijan ja lopullisesti valittavien toimenpiteiden perusteella, eikä niitä voi esittää euromääräisesti arvioituna ennen täyttä selvitystä halutuista toimenpiteistä. Kustannuksia on arvioitu suhteessa toisten korjaustoimenpiteiden kustannuksiin.

Haasteita opinnäytetyöhön toi lähtötietojen puutteellisuus. Tämän vuoksi korjausehdotuksille ei voi taata täyttä varmuutta, vaan ainoastaan arvioida niiden toimivuutta. Tarkempiin tuloksiin tarvittavat lähtötietojen selvitykset olisivat vaatineet rahoitusta, jota tässä työssä ei ollut käytettävissä. Lisäksi aihealuetta käsittelevä aineisto oli hyvin suppeaa. Tämän johdosta maanvaraisiin asfalttilattiarakenteisiin liittyviä tietoja on täytynyt analysoida useista eri asiayhteyksistä ja soveltaa niistä saatuja tietoja kohteeseen sopiviksi.

Kyseessä on käsittääkseni ensimmäinen tutkimus, jossa tarkastellaan maanvastaisen eristämättömän asfalttilattiarakenteen toimivuutta kohteen kaltaisissa olosuhteissa. Tutkimus kokosi yhteen laajasta aineistosta kerätyt teoreettiset osatekijät, jotka ovat tarkasteltavissa tässä työssä. Lisäksi kootun teorian pohjalta luotiin korjausehdotuksina mainitut menettelytavat ja arvioitiin niiden toimivuutta kohteessa toimeksiantajalle. Lisäksi saatan toimeksiantajan tietoon mahdollisesti toimivan ja halvemman vaihtoehdoisen menettelytavan Rambollin aiemmin tekemälle korjausehdotukselle.

Laajasta teoria-aineistosta johdetut tutkimustulokset ovat hyödynnettävissä samankaltaisille kohteille. Kuitenkin tulokset ongelmista ja korjausehdotuksista linkittyvät vahvasti ainoastaan tutkittuun kohteeseen. Tulosten kokonaisvaltainen hyödynnettävyys on suurta ainoastaan täsmälleen ominaisuuksiltaan samanlaisissa kohteissa, mitä ei käytännössä ole.

Tämän tutkimuksen lähtötiedot perustuivat pääasiassa kohteen dokumenttien analysointiin, itse kohteessa suoritettuun havainnointiin sekä teoriaan rakenteiden yleisistä ominaisuuksista. Tässä tutkimuskohteessa muun muassa maa-aineksen kapillaarisuuden silmämääräinen arviointi toi tarkastelun kannalta riittävän varmuuden. Vastaavissa tutkimustilanteissa tarkempia lähtötietoja voisi kuitenkin saada selvittämällä esimerkiksi maa-aineksen todellinen rakeisuuskäyrä seulomalla tai tarkistamalla koepalan avulla asfalttirakenteen todellinen lujuus. Tämänkaltainen tarkempi tarkastelu vaatisi kuitenkin tutkimusrahoitusta.

Korjaustoimenpiteiden toimivuuden takaamiseksi suosittelen tehtäväksi kohteessa lisäselvitystä korjaustavan soveltuvuudesta. Jos kohteen korjausaikataulua ei ole vielä määrätty, suosittelisin tehtäväksi tämän tutkimuksen jatkotoimepiteenä koealalle rajoittuva korjaus valitulla korjausmenetelmällä kohteessa. Näin valitun korjaustoimenpiteen toimivuutta ja käyttäytymistä voitaisiin tarkastella sopivalla aikavälillä. Koealalle voitaisiin tehdä myös kuormituskoe, jossa tarkkaillaan pinnan käyttäytymistä kuormituksen alaisena. Näillä menetelmillä olisi mahdollista varmistaa korjausmenettelyn toimivuus pidemmällä aikavälillä.

Tarkan kustannuslaskennan, lähtötietojen lisäselvitysten, korjausvaihtojen toiminnallisuuden jatkoselvityksen sekä uusien rakenteiden ominaisuuksien laskennan avulla työstä olisi saatu huomattavasti tarkempia tuloksia. Niiden tekemiseen vaadittu työmäärä olisi kuitenkin ollut huomattavan suuri, minkä seurauksena työ olisi laajentunut turhan suureksi. Ne on siis päätetty jättää käsittelemättä tässä työssä. Ne kuitenkin tarjoavat loistavan mahdollisuuden uusille opinnäytetöille.

Lähteet

- Alanen, J. 2013. Pohjaveden alenemisesta aiheutuvien painumien mallintaminen pehmeikkökohteissa. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Espoo. Viitattu 5.11.2016.
http://civil.aalto.fi/fi/research/geoengineering/soil/theses/masters/d_janika_alanen.pdf
- Asfalttinormit. 2011. B3 Asfaltit ja niiden laatuvaatimukset. Päällystealan neuvottelukunta Ry.
- Asumisterveysasetus. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Annettu Helsingissä 23.4.2015. Viitattu 23.11.2016.
<http://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>
- Betonilattiat. N.d. Artikkelit Valmisbetonin sivuilla. Viitatti 10.11.2016.
<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/betonilattiat>
- Betonilattiat. 2002. By 45. Suomen betoniyhdistys ry. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino.
- Betonilattioiden pinnoitusohjeet. 2010. By 54 / BLY 12. Pinnoitustyöt ja laadunvarmistus. <http://www.bly.fi/File/6AskoJuvakka-pinnoitustyotjalaadunvarmistus.pdf>
- Betonitekniikan oppikirja. 2004. By 201. Suomen betoniyhdistys ry. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino.
- Case-tutkimus. N.d. Artikkelit Ylemmän AMK-tutkinnon metodifoorumi. Viitattu 11.11.2016.
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464144782/1194348546586/1194356433452.html>
- Densit-päällysteet. N.d. Tuotokuvaus NCC:n sivuilla. Viitattu 16.11.2016.
<https://www.ncc.fi/tarjontamme/asfaltti-ja-kiviaines/asfaltin-palvelut-ja-tuotteet/densit-paallysteet/>
- Dioksiinit ja PCB-yhdisteet. 2016. Artikkelit Terveiden ja Hyvinvoinninlaitoksen sivulla 20.4.2016. Viitattu 2.11.2016
<https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/tarkempaa-tietoa-ymparistomyrkyista/dioksiinit-ja-pcb-yhdisteet>
- Hakulinen, M. 2008. Ympäristögeotekniikan perusteet. Oppimateriaali. Suomen geoteknillinen yhdistys ry.
- Hellsten, L. N.d. Lämpölaajeneminen. Video. Espoo: Opetus.TV.
<https://opetus.tv/fysiikka/fy2/lampolaajeneminen/>
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino.
- Husman, T., Roto, P. & Seuri, M. 2002. Sisäilma ja terveys - Tietoa rakentajille.
<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/78741/2002b14.pdf?sequence=1>

Huttula. 2013. Hydrologia. L9 Routa. Opetusmateriaali Jyu:n sivuilla 15.1.2013. Viitattu 3.11.2016 http://users.jyu.fi/~thuttula/WETA150/WETA150_9.pdf

Jykes Kiinteistöt. N.d. Yritysesittely. Viitattu 11.11.2016 <http://www.jykeskiinteistot.fi/yritys/>

Jäppinen, J. 2012. Kuva Lutakko 100 vuotta Lutakon asukasyhdistyksen juhlalehdessä. Laivasillalta Lutakkoon – Katsaus Jyväskylän sataman vaiheisiin. Jyväsjärven rantaviivan muutos Lutakossa 1790-2012. Viitattu 11.11.2016. <http://lutakko.fi/liitteet/Lutakko100v-Juhlalehti.pdf>

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. AMK-Kustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus kirjapanino.

Kakkori, S. 2012. Kolumni Keski-suomalaisen sivuilla 14.1.2012. Viitattu 12.11.2016. <http://www.ksml.fi/mielipide/kolumni/Miksi-Jyv%C3%A4sj%C3%A4rvi-on-niin-pyh%C3%A4/600005>

Kivikoski, H. 2007. Talonrakennuksen routasuojausohjeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Komonen, J. 2012. Betonilattioiden kutistuminen. Atikkeli BLY Betonilattiapäivien sivuilla 22.3.2012. Viitattu 10.11.2016 <http://www.bly.fi/File/2012-1Komonen.pdf?rnd=1356604064>

Laukkanen, K. & Unhola, T. 2001. Ajoharjoitteluratojen liukasaluetutkimus. Tiedote VTT:n sivuilla. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Rakennus- ja yhdyskuntateknikka. Viitattu 10.11.2016. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2001/T2079.pdf>

Leivo, V. & Rantala, J. 2002. Maanvaraiset alapohjarakenteet. Kosteustekninen mitoittaminen ja korjaaminen. Julkaisu 121. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennustekniikan osasto.

Lutakko - Malliesimerkki rakennemuutoksesta. 2011. Artikkelit Keski-Suomen maakunnan yhteistyöryhmän tiedotuslehdessä 2/2011. Viitattu 11.11. <http://www.keskisuomi.fi/vipuvoimaa/article.php?id=&selArticle=120>

Luukkonen, S. 2010. Laattaperustuksen maajousien määrittäminen. Opinnäytetyö. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Viitattu 5.11.2016. https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/21259/Luukkonen_Simo.pdf?sequence=1

Lämsä, J. & Laukkanen, K. 2001. Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Tiehallinto. Helsinki: Edita. <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/syl/syl62001.pdf>

Maalajit. 2012. Artikkelit Rakennustiedon sivuilla 14.6.2012. Viitattu 3.11.2016 <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/11/maalajit.htm>

Maanvastainen betonilaatta. 2008. Artikkelit Sisäilmayhdistyksen sivuilla. Viitattu 10.11.2016. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-betonilaatta>

Mikrobikasvun edellytykset. 2008. Artikkelit Sisäilmäyhdistyksen sivuilla. Viitattu 9.11.2016 <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Mikrobit/Mikrobikasvun-edellytykset>

Mäkelä, H. 1992. Routavauriot ja routasuojaus RIL 193-1992. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.

National Institute of health. 2016a. PubChem. Open chemistry database. Furan. Viitattu 2.11.2016. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/furan>

National Institute of health. 2016b. PubChem. Open chemistry database. Pentachlorophenol. Viitattu 2.11.2016. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/992>

National Institute of health. 2016c. PubChem. Open chemistry database. Dioxin. Viitattu 2.11.2016. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/15625>

PAH-yhdisteet: terveysvaikutukset ja altistuminen. 2010. Artikkelit Työterveyslaitoksen sivuilla 5.10.2010. Viitattu 2.11.2016. http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitietoa/PAH-yhdisteet_ja_niiden_esiintyminen/terveysvaikutukset_ja_altistuminen/Sivut/default.aspx

Puumala, M. 1994. Tuotankorakennusten alapohjia ja piha-alueiden päällysrakenteita. Maatalouden tutkimuskeskus. Vakola. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/442841/vtiedote62_94.pdf?sequence

Päivänsalo, M. 2009. Lutakon muutos. Jyväskylän kaupunki. Helsinki: Edita Prima.

RIL 95. 1974. Pohjarakennus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 207. 2009. Geotekninen suunnittelu. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 261. 2013. Routasuojaus – rakennukset ja rakenteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Routavauriot. n.d. Artikkelit Sisäilmäyhdistyksen sivuilla. Viitattu 4.11.2016. <http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Kuivatusjarjestelmat/Routavauriot>

Saarinen, S. 2004. Kunnan perusta perustuksille. Artikkelit Rakennustiedon sivuilla. Viitattu 3.11.2016. <https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5eKifMc2l/5fYr64UpH/Files/CurrentFile/Perustustyot.pdf>

Sarkkila, J., Kuusiniemi, R., Forstén, L. & Manni-Rantanen, L. 2006. Ympäristöopas. Asfaltitiset ympäristönsuojaurakenteet. Vammala: Vammalan kirjapaino https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38842/YO_Asfaltitiset_ymparistonsuojaurakenteet.pdf?sequence=1

Sillanpää, P. 2007. Öljyhiilivedyillä saastuneen maan puhdistaminen puiden avulla. Tampere: Kirjapaino Oy. Verkkojulkaisu luettavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38391/SY_2_2007.pdf?sequence=3

Sisäilmaoireet. 2008. Verkkójulkaisu Sisäilmayhdistyksen sivuilla. Viitattu 2.11.2016.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Terveysvaikutukset/Sisailmaoireet>

Säteri, J. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön uudet tavoitearvot.
<http://whm12.louhi.net/~sisailma/wp-content/uploads/2013/03/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>

Tammirinne, M. 1975. Rakennusten perustaminen maanvaraan. Painuman laskeminen. Otaniemi: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, Liite 5. 2001. Ohje tiehallinnon sivuilla. Viitattu 5.11.2016. <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/pdf/2100002-01i.pdf>

Temafloor PU - Joustava pinnoite koviin rasituksiin. 2014. Tuotekuvaus Tikkurilan sivuilla 21.1.2014. Viitattu 16.11.2016.
http://www.tikkurila.fi/teollinen_maalaus/tuotteet/temafloor_pu#tuoteseloste

VTT. N.d. Testaus ja tarkastus. Viitattu 11.11.2016.
<http://www.vttexpertservices.fi/palvelut/testaus-ja-tarkastus>

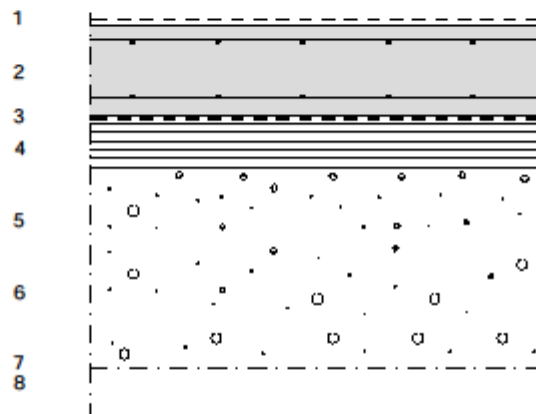
Weltner, A., Arvela, H., Turtiainen, T., Mäkeläinen, I. & Valmari, T. N.d. Radon sisäilmassa. https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja2_4.pdf/e4ad6bfe-b60f-4394-b6a5-049d9c63e148

Ympäristöministeriö. 2011. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilma ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012.
http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf

Liitteet

Liite 1. Rambollin tekemä korjausehdotus

Suunnittelija RAMBOLL	Tekijä		AP 1
	Päivä	Työnr.	
Rakennuskohde JYVÄSKYLÄN PAVILJONKI A-HALLIN LAAJENNUS	.04.2016	HKUR	
	Sisältö RAKENNETYYPPI		

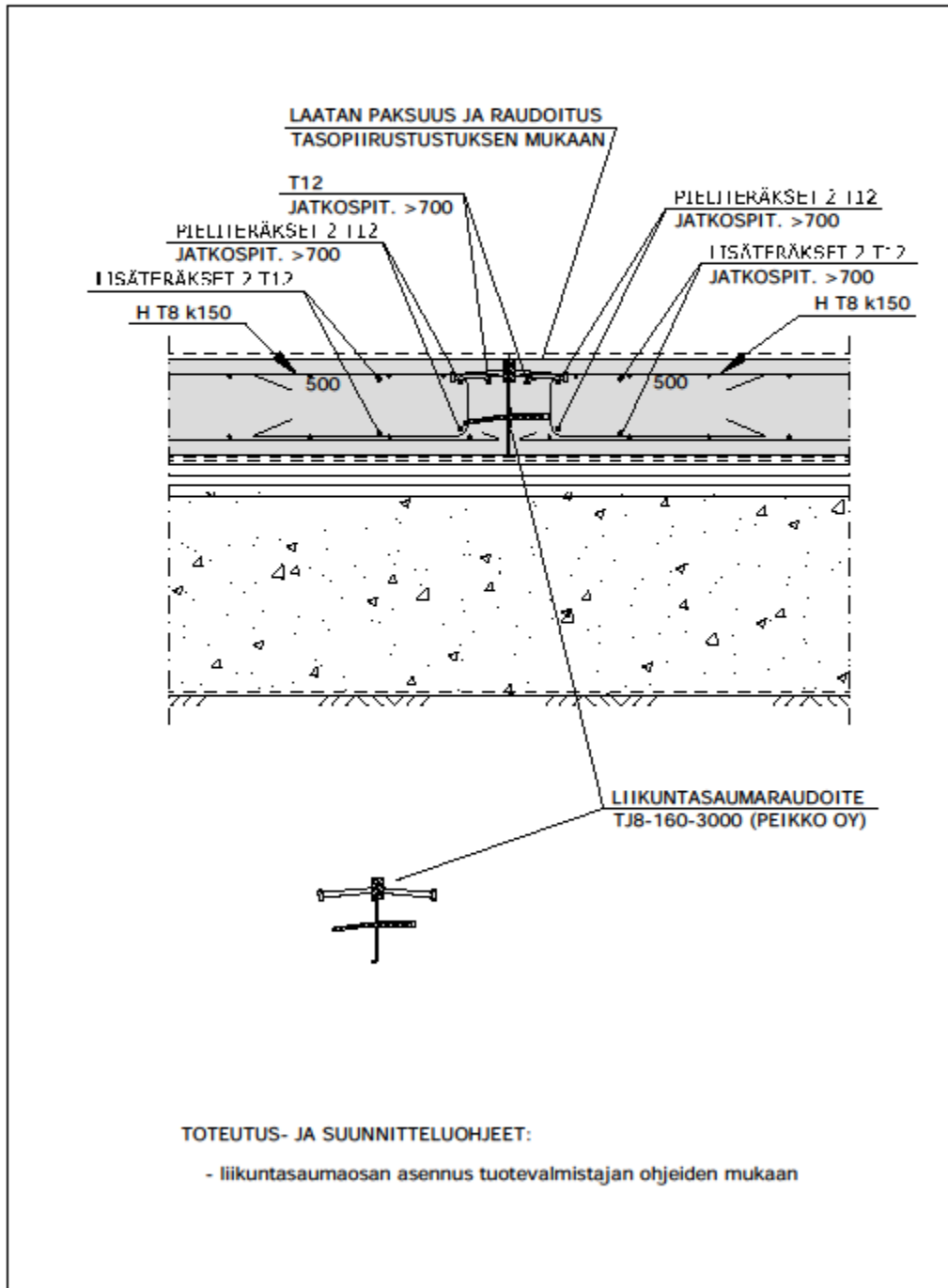


- 1 Pölynsidontakäsittely.
- 190 mm 2 Teräsbetonilaatta, betoni C25/30, rauditus T12 + 150 mp., BY45 luokka A-3-II, Betonimassaan lisäksi plastisen kulistumisen aiheuttamaa halko luvua vähentävää muovikuitua ~1 kg / bet. m³
- 0,3 mm 3 2* 0,15 mm muovikalvo (laakerointi)
- 50...100 mm 4 Nykyinen asfaltti
- 5 Nykyiset alustäylät / perusmaa

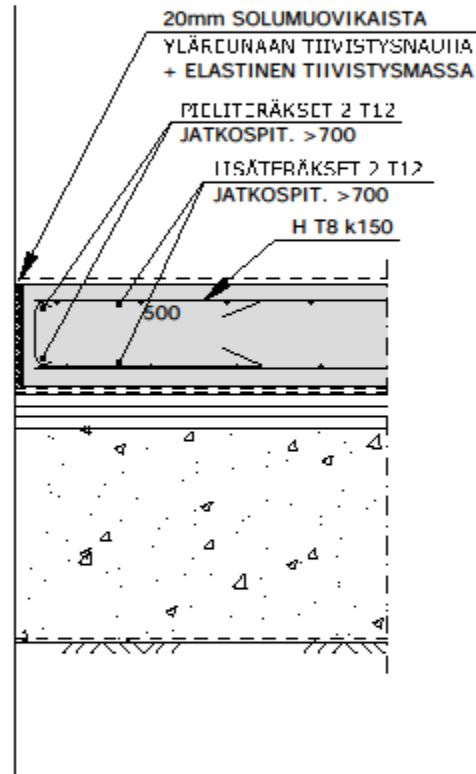
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

- betonilaatan suurin sallittu kosteuspitoisuus ennen pintamateriaalin asennusta, BY47 kohta 4.3.2 tai materiaalivalmistajan ilmoittama arvo, jos alempi
- betonilaatta toteutetaan puustavalla rakenteella irti ympäröivistä seinistä ja muista kantavista rakenteista sekä IV-laitteista ja putkista detaili- ja liitosten mukaan, työsaumat ja työsaumajako erikoisjärjestyksen mukaan. Betonilaatan yläpinnasta hiotaan sementtilimaa pois, ennen pölynsidontakäsittelyä.

Suunnittelija RAMBOLL	Tekijä Päivä .04.2016		DAP 1
	Tekijä HKUR	Rakennuskohde JYVÄSKYLÄN PAVILJONKI A-HALLIN LAAJENNUS	
		Sisäis LIIKUNTA-/KUTISTUMISSAUMA	



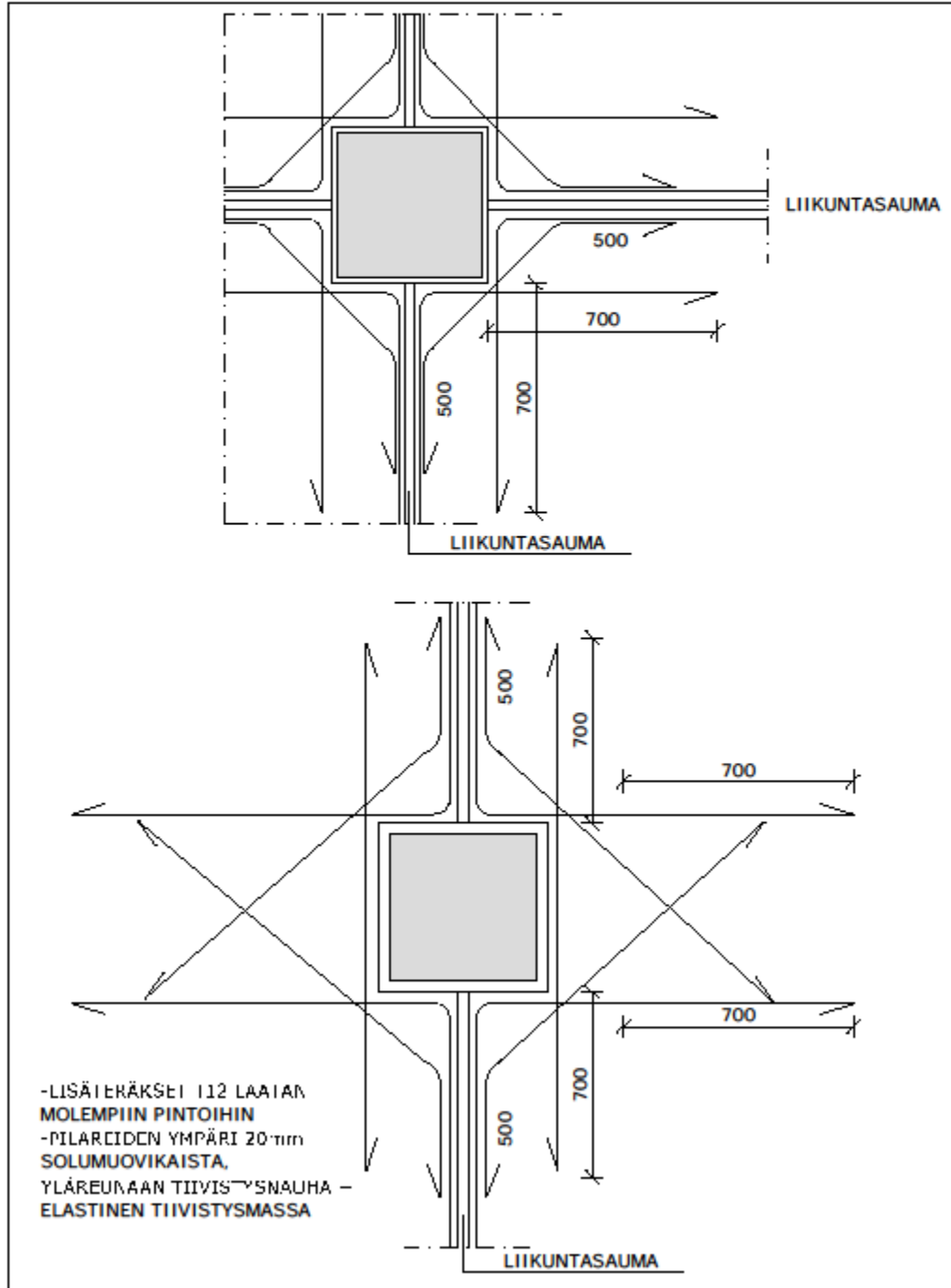
Suunnittelija RAMBOLL	Tarkkuus		DAP 2
	Päiväys .04.2016	Tekijä HKUR	
Rakennuskohde JYVÄSKYLÄN PAVILJONKI A-HALLIN LAAJENNUS	Sisältö LAAIAN LIITOS SEINÄÄN / PILARIN		



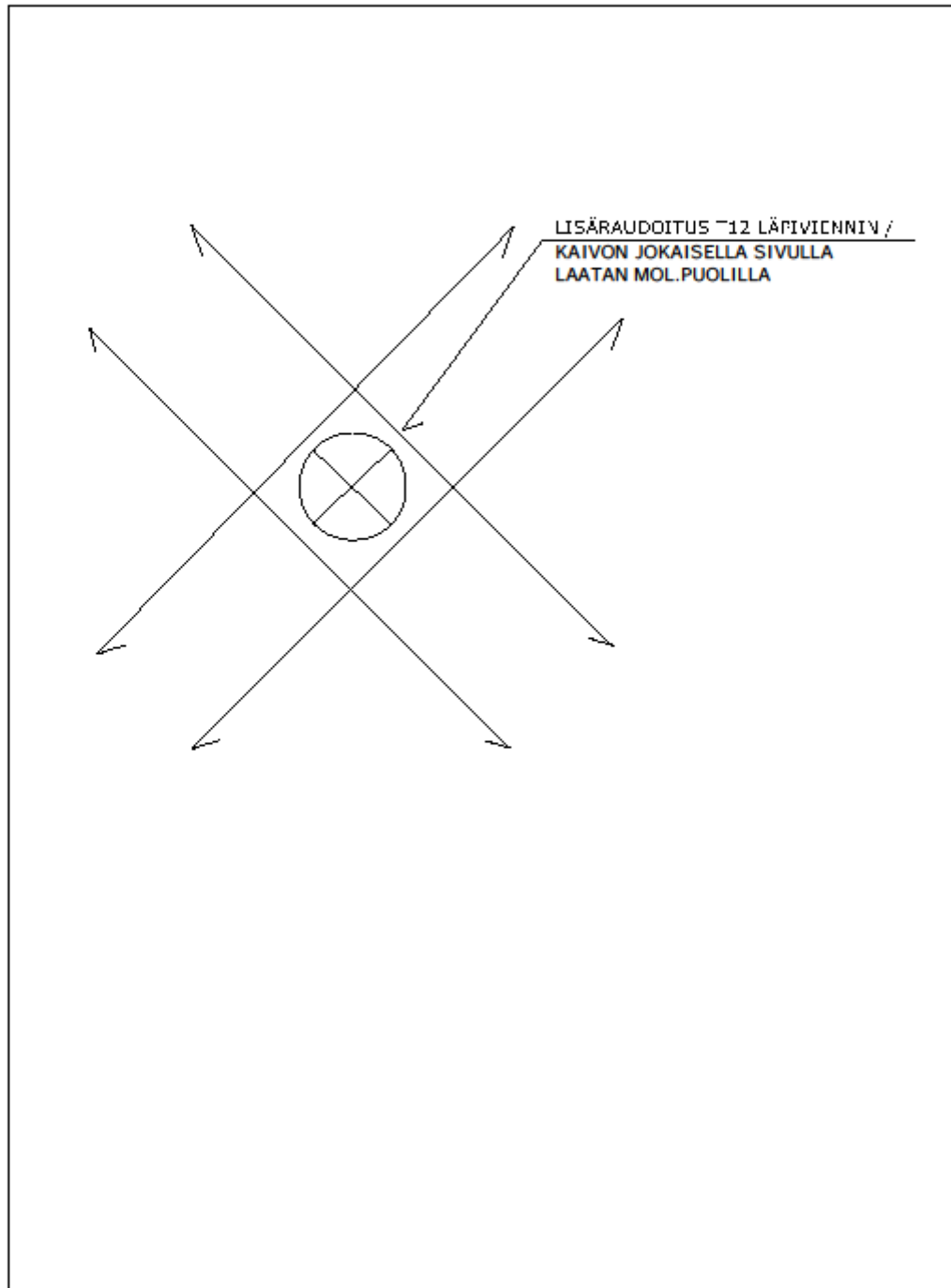
TOTEUTUS- JA SUUNNITTELUOHJEET:

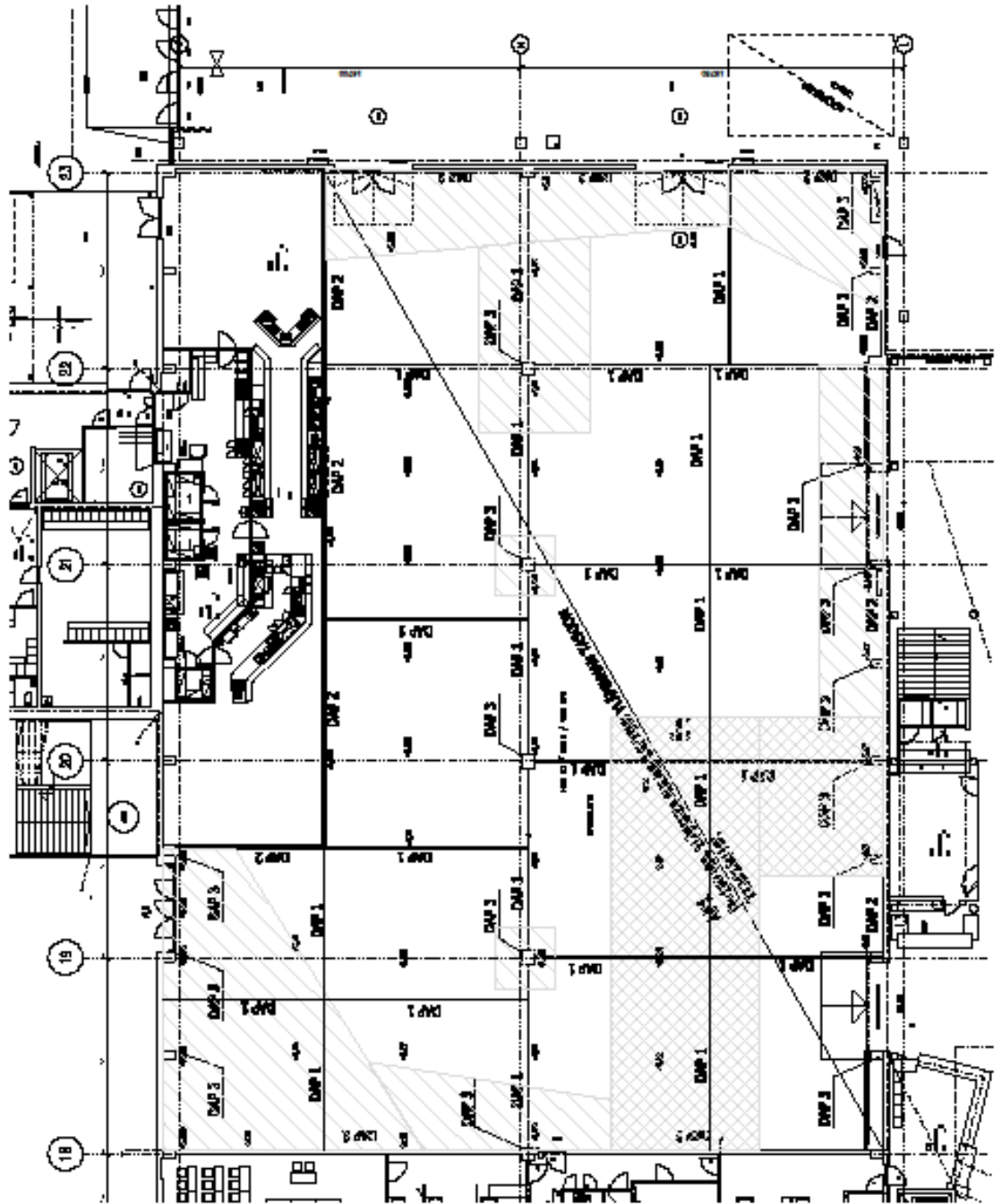
- liikuntasaumaosan asennus tuotevalmistajan ohjeiden mukaan

Suunnittelija RAMBOLL	Tekijä Päiväys 04.2016		DAP 3
	Tekijä HKUR	Rakennuskohde JYVÄSKYLÄN PAVILJONKI A-HALLIN LAAJENNUS	
		L. SÄRAJOOHTIUS PILARIN KOHDALLA	



Suunnittelija RAMBOLL	Tietokanta		DAP 4
	Päiväys .04.2016	Tekijä HKUR	
Rakennuskohde JYVÄSKYLÄN PAVILJONKI A-HALLIN LAAJENNUS	Sisältö LISÄRAUDOITUS KAIVUEN / LÄPIVIENNIN KOHILLA		







ALUE, JOSSA NYKYISEN LATTIAN PAINAUMIA TASATAAN BETONILLA



ALUE, JOSSA NYKYISEN LATTIAN YLÄPINTAA LEIKATAAN. LEIKATUILTA KOHDILTA POISTETAAN PERUSMAATA, SITEN ETTÄ ALUELLE SAADAAN TEHTYÄ VÄH. 150 MM TIIVISTETTY MURSKEPETI TULEVAN LATTIAN ALUSTAKSI. PERUSMAAN JA MURSKEEEN VÄLIIN ASENNETAAN KUITUKANGAS

- LATTIAN ALUSTAN ALUSTALUVUKSI ON OLETETTU 16 MN/m³
- HYÖTYKUORMA $Q_k = 7,5 \text{ kN/m}^2$
- FL 3 LUOKAN HAARUKKATRUUKKI (ILMATÄYTTIESET KUMIPYÖRÄT)
=> PISTEKUORMA 45 kN (RIL 201-1-2011, TAULUKKO 6.2S)
- YKSITTÄISEN AJONEUVON PAINO $\leq 10 \text{ t}$

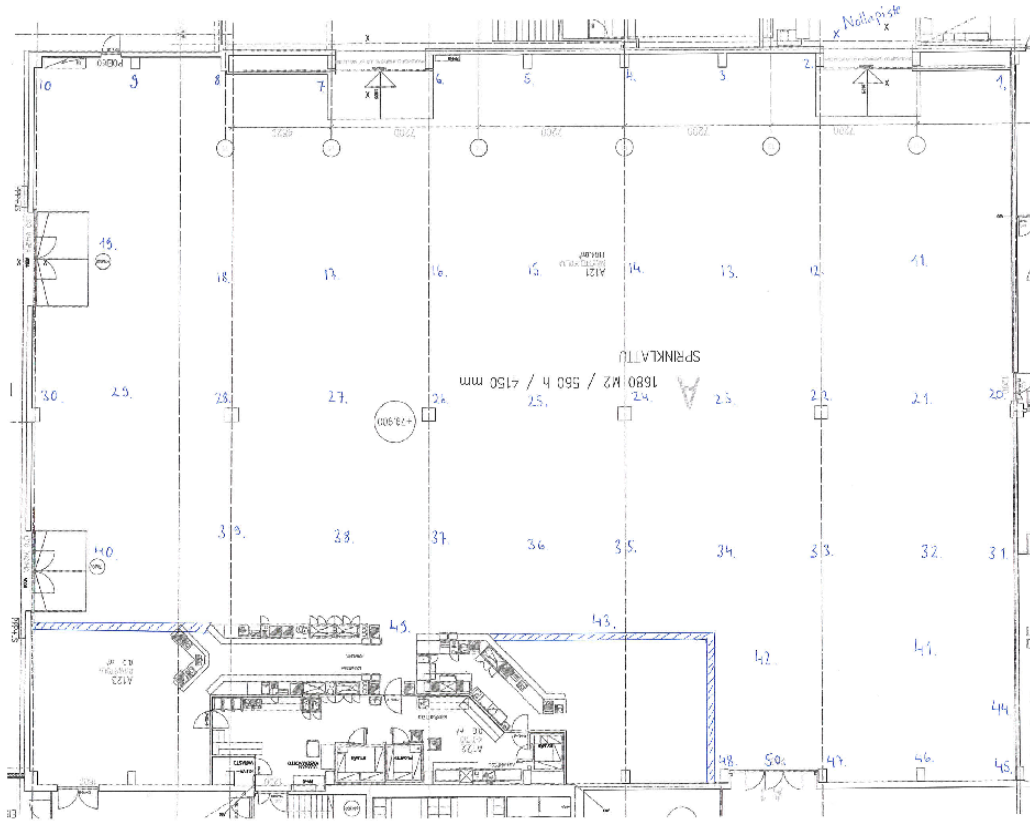
- UUSI LATTIA VALETAAN NYKYISEN ASFALTTILATTIAN PÄÄLLE. ASFALTTIIN TEHDÄÄN Ø150 MM AVAUKSIA 10 KPL, JOILLA VARMISTETAAN, ETTEI ASFALTIN ALLA OLE TYHJÄTILOJA. AVAUSTEN PAIKAT KATSOTAAN PAIKAN PÄÄLLÄ. MIKÄLI TYHJÄKOHTIA LÖYTYY, KARTOITETAAN KOKO HALLIN LATTIA PIENEMMÄLLÄ PORALLA. TYHJÄKOHTIEN ALUEILLA ASFALTTI POISTETAAN JA KOHDAT TÄYTETÄÄN TIIVISTETYLLÄ MURSKEEALLA.
- NYKYINEN LATTIA TASATAAN ALIMPIA KOHTIA TÄYTTÄMÄLLÄ JA YLIMPIÄ KOHTIA LEIKKAAMALLA, SITEN ETTÄ UUDEN LATTIAN VAHVUUDEKSI TULEE $\geq 190 \text{ MM}$
- NYKYISET LUISKAT PÜRETAAN
- UUSI LATTIAVALU IRROITETAAN ALUSTASTA 2*0,15 MM MUOVIKALVOLLA
- LATTIASSA MAHDOLLISET OLEVAT KAIVOT / KANSISTOT KOROTETAAN TULEVAN LATTIAN PINTAAN.
- UUDEN LATTIAN RAUDOITUS, T12#150 MP. RAUDOITUS VOIDAAN TOTEUTTAA IRTOTANGOILLA, VALMIILLA RAUDOITEVERKOILLA TAI RULLALLA TOIMITETTAVILLA MATTORAUDOITTEILLA TAI NÄIDEN YHDISTELMILLÄ. TERÄSTEN JATKOSPITUUTENA VERKKORAUDOITTEILLA 2 SILMÄVÄLIÄ JA IRTOTANGOILLA $\geq 800 \text{ MM}$. LISÄRAUDOITTEET JA SAUMAT ERILLISTEN DETALJIEN MUKAISESTI.
- TERÄSLAATU B500B (B500K, A500HW)

- BETONI:
 - BETONIN LUJUUS C25/30. MASSAAN LISÄTÄÄN, PLASTISEN KUTISTUMAN AIHEUTTAMAA HALKEILUA VÄHENTÄVÄÄ, MIKROPOLYPROPEENIKUITUA (~1KG/M³)
 - RASITUSLUOKKA XC1, SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ 50v.
 - BETONIPEITTEEN VÄHIMMÄISARVO 20 mm
 - MAKSIMIRAEKOKO #32, HUOM! MIKÄLI MASSAA PUMPATAAN, ON PUMPPULINJAN OLTAVA HALKAISIJALTAAN 100 MM (4 TUUMAA)
 - NOTKEUSLUOKKA S2
 - MASSA ON SUHTEUTETTAVA MAHDOLLISIMMAN VÄHÄN KUTISTUVAKSI
 - VALUN YHTEYDESSÄ BETONI ON TIIVISTETTÄVÄ HUOLELLISESTI

- JÄLKIHOITO:

JÄLKIHOITOON ON KIINNITETTÄVÄ ERITYISTÄ HUOMIOTA. JÄKIHOITO ALOITETAAN NS. VARHAISJÄLKIHOITONA JO BETONIPINNAN OIKAISUN YHTEYDESSÄ. VARSINAINEN JÄLKIHOITO ON ALOITETTAVA 10 MIN KULUESSA BETONIPINNAN VIIMEISTELYSTÄ. JÄLKIHOITONA KÄYTETÄÄN RUISKUTETTAVAA JÄLKIHOITOAINETTA JA TÄMÄN LISÄKSI VUOROKAUDEN KULUESSA, PINNAT PEITETÄÄN TIIVIISTÄ ASENNETUIILLA MUOVIKALVOILLA. JÄLKIHOITOA JATKETAAN KUNNES BETONI ON SAAVUTTANUT 70% NIMELLISLUJUUDESTA (20 °C LÄMPÖTILASSA ~10 vrk, 10 °C LÄMPÖTILASSA ~20 VRK)

Liite 2. Vaaituspöytäkirjan kartta



Liite 3. Haastattelu Milja Korhonen Jyväskylän Kongressikeskus Oy

Haastattelu Milja Korhonen 4.10.2016

1. Perustiedot

1.1 Nimi?

Milja Korhonen

1.2 Ammattinimike?

Tuottaja

1.3 Työnantaja?

Jyväskylän Kongressikeskus Oy

1.4 Työnkuva?

Paviljongin tilojen ja palveluiden myynti tapahtumien järjestäjille

1.5 Kuinka kauan olet työskennellyt kohteessa?

Tammikuu 2007 alkaen

1.6 Mihin hallia käytetään?

Erilasten tapahtumien ja messujen järjestämiseen, tilassa ei työskennellä täysipäiväisesti, ainoastaan tapahtumien aikana.

2. Lähtötiedot hallin käytöstä

Minkäläinen ohjeistus teillä on seuraavista osa-alueista:

2.1 Kuinka suuri halli on?

Noin 1700 m², vapaakorkeus on 4,2m

2.2 Lattian kantavuudesta, eli minkälaisella kalustolla hallissa saa ajaa?

Lattian hyötykuorma on 400 kg/m². Hallissa saa ajaa "nupilla", täysperävaunurekka ei mahdu kääntymään, mutta lattian kantavuuden pitäisi riittää. Lisäksi esimerkiksi kaivosteollisuuden messuilla, hallissa on ollut tätä painavampia laitteita esillä, tällöin lattiarakenne on levytetty jakamaan kuormaa suuremmalle alalle, laitteiden esilläolon ajaksi.

2.3 Hallin maksimihenkilömäärä?

Tekniset rajoitukset 1 300 henkilöä.

2.4 Hallin ilmanvaihtuvuus?

Maksimissaan 10 000 l/s tapahtumien aikaan. Normaalisti 3500 l/s, kun halli on tyhjillään.

2.5 Mikä on hallin käyttöaste?

Vuodessa noin 20 %, tapahtumat painottuvat yleensä keväälle ja syksylle.

2.6 Onko pidempiä ajanjaksoja, jolloin hallia ei käytetä?

Huoltotauot sijoittuvat yleensä heinäkuulle tai vuodenvaihteeseen, jolloin hallia ei käytetä. Pisin aika käyttämättä on yleensä Juhannuksesta Ralleihin, eli noin yksi kuukausi. On mahdollista että joinain kesinä halli on käyttämättä tätä pidempäänkin.

3. Kohteen ongelmat

3.1 Onko halkeilu aiheuttanut ongelmia?

On.

3.2 Mikäli on, minkälaisia?

Tapahtumissa, halkeamat ovat niin suuria ja epätasaisia että ne ovat turvallisuusriski hallin käyttäjille. Esimerkiksi iltajuhlia järjestettäessä, asiakkaiden korkokengät ovat ongelmallisia. Lisäksi halkeilu aiheuttaa kosmeettista häiriötä. Näiden vuoksi halli on usein matoitettava tapahtumien ajaksi. Tästä aiheutuu tällä hetkellä lisäkustannuksia tilan vuokralaiselle eli Jyväskylän Messut Oy:lle

3.3 Onko hallin sisäilmanlaadun kanssa ollut ongelmia?

Ei tiedossa.

3.4 Mikäli on, minkälaisia?

-

4. Mahdollisia kehittämissuhteita korjauksesta

Hallin lattian rakenteen tulisi olla sellainen että sen kantavuus ei saisi rajoittavaa tapahtumien järjestämistä. Sen ulkonäkö pitää olla siisti, jotta tilaa voidaan käyttää sellaisenaan tapahtumissa. Pintamateriaalin olisi hyvä olla tarpeeksi kestävä ja helposti puhdistettava. Korjaustoimenpiteet tulisi pystyä suorittamaan hallin normaalien käyttökatkojen aikana, jotta siitä ei aiheutuisi häiriötä tapahtumien järjestämiselle a-hallissa.