

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma/korjausrakentaminen ja rakennusrestaurointi

Aaro-Matti Pakkanen

MAANVARAISTEN ALAPOHJIEN VAURIOMEKANISMIT

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

PAKKANEN, AARO-MATTI	Maanvaraisten alapohjien vauriomekanismit
Opinnäytetyö	40 sivua +1 liitesivu
Työn ohjaaja	lehtori Ilkka Paajanen, päätoim. tuntiopettaja Marko Viinikainen
Toimeksiantaja	ympäristöministeriö
Maaliskuu 2011	
Avainsanat	maanvarainen alapohja, kosteusvauriot, riskirakenteet

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda esiin maanvaraisten alapohjien vauriomekanismeja. Tutkimuksessa kootaan 1950-luvulta nykyyhetkeen esiintyviä maanvaraisten alapohjien vaurioita pientaloissa. Työssä tutkitaan myös alapohjarakenteiden kosteuden lähteitä. Tutkimusmetodina käytettiin kirjallisuuskatsausta sekä Suomen rakentamista sääteleviä lakeja, määräyksiä ja ohjeita. Lisäksi tehtiin haastatteluja tuomaan mukaan kokemusta ja asiantuntijanäkemyksiä aiheesta.

Maanvaraisessa alapohjassa lattiarakenteet sijaitsevat kantavan maakerroksen päällä. Maanvarainen alapohja rakentuu alussorasta, lämmöneristeestä, betonilaatasta ja lattiarakenteista. Tavallisimmat perusratkaisut ovat reunapalkilla vahvistettu maanvarainen kantava laatta, perusmuuri ja maanvarainen alapohja. Kosteus aiheuttaa eniten ongelmia. Maanvarainen alapohja altistuu sisäisille ja ulkoisille kosteusrasituksille sekä rakennekosteudelle. Olosuhteilla, rakenneratkaisuilla sekä materiaalivalinnoilla on merkittävä vaikutus rakenteiden pitkäikäisyyteen, kestävyys, terveellisyyteen ja turvallisuuteen.

Yhteenvedon voidaan todeta, että vaurioita aiheutuu monista eri syistä ja usein niiden yhteisvaikutuksesta. Yhteistä vaurioille on, että niitä on erittäin vaikea havaita, ennaltaehkäistä ja korjata sekä ne aiheuttavat ikäviä terveyshaittoja ja aina suuria kustannuksia. On siis tärkeää suhtautua vakavasti jo suunnitteluvaiheessa kosteusvaurioiden ennaltaehkäisyyn.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

PAKKANEN, AARO-MATTI

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

March 2011

Keywords

Damage Mechanisms of Ground-Supported Base Floors

40 pages + 1 appendix page

Ilkka Paajanen, Senior Lecturer

Marko Viinikainen, Lecturer

Ministry of Environment

Ground-supported base floor, moisture damages, risk structures

The purpose of this thesis is to introduce damage mechanisms of ground-supported base floors. This study gathers information off different ground-supported damages of one-family houses from the 1950's up to the present day. Additionally, moisture sources of ground-supported structures were examined. The selected research methods were literary survey and the Finnish laws, rules and regulations. Furthermore, two interviews were conducted in order to get insight from experts in the field.

In a ground-supported base floor the floor structures are situated on top of the supporting ground. A ground-supported base floor consists of the gravel bedding course, heat insulation, the concrete slab and the floor. The most common basic solutions are ground-supported slab, fundament and ground-supported base floor. Humidity causes most problems. Ground-supported base floors are exposed to different internal and external moisture charges as well as to structural moisture. Circumstances, structural solutions and material selections have significant impact on the longevity of the structures, sustainability, healthiness and safety.

As a summary it can be said that damages are caused by different reasons and often by their combined effect. Common for all the damages is the difficulty to discover, prevent and fix them. In addition, the damages cause also health hazards and always high costs. Hence it is important to take the prevention of moisture damages seriously already in the planning phase.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

MÄÄRITELMÄT JA KÄSITTEET

1	JOHDANTO	1
2	ALAPOHJARAKENTEIDEN RAKENTAMISTA SUOMESSA SÄÄTELEVÄT MÄÄRÄYKSET, OHJEET JA LAIT	3
2.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132	3
2.2	Suomen rakentamismääräyskokoelma C2	4
2.3	RT-kortisto	5
2.4	Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL	6
2.4.1	Rakennuksen veden- ja kosteuden eristysohjeet	6
2.4.2	Pohjarakennusohjeet	7
2.4.3	Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus	7
2.5	Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1981 RYL 81	8
3	MAANVARAINEN ALAPOHJA	8
3.1	Maanvaraisten alapohjien kehitys	9
3.2	Maanvaraiset alapohjatyypit	10
3.3	Alapohjien ongelmat ja virheet	12
3.4	Maanvaraisten alapohjien kosteus- ja homevauriot	14
3.5	Maanvaraisten alapohjien kosteuslähteet	15
4	ALAPOHJIEN RISKIRAKENTEET	16
4.1	Yleisimmät vauriot ja vaurioitusmekanismit	16
4.2	Rakenne	18
4.3	Olosuhteet	21
4.4	Lämpötilat	22
4.5	Fysikaaliset ominaisuudet	23
4.5.1	Kapillaarisuus	23
4.5.2	Diffuusio	24

4.5.3 Radon	25
4.5.4 Ilman kosteus	25
4.5.5 Suhteellinen kosteus RH (%)	26
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	28

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset

MÄÄRITELMÄT JA KÄSITTEET

Absoluuttinen kosteus	Ilma rakennuksen ympärillä sisältää aina jonkin verran kosteutta. Ilman vesimäärää kutsutaan absoluuttiseksi kosteudeksi (Siikanen 1996, 55).
Diffuusio	Vesihöyryn diffuusio tarkoittaa kaasuseoksessa vakiokokonaispaineessa tapahtuvaa vesihöyryn molekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksen höyryn osapaine-erot (Leivo, Rantala 2002).
Hygroskooppisuus	Hygroskooppisuus tarkoittaa huokoisen aineen kykyä sitoa itseensä kosteutta ilmasta ja luovuttaa sitä takaisin ilmaan (Leivo, Rantala 2002).
Höyrynsulku	Höyrynsulku tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen vesihöyryn diffuusio rakenteeseen tai rakenteessa (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Kapillaarivirtaus	Kapillaarivirtaus tarkoittaa houkosalipaineen paikallisten erojen aiheuttamaa nesteen siirtymistä huokoisessa aineessa (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Kastepiste	Kastepiste tarkoittaa lämpötilaa, missä vesihöyry muuttuu vedeksi eli kondensoituu. Näissä tapauksissa ilman kosteus saavuttaa kyllästyskosteuden. (Siikanen 1996, 55.)
Kosteudeneristys	Kosteudeneristys tarkoittaa ainekerrosta, jonka pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen kosteuden siirtyminen kapillaarivirtauksena tai vesihöyry diffuusiona rakenteeseen tai rakenteessa (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Kosteus	Kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Kyllästyskosteus (kg/m ³)	Kyllästyskosteus tarkoittaa, että eri lämpöiset ilmat pystyvät sisältämään enimmillään tietyn määrän vesihöyryä. Suhteellinen kosteus on 100 %,

jossa ilma sisältää maksimimäärän vesihöyryä. Ilma sisältää sitä enemmän kosteutta, mitä lämpimämpää ilma on. (Siikanen 1996, 55.)

Kyllästyspaine	Kyllästyspaine on vesihöyryn suurin aikaansaama paine tietyssä lämpötilassa. Kyllästyspaine suurenee aina lämpötilan noustessa. Kyllästyspaine on suoraan yhteydessä kyllästyskosteuteen. (Siikanen 1996, 55).
Märkätila	Märkätila tarkoittaa huonetilaa, jonka lattiapinta joutuu tilan käyttötarkoituksen vuoksi vedelle alttiiksi ja jonka seinäpinnoille voi roiskua tai tiivistyä vettä (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Pintavesi	Sade on pintaveden pääasiallinen lähde. Suomessa vuotuinen sademäärä on keskimäärin 600 mm eli $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Pintaveteen vaikuttavat maaston muodot, kasvillisuus, rakennuksen sijainti maastossa ja maan pintamateriaalit. Noin 20 % pintavedestä painuu maakerrokseen, 30 % virtaa jokiin, järviin tai mereen ja suurin osa 50 % haihtuu takaisin ilmaan. (Leino, Rantala 2000.)
Pohjavesi	Pohjavedellä tarkoitetaan vettä, joka esiintyy pysyvästi vain maanpinnan alla kallio- ja maaperässä. Pintavesi on yleensä yhteydessä pohjaveteen. Pintavedestä muodostuu pohjavettä, kun pintavettä imeytyy maahan. (Siikanen 1996, 52.)
Rakennuskosteus	Rakennuskosteus tarkoittaa rakennusvaiheen aikana tai sitä ennen rakenteisiin tai rakennusaineisiin joutunutta rakennuksen käytönaikaisen tasapainokosteuden ylittävää kosteutta, jonka tulee poistua (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Routa	Roudalla tarkoitetaan maassa (maan huokosissa) olevan veden jäätyneen takia kovettunutta (jäätynyttä) maakerrosta (Rakennustieto 1997, 9).
Ryömintätila	Ryömintätila tarkoittaa rakennuksen alapohjan, sokkelin ja perusmaan rajoittamaa tarkoituksellisesti järjestettyä ilmatilaa (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).

Salaojituskerros	Salaojituskerros tarkoittaa maaperän kuivattamiseksi pintamaan alle tehtyä vettä johtavaa rakennetta tai karkearakeista maa-aineskerrosta, jota pitkin vesi voi siirtyä kuivatettavalta alueelta valumalla tai pumppaamalla (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Salaojajärjestelmä	Salaojajärjestelmä tarkoittaa salaojaputkien, salaojituskerrosten, salaojakaivojen, tarkastusputkien ja kokoojakaivojen muodostamaa sekä tarvittaessa padotusventtiilillä tai pumppauksella varustettua järjestelmää rakennuksen pohjan tai vastaavan kuvattamiseksi (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Salaojaputki	Salaojaputki tarkoittaa salaojituskerroksessa käytettävää putkea, johon vesi pääsee ympäristöstä putken seinämässä olevien reikien läpi (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Vedeneristys	Vedeneristys tarkoittaa ainekerrosta, joka saumoineen kestää jatkuvaa kastumista ja jonka tehtävä on estää nestemäisen veden haitallinen tunkeutuminen rakenteeseen painovoiman vaikutuksesta tai kapillaarivirtauksena, kun rakenteen pinta kastuu (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Vesihöyry	Vesihöyry tarkoittaa vettä kaasumaisessa olomuodossa (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Vesihöyryn diffuusio	Vesihöyryn diffuusio tarkoittaa kaasuseoksen (esim. ilma) sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikkeessä kokonaispaine-eron vaikutuksesta (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma).
Vuodot	Yleensä vuodot johtuvat huonosta suunnittelusta ja toteutuksesta. Rakenteelliset virheet esiintyvät lämmitys- ja käyttövesiputkistoissa, joista vuodot saavat alkunsa. Vuotoja esiintyy kattojen, terassien, parvekkeiden ja märkätilojen vesieristyksissä ja liittymissä toisiin rakenteisiin. (Siikanen 1996, 52.)

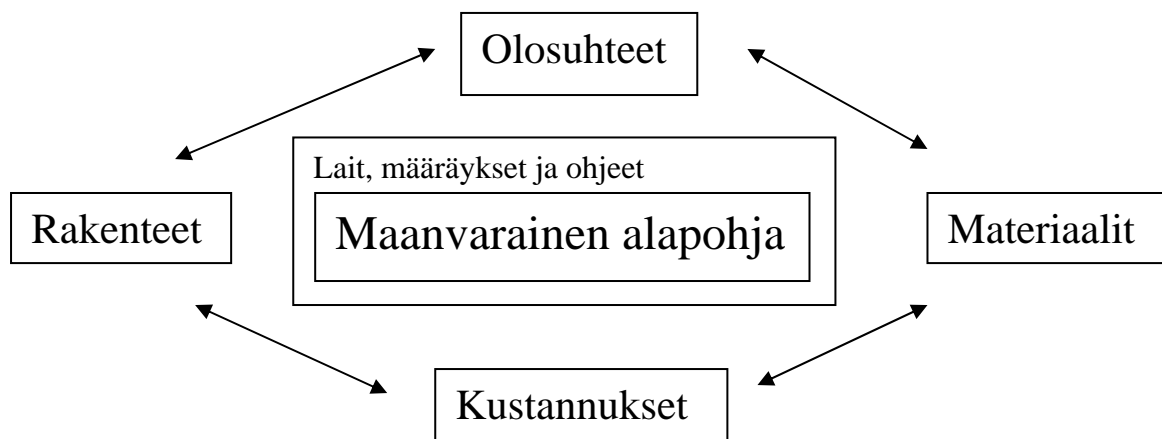
1 JOHDANTO

Kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamille epäpuhtauksille altistuu päivittäin 600 000 – 800 000 suomalaista (Kosteus- ja hometalkoot 2010 – 2014). Vuonna 2010 aloitetut kosteus- ja hometalkoot tähtäävät maamme rakennuskannan tervehdyttämiseen. Tämä opinnäytetyö on osa näitä talkoita.

Tervehdyttämisenä voidaan pitää kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamien terveyshaittojen vähentämistä sekä uusien vaurioiden syntymisen estämistä. Lähes puolessa maamme kiinteistöistä on liiallista kosteutta, ja siitä johtuvat ongelmat vaikuttavat suomalaisten terveyteen. Niinpä terveydenhuollon kustannukset nousevat suuriksi. Vuosien 2010 – 2014 aikana kosteus- ja hometalkoot elvyttävät rakennuskantaamme piinaavaa homeongelmaa järein keinoin.

Opinnäytetyön aiheena on maanvaraisten alapohjien vauriomekanismit. Rakennetuista alapohjista yli 70 % on maanvaraisia laattoja (Rakennuslehti 2005). Opinnäytetyö koostuu vakavimmat virheet sekä pohtii vaurioiden syitä. Tutkimuksessa kartoitetaan 1950-luvulta nykypäivään asti maanvaraisten alapohjien vaurioita pientaloissa. Voimassa olevat asetukset ja lait kuuluvat oleellisena osana työhön.

Kuvassa 1 esitellään tutkimuksen aihepiiri ja sen keskeisimmät käsitteet.



Kuva 1. Tutkimuksen pääkäsitteet (mukaiillen Leivo 1998.)

Maavaraisten alapohjien yleisimmät ongelmat johtuvat lähes poikkeuksetta olosuhteista, materiaaleista, rakenteista sekä kustannuksista. Kaikki rakentaminen perustuu

lakiin. Kuntakohtaisesti rakentamista ohjataan ja täydennetään määräyksillä ja ohjeilla. Kunnallinen rakennusvalvonta koostuu viranomaisista, jotka valvovat, että hyväksytyt lupa- ja rakenneratkaisuja noudatetaan. Materiaaleissa esiintyvät vauriot aiheuttavat asukkaille sekä terveysongelmia että kalliita korjaus- ja sairauskustannuksia. Rakenneratkaisujen ongelmat lisäävät korjaustarvetta, ja tämän vuoksi mahdollisten korjausvirheiden riski kasvaa. Ylimääräiset korjaus- ja kunnossapitovirheet lisäävät luonnollisesti kustannuksia. Suomen neljä vuodenaikaa ovat hyvin erilaisia, joten olosuhteet vaihtelevat jatkuvasti ja aiheuttavat erityisiä lisävaatimuksia rakenteille ja materiaaleille. Olosuhteista aiheutuvat ongelmat vaikuttavat materiaaleihin ylimääräisenä kosteutena, jota aiheuttavat esimerkiksi lumien sulamisvedet sekä sadevedet. Olosuhteiden pakosta aikataulut saattavat tiukentua, mikä näkyy kiireenä rakentamisessa, ammattitaidon puutteena, kustannussäästöissä sekä suunnittelun puutteellisuutena. Nämä kaikki mahdollistavat vauriomekanismien synnyn maanvaraisessa alapohjarakenteessa.

Tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisuustutkimusta sekä alan asiantuntijoiden haastatteluja. Lähteinä käytettiin alan ammattijulkaisuja sekä Suomessa säädettyjä lakeja, määräyksiä ja ohjeita. Haastatteluilla haluttiin tuoda esiin asiantuntijoiden näkemyksiä maanvaraisten alapohjien ongelmista. Kuvilla esitellään ja selkeytetään ongelmia. Tutkimus luovutetaan työn tilaajalle, ympäristöministeriölle 31.5.2011.

Tämän opinnäytetyön sisältö on seuraava. Tässä ensimmäisessä luvussa esitellään tutkimuksen tausta ja aihepiiri. Seuraavassa luvussa käsitellään Suomessa voimassa olevat lait, määräykset ja ohjeet. Luvussa kolme perehdytään maanvaraiseen alapohjaan. Neljännessä luvussa tuodaan alapohjien riskirakenteet esille. Viimeisessä luvussa vedetään tutkimukseen johtopäätökset.

2 ALAPOHJARAKENTEIDEN RAKENTAMISTA SUOMESSA SÄÄTELEVÄT MÄÄRÄYKSET, OHJEET JA LAIT

Maankäyttö- ja rakennuslait yhdessä rakennusasetuksen kanssa luovat perustan kaikelle rakennustoiminnalle Suomessa. Yleisiä määräyksiä ja ohjeita julkaistaan rakentamismääräyskokoelmassa täydentämään lakia ja asetusta. Laissa sekä asetuksessa määritellään rakentamista koskevat vähimmäisvaatimukset ja luvanvaraisuus. Rakennuslakiin perustuvaa valvontaa nimitetään rakennusvalvonnaksi. Sitä suorittavat rakennusvalvonnanviranomaiset. Hyvä ja terveellinen rakentaminen perustuu lain ja asetuksen noudattamiseen sekä ammattimaiseen rakentamiseen ja laatuun. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999.)

2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132

Maankäyttö- ja rakennuslain yleinen tavoite on kirjoitettu: ”Tämän lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävää kehitystä. Tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa.”

Rakentamisen ohjauksen ja suunnittelun tavoitteena on edistää:

1. hyvän ja käyttäjien tarpeita palvelevan, terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sekä sosiaalisesti toimivan ja esteettisesti tasapainoisen elinympäristön aikaansaamista;
2. rakentamista, joka perustuu elinkaariominaisuuksiltaan kestäviin ja taloudellisiin, sosiaalisesti ja ekologisesti toimiviin sekä kulttuuriarvoja luoviin ja säilyttäviin ratkaisuihin;
3. rakennetun ympäristön ja rakennuskannan suunnitelmallista ja jatkuvaa hoitoa ja kunnossapitoa. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999.)

2.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma C2

Rakentamismääräyskokoelman yksi osa-alue keskittyy kosteustekniseen toimintaan. Sen mukaan rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, etteivät sisäisistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeudu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin. Rakenteen on tarvittaessa kyettävä kuivumaan haittaa aiheuttamatta tai rakenteen kuivattamiseen esitetään suunnitelmissa menetelmä. (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998, 3.)

Rakennusmääräyskokoelmassa on hyvin yksiselitteisesti määritelty terveelliset ja turvalliset rakenneratkaisut. Käytännössä ohjeiden noudattaminen on usein vaikeaa, koska rakennusmääräyksiä ei tunneta riittävästi tai niihin suhtaudutaan välinpitämättömästi. Esimerkiksi talvella runsaan lumen jättäminen sulamaan rakennuksen seinien vierustalle on aina kosteustekninen riski.

Salaojitusta koskevan rakennusmääräysohjeen mukaan rakennuspohja on salaojitettava veden kapillaarivirtauksen katkaisemiseksi ja pohjavedenpinnan pitämiseksi riittäväällä etäisyydellä lattiasta tai ryömintätilan maanpinnasta sekä maahan imeytyvien pintavesien johtamiseksi pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. Rakennuksen salaojajärjestelmään ei saa johtaa pintavesiä eikä katolta valuvia vesiä. Rakennuspohjaa ei tarvitse salaojittaa, mikäli erikseen selvitettyinä perusmaan vedenläpäisykyky todetaan riittävän hyväksi eikä korkein pohjaveden korkeus ole haitallinen. Lisäksi on ohjeita salaojituskerroksissa käytettävistä materiaaleista. Salaojituskerros voidaan tehdä vettä hyvin läpäisevästä tasarakeisesta seulotusta luononkiviaineksesta, sepelistä, pestystä singelistä tai muusta materiaalista. (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998, 6.)

Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 (1998) määrää rakennuksen maanvastaisesta alapohjasta seuraavasti: Kellarin lattiaa lukuun ottamatta maanvastaisen lattian yläpinnan on oltava vähintään 30 cm rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella. Vähäinen poikkeus on mahdollinen erityisestä syystä. Tässä tapauksessa perustusten kuivatuksen ohella on huolehdittava perusmuurin suojaamisesta ulkopuolelta kosteudelta. Maanvastaisen alapohjan rakenteista annetaan seuraavia ohjeita:

- Alapohjan lämmöneristys sijoitetaan kokonaan tai pääosin pohjalaatan alle. Lattian puurakenteet erotetaan bitumikermikaistalla tai vastaavalla materiaalilla alapuolisen laatan ja sokkelin rakenteista. (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998, 7.)
- Höyrinsulun tarve ja sijoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon betonilaatan kuivumismahdollisuus. Lahoavia materiaaleja ei saa jättää höyrinsulun alapuolelle. (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998, 8.)
- Maapohjalle, tulevan lattiarakenteen alle, levitetään vähintään 0,2 m paksu, kosteuden kapillaarisen nousun katkaiseva kerros, kuten sepeli- tai pesty singelikerros. Kerroksen alle levitetään tarvittaessa suodatinkangas, mikäli perusmaa on savea tai silttiä. (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998, 8.)
- Milloin laatan yläpinta on erityisestä syystä viereiseen maanpintaan verrattuna alempana kuin 0,3 m maanpinnan yläpuolella, varmistetaan sokkelin vedeneristyksellä sekä tehokkaalla pintavesien poisjohtamisella ja salaojituksella, ettei sade- ja sulamisvesiä tunkeudu ja siirry lattia- ja seinärakenteisiin. (C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma 1998, 8.)

2.3 RT-kortisto

RT-kortisto pyrkii hyvään rakentamistapaan rakentamismääräyskokoelman ohella. Alunperin sitä julkaisi Suomen Arkkitehtiliitto. Vuonna 1972 perustettiin Rakennussäätiö, johon yhdistyivät vuonna 1932 perustettu Helsingin Rakennusmestarien säätiö sekä vuonna 1942 perustettu Suomen Arkkitehtiliitto-SAFA:n Asemakaava- ja Standardisoimislaitos. Tämä vastaa nykyisin RT-ohjekortin toimittamisesta. Ohjekortit on laadittu yhteistyössä asiantuntijoiden, rakennusalan eri järjestöjen ja viranomaisten kanssa. RT-kortteja pidetään ja on pidetty yleisesti hyvän rakentamistavan määrittelijänä. (Pirinen 1999, 24.)

RT-säännöstiedosto on kokoelma rakentamista koskevista valtakunnallisista rakennusmääräyksistä. Tarkoituksena on pitää suunnittelijat tietoisina nyky määräyksistä. RT-tarviketiedostossa on kysymys lähinnä tuote-esittelystä. Tiedot perustuvat tuotteiden valmistajien antamiin tietoihin. (Pirinen 1999, 24.)

2.4 Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL

RIL on vuonna 1934 perustettu valtakunnallinen järjestö, jonka julkaisut muodostavat RT-kortiston tapaisen hyvän rakentamistavan tietolähteen. Perustajana toimi rakennus- ja kiinteistöalan diplomi-insinöörien ja teekkareiden järjestö. Nämä rakennustekniset ohjekirjat on tarkoitettu koulutuksen saaneiden suunnittelijoiden käyttöön. (Pirinen 1999, 24.)

2.4.1 Rakennuksen veden- ja kosteuden eristysohjeet

Rakennuspohjan salaojituksesta on kirjoitettu seuraavia ohjeita: Salaojakerrokset salaojaputkineen sijoitetaan normaalisti rakennuksen ympärille ja tarvittaessa myös rakennuksen alle. Salaojaputkien korkeimman kohdan tulee olla vähintään 0,4 m viereisen tai yläpuolisen maanvastaisen lattian alapinnan alapuolella. Maanvastaisen lattia-rakenteen alapinnalla tarkoitetaan salaojituskerroksen ja itse rakenteen rajakerrosta. Jos salaojituskerroksena on esim. kevytsora, tarkoitetaan lattian alapinnalla kevytsoran yläpintaa. Alapohjan alla salaojaputken tulee olla kapillaarisen nousun katkaisevan salaojituskerroksen alapuolella. Viereisen seinänturan tai matalaan perustetun perusmuurin anturaan nähden salaojaputken yläpinnan on oltava joka kohdassa sen alapintaa alempana. Mikäli salaojaa ei voida asentaa seinänturan tai perusmuurianturan alapuolelle, on mahdollista tehdä perustusrakenteisiin vaakasuuntainen kapillaarikatko salaojaputken yläpuolelle. (RIL 107 2000, 119–120.)

Salaojaputken ympärillä olevan salaojituskerroksen paksuuden tulee olla putken ympärillä vähintään 0,1 m ja sen päällä vähintään 0,2 m. Perusmuuria, sokkelipalkkia tai kellarin seinää vasten olevan pystysuuntaisen salaojituskerroksen paksuussuositus on vähintään 0,2 m. Salaojituskerros tulee erottaa perusmaasta kuitukankaalla. Pystysuuntainen salaojituskerros ei yleensä poista perusmuurin, sokkelinpalkin ja kellarin seinän vedeneristystarvetta. Pystysuuntaisena salaojituksena käytetään myös synteettistä salaojaa. Synteettistä salaojaa valittaessa on tarkastettava, että tuotteen lujuus ja veden johtokapasiteetti vastaavat käyttötilan kuormitusolosuhteita. (RIL 107 2000, 120–121.)

Maanvastaisia alapohjia ohjeistetaan seuraavasti: Vesihöyryn kulkeutumisen mahdollisuus maapohjasta ylöspäin on huomioitava lattian pintarakenteissa erityisesti pinta-

alaltaan suurissa alapohjissa, joissa maapohjan lämpötila on lähellä maanvaraisen betonilaatan lämpötilaa, sekä rakennuksissa, joissa maanvaraisen laatan alla kulkee lämpöputkia. Maanvaraisissa lattioissa suositellaan käytettäväksi lämmöneristettä kauttaaltaan koko alapohjan alueella. (RIL 107 2000, 122.)

Mikäli lattian yläpinta on jostain syystä lähes viereisen maanpinnan tasolla, tai ainoastaan 0,3 m tai vähemmän sen yläpuolella, varmistetaan sokkelin vedeneristyksellä sekä tehokkaalla pintavesien poisjohtamisella ja salaojituksella, ettei sade- ja sulamisvesiä tunkeudu ja siirry lattia- ja seinärakenteisiin (RIL 107 2000, 122).

2.4.2 Pohjarakennusohjeet

Rakennuspohjan pysyvää kuivatusta käsittelevän osan mukaan rakennuspohja on pidettävä kuivana, ettei rakennuksen tiloihin keräydy vettä eikä alapohjarakenteisiin synny kosteusvauroita. Rakennuspohja pidetään kuivana johtamalla vesi salaojiin. Edullisissa olosuhteissa kuivatukseen riittää pelkkä salaojituskerros. Rakennuspaikan salaojituksen rakentaminen ja suunnittelu esitetään tarkemmin julkaisussa RIL 126 – Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus. (RIL 121. 1998.)

2.4.3 Rakennusten ja tonttialueiden kuivatus

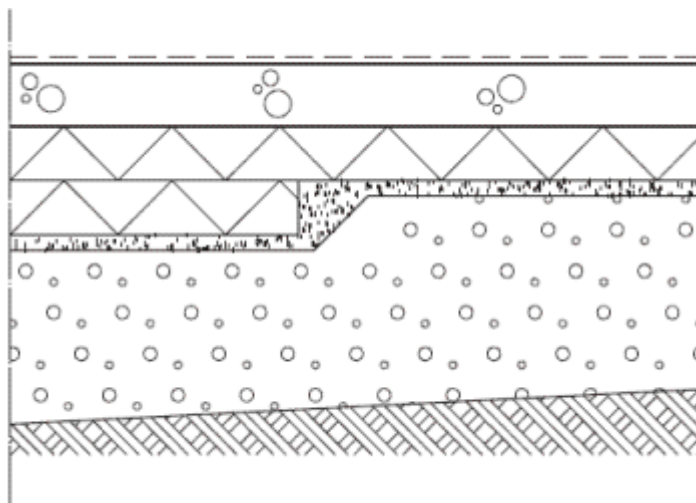
Kuivatuksen tarve on aina huomioitava. Huonetilat, kosteudelle arat rakenteet ja lämpöjohdot ym. on aina suojattava kosteuden vaikutuksilta. Kuivatustoimenpiteet eivät aina yksin riitä kosteushaittojen torjumiseen. Joskus on kuitenkin mahdollista selvittää ilman mitään kuivatustoimenpidettä. Usein tarvitaan erilaisia rakenteellisia ratkaisuja, jotka ovat eri asiantuntijoiden, kuten arkkitehtien, rakenne- tai LVI-suunnittelijoiden tehtäviä. Tällaisia ovat esimerkiksi ulko- tai sisäilman kosteudesta ja tiivistymisestä tai sisäisistä kosteuslähteistä aiheutuvien kosteushaittojen torjuminen. Kuivatustoimenpitein voidaan säädellä vain maassa ja maan pinnalla liikkuvan veden kulkua ja katkaista kapillaarinousu. Yleisin ratkaisu on rakentaa sorakerros maanvaraisen lattian alle katkaisemaan pohjaveden kapillaarinen nousu, unohtamatta salaojia. (RIL 126 1979, 21–22.)

2.5 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1981 RYL 81

RYL 1960-ohjeistoa alettiin julkaista osana RT-kortistoa. Se sisälsi rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia. Se valmistui hitaasti, eikä sillä ollut missään vaiheessa paljon käyttäjiä. 1970-luvulla tehdyn voimakkaan kehitystyön tuloksena saatiin seuraajaksi Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1981, RYL 81. (Pirinen 1999, 25; RYL 81 1981, 4.)

3 MAANVARAINEN ALAPOHJA

Maanvaraisessa alapohjassa lattiarakenteet lepäävät kantavan maakerroksen päällä ilman tuuletettua ilmväliä. Maanvarainen alapohja koostuu alussorasta, lämmöneristeestä, betonilaatasta ja lattianpäällysteestä. Rakennekerrosten sijainti voi vaihdella kohteittain. Suomessa omakotirakennuksissa maanvarainen alapohja otettiin käyttöön 1950-luvulta alkaen. Routaeristys tuli käyttöön vasta 1970-luvun loppupuolella. Omakotitalot perustettiin joko reunapalkilla vahvistetulle kantavalle teräsbetonilaatalle tai teräsbetoniselle perusmuurille. Perustusten lämmöneristys sijoitettiin reunapalkin sisään tai sokkelihalkaisuna perusmuuriin. Ratkaisuihin jäi huomioimatta perustusten reunaosien lämmöneristys. (Korander, Sarin 1988, 87; Siikanen 1998, 163.)



Kuva 2. Maanvarainen alapohja (Maanvaraisten betonialapohjien työohjeen kehittäminen 2006.)

Tyypillinen maanvarainen alapohjarakenne on kuvassa 2. Rakennekerrokset ylhäältä alaspäin ovat lattiapinnoite, betonilaatta, lämmöneriste, tasaushiekka, kapillaarikatko sekä pohjamaa.

3.1 Maanvaraisten alapohjien kehitys

1900-luvun alkupuoliskolla pientalojenrakentaminen oli volyymitaan tasaista ja hiljaista. Se mahdollisti, että rakennuspaikat valittiin pääasiassa maaston mukaan. Kallioiden ja mäkien päälle oli hyvä rakentaa, sillä ulkopuoliset vedet ohjautuivat luonnostaan rakennuksista pois päin. Sisäpuoliset vedet eivät aiheuttaneet myöskään ongelmia, koska asuinrakennuksissa ei ollut sauna- tai pesutiloja puhumattakaan sisä-wc:stä tai pyykinpesukoneesta. (Lehti, Ristola 1990, 40.)

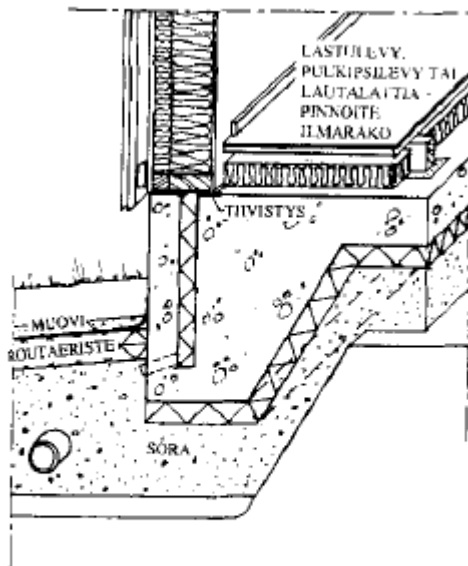
Ensimmäinen suuri kehitys tapahtui toisen maailmansodan jälkeen, kun ns. asevelikylät rakennettiin. Maanvarainen alapohja todettiin hyväksi käytännössä, sillä se oli nopea ja taloudellinen ratkaisu. Matalaperustuksien kehittäminen käynnistyi runsaan käytön seurauksena. (Lehti, Ristola 1990, 40.)

1960-luvulla yleistyi muutto maaseudulta kaupunkiin. Asuntojen tarve lisääntyi hyvin nopeasti kaupungeissa taloudellisen kasvun myötä. Tämä vilkastutti pientalojen ja kerrostalojen rakentamista merkittävästi. Kaupungit ja kunnat kaavoittivat vauhdikkaasti tontteja uusiksi rakennuspaikoiksi. Kaavoitetut alueet saattoivat olla peltoja tai muuten kosteita maa-alueita, eikä rakennuspaikkoja enää voinut valita maaston mukaan. (Lehti, Ristola 1990, 40.)

Rakenteellisena perustusratkaisuna matalaperustus kehittyi nopeasti. Pientalot rakennettiin pääasiassa omatoimirakentamisena ja talkootyönä, sillä se oli taloudellisin ja toteutuskelpoisin ratkaisu. Taloudellisuus ohjasi myös erilaisiin matalaperustussovellutuksiin, joista suosituimmaksi kehittyi valesokkeli. Valesokkelit kehittyivät käytössä, ja niitä käytettiin lähes poikkeuksetta mm. rinneratkaisuissa tai kun rakennettiin taloudellisesti. Mahdollisista kosteusvaurioista tai niiden uhista ei ollut sen enempää tietoa kuin kokemustakaan. Seuraava merkittävä muutos tapahtui 1970-luvun puolivälissä, kun öljykriisin vuoksi lämmöneristyksen merkitys lisääntyi radikaalisti.

3.2 Maanvaraiset alapohjatyyppit

Tavallisimmat maanvaraiset perusratkaisut ovat reunapalkilla vahvistettu maanvarainen kantava laatta, perusmuuri ja maanvarainen alapohja. Omakotitaloissa käytetään perustustavan mukaan kahta alapohjaratkaisua. Ratkaisut poikkeavat toisistaan lämmöneristysten sijainnin kannalta. Lämmöneristys on joko lattialaatan ylä- tai alapuolella. (Björkholtz 1997, 113; Rakenna oikein 2008, 97.)

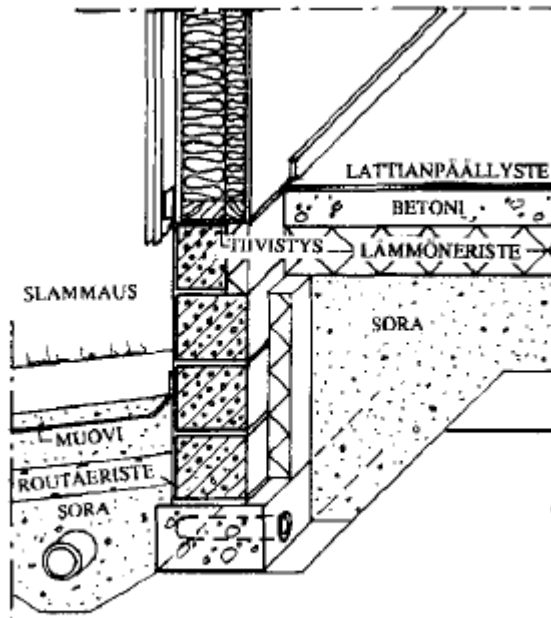


Kuva 3. Lämmöneristys sijaitsee lattialaatan yläpuolella, rakenne ei vastaa RakMK C2:n ohjetta (Rakenna oikein 2008.)

Lämmöneristysten sijaitessa lattialaatan yläpuolella teräsbetoni-laatta valetaan hyvin tiivistetyn ja tasatun sorakerroksen päälle. Paksuudeltaan sorakerros on vähintään 200 mm. Sorakerroksen tarkoitus on estää kapillaarinen vedennousu maaperästä betoni-laattaan. Perinteisesti lämmöneristys on sijoitettu betoni-laatan ja lattialaudoituksen tai -levytyksen väliin. Höyrynsulkumuovien käyttö ei ole tässä tapauksessa suotavaa. Puukorokkeet tulee erottaa betoni-laatasta kattohuopakaistalla. Kosteusteknisen toimivuuden kannalta tulisi vähintään puolet lämmöneristyspaksuudesta sijoittaa betoni-laatan alle lattian reunaosilla. Lämmöneristeenä voidaan käyttää mineraalivillaa tai puukui-

tueristettä. Tätä ratkaisua ei suositella, koska se ei vastaa RakMK C2:n ohjetta. (Rakenna oikein 2008, 97.)

Lämmöneristetty puulattia maanvaraisen betonilaatan päällä on lähes aina riskirakenne. Näissä ratkaisuissa esiintyy useasti kosteusvaurioita. Laajoja lahovaurioita syntyy, kun vettä tunkeutuu lattiaan esimerkiksi ulkoa, pesutiloista tai putkivuodon seurauksena. (Ympäristöopas 29 1997, 42.)



Kuva 4. Lämmöneristys lattialaatan alapuolella. (Rakenna oikein 2008.)

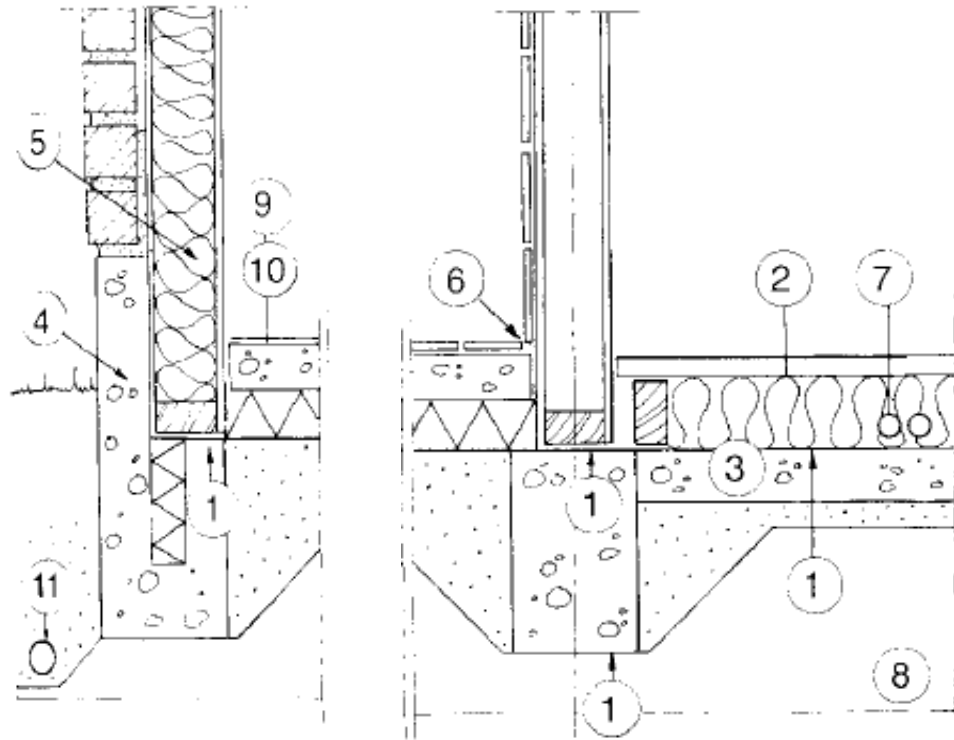
Lämmöneristys lattialaatan alapuolella on nykyään yleisemmin käytetty alapohjaratkaisu. Tasattu maakerros ja kosteutta kestävä lämmöneriste muodostavat alapohjarakenteen, jonka päällä on yläpuolisia kuormia vastaanottava laatta. Teräsbetonilaatan paksuus on yleensä 70 – 100 mm. Lämmöneristeenä käytetään esimerkiksi solumuovia tai kevytsoraa. Lämmöneristeen alla pitää olla vähintään 200 mm:n sorakerros. Höyrinsulkua ei lattiarakenteissa yleensä käytetä. Korkkirouheella pinnoitettu höyrytiivis kermi sopii kosteudeneristeeksi. Alapohjaa ja sen liittymistä perustuksiin ja ulkoseinään on tarkasteltava yhtenä kokonaisuutena. (Rakenna oikein 2008,97.)

3.3 Alapohjien ongelmat ja virheet

Maanvaraisissa alapohjissa alettiin huomata paljon ongelmia Ruotsissa 1980-luvun alussa. Ongelmia olivat home huonetiloissa ja lahovauriot rakenteissa. Tutkimukset ovat tuoneet esille paljon rakennusvirheitä. Rakennusvirheet johtuivat joko tietämättömydestä tai huolimattomuudesta. Maanvaraisen alapohjan oikeanlaisesta toteuttamisesta tutkijat, viranomaiset ja rakentajat eivät olleet yksimielisiä. Suomessa esiintyi myös vastaavanlaisia ongelmia, mikä sai rakennusalan asiantuntijoiden näkemykset eroamaan toisistaan esimerkiksi kosteussulun sijainnista. (Siikanen 1998, 166.)

Kotkan kaupungin suunnittelupäällikön, rakennusarkkitehti Anssi Vaijan mielestä matalaperustuksiin liittyvät kosteus- ja homeongelmat johtuvat rakennuksien liian matalasta sijainnista, valesokkeleista ja kapillaarisuuden huomioimattomuudesta. Myös salaojien puuttuminen ja niiden huono toimivuus sekä soratäyttöjen tekeminen täyttömaalla soran sijaan johtavat kosteus- ja homeongelmiin.

Kotkan kaupungin rakennustarkastaja, rakennusinsinööri Vesa Yrjönen näkee yleisimmiksi matalaperustuksen ongelmiksi seuraavat: sokkelissa ei ole vesieristettä, aluspuun alta puuttuu huopakaista, riittämätön tuuletus aluspuun kohdalla tai se puuttuu täysin sekä hulevesien hallinta on huonoa.



Kuva 5. Maanvaraisessa alapohjassa yleisimmin esiintyviä virheitä (Siikanen 1996.)

Maanvaraisen alapohjan kosteusvaurioiden syinä on useita eri tekijöitä. Ongelmat johtuvat suunnittelun puutteellisuudesta, rakennusvirheistä tai rakennekosteuden huomioimattomuudesta:

1. Maasta sekä betonilaatasta kapillaarisesti nouseva kosteus pääsee vahingoittamaan rakenteita.
2. Tuuletus on puutteellinen lattiapäällysteen alla.
3. Rakennekosteuden poispääsy on estetty muovilla ennen rakenteen kuivumista.
4. Maanpinta on liian korkealla lattiarakenteisiin nähden, joten pintavesi pääsee kulkeutumaan betonia pitkin rakenteisiin.
5. Seinärakenteiden kautta kulkeutuu vesi, esimerkiksi tukkeutuneen tuuletusraon vuoksi.

6. Kostean tilan seinä- ja lattiarakenteen välillä on väärin suunniteltu ja toteutettu liittymä.
7. Vuodot lattiarakenteen sisällä olevissa vesiputkistoissa.
8. Pohjaveden korkeuden muutoksien aiheuttamat ongelmat.
9. Rakenne ei pääse kuivumaan, koska lattiapinnoite on asennettu liian aikaisin.
10. Lattiapinnoitteen alle on jätetty orgaanisia aineita.
11. Salaojitusta ei ole, tai se toimii huonosti.

3.4 Maanvaraisten alapohjien kosteus- ja homevauriot

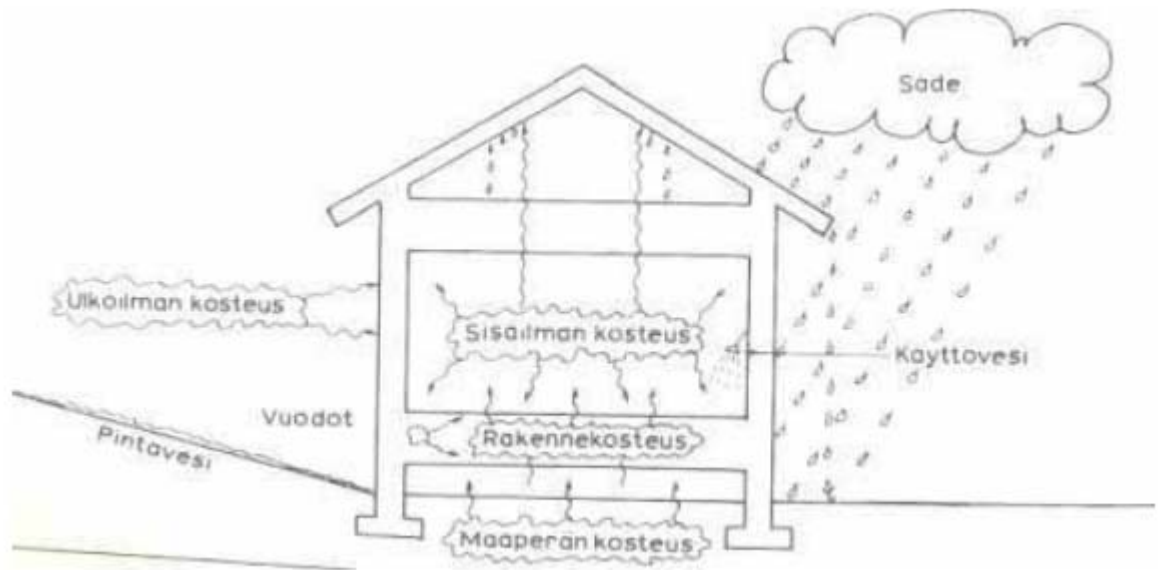
Eniten ongelmia tuottava kosteusrasite on maaperästä rakenteisiin tuleva kosteus. Kosteuden tuomia ongelmia on runsaasti. Salaojituksen puuttuminen tai niiden vääränlainen sijoitus aiheuttaa kosteuden pysymistä ongelma-alueella. Maanpintojen kaltevuus, rakennuspaikan kosteus, putkivuodot ja vesivahingot ovat tyypillisiä ongelmia. Rakennuspaikan maalajit sekä pohjaveden korkeus on syytä ottaa huomioon. Kosteusongelmat ilmenevät yleensä pintamateriaalien kuplimisena, irtoamisena ja väriaurioina. (Leivo 1998; Ympäristöopas 51 1999, 25.)

Homesienet kasvavat erilaisilla pinnoilla, kuten kivi-, maali- ja betonipinnoilla, ja näkyvät tummina pisteinä. Homesienten kannalta parhaat olosuhteet ovat lämpötilassa +20 °C ... +30 °C. Homeiden kasvun kannalta parhaat kosteusolosuhteet saavutetaan kun ilmankosteus on yli 95 %. Rakenteissa oleva home-, hiiva- tai bakteerikasvusto voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja, mikäli kasvustosta pääsee ilmavirtojen mukana sisäilmaan itiöitä, kasvuston osia taikka aineenvaihdunta- tai hajoamistuotteita. Terveyshaittojen estämiseksi kosteus- ja homevauriot tulee korjata mahdollisimman nopeasti. Tehokkaalla ilmanvaihdolla voidaan materiaalien homehtumisalttiutta pienentää. Terveyshaittojen selvittelyssä auttaa kunnan ympäristötarkastaja. (Passinen 1992, 13; Terveys ja hyvinvoinnin laitos 2011.)

3.5 Maanvaraisten alapohjien kosteuslähteet

Alapohjien kosteuslähteet voidaan jakaa kolmeen luokkaan. Rakennuksen sisäisiin ja ulkoisiin kosteudenlähteisiin sekä rakennekosteuteen. Rakenteissa ja rakennuksissa kosteus esiintyy näkymättömänä vesihöyrynä, näkyvänä vetenä tai rakenteisiin sitoutuneena rakennekosteutena. (Leino, Rantala 2000; Siikanen 1996, 52.)

Kuvassa kuusi esitetään erilaisia rakennuksiin vaikuttavia kosteusrasituksia.



Kuva 6. Rakennukseen vaikuttavat kosteusrasitukset (RIL 250-2011.)

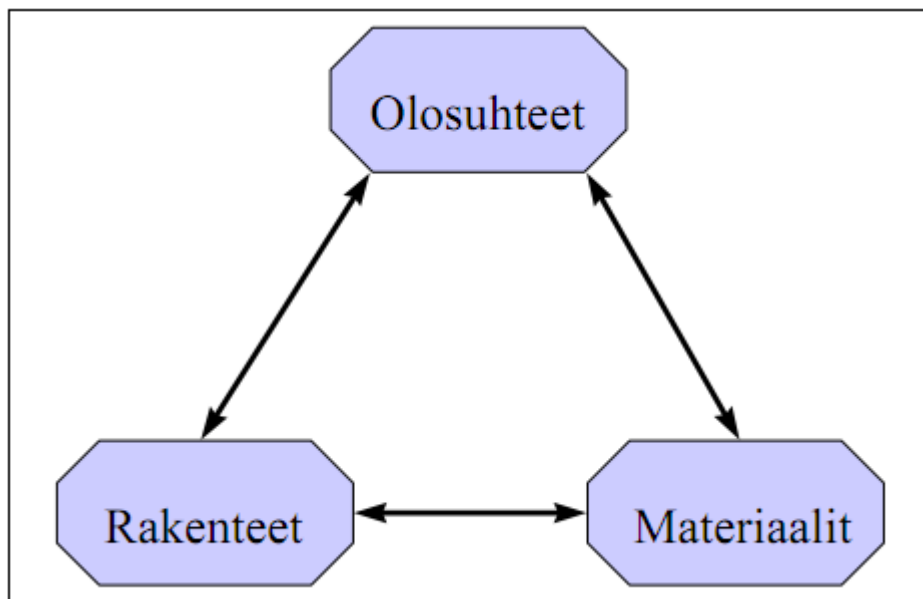
Rakennuksiin kohdistuvia rasituksia on sekä ulkoisia että sisäisiä.

Ulkoisia rasituksia ovat erilaiset vesisateet, kuten viisto-, rankka-, normaali- ja myrsky sade sekä lumi- ja räntäsade. Tuulen vaikutuksesta sateiden merkitys korostuu. Tuuli kuljettaa vesihöyryä, vettä tai lunta rakenteisiin. Pintavedet pääsevät valumaan rakenteisiin, mikäli maanpinta kaataa rakennukseen päin. Pohjaveden pinnan tason vaihtelu sateiden vaikutuksesta ja varsinkin keväisin, aiheuttaa ulkoisia rasituksia. Ulkoilmankosteus on aina rasite rakenteille. Sisäisiä rasituksia ovat sisäilman kosteus, puutteellinen ilmanvaihto, vesihöyryn tiivistyminen kylmien vesijohtojen pintoihin, talotekniset laitteet, pesukoneet, ilmankostuttajat, ruuanlaitto, kasvillisuus sekä ihmiset. Roiskevesi märkätiloissa, märkäsiivous sekä putkivuodot aiheuttavat vaikeimmin havaittavia sisäisiä rasituksia. Kosteus ja vesi voivat tunkeutua alapohjarakenteisiin tai

kerääntyä pintoihin sisäisistä tai ulkoisista rasituksista. Rakennukseen ei saa kerääntyä haitallista määrää veden ja kosteuden aiheuttamaa rasitusta. Ylimääräisiin kosteudentai vedenkertymiin tulee puuttua heti ja huolehtia kuivatuksesta aina mahdollisimman nopeasti. (RIL 250-2011.)

4 ALAPOHJIEN RISKIRAKENTEET

Alapohjarakenteiden vaurioitumista ja vauriomekanismeja tutkitaan paljon. Olosuhteiden ja rakenneratkaisujen lisäksi materiaalivalinnat vaikuttavat rakenteiden vaurioitumiseen ja pitkäikäisyyteen. Vesi on melkein aina vauriomekanismien taustalla. Siksi tulisi suosia ratkaisuja, jotka vähentävät rakenteisiin kohdistuvaa kosteusrasitusta. Lisäksi ratkaisuja tulisi kehittää kestävämmän epäedullisia olosuhteita paremmin, jotta ylimääräinen kosteusrasite ei automaattisesti aiheuta vauriota. (Leivo 1998.)



Kuva 7. Rakenteiden vaurioihin vaikuttavat tekijät (Leivo 1998.)

4.1 Yleisimmät vauriot ja vaurioitusmekanismit

Maanvaraisten alapohjarakenteiden kosteusvauriot voidaan jakaa suunnitteluun, rakentamiseen, korjaamiseen sekä kunnossapitoon ja olosuhteisiin. Rakennusarkkitehti Anssi Vaija toteaa haastattelussa, että ohjeet, määräykset ja detaljit syntyivät liian no-

peasti uuden tekniikan kanssa, esimerkiksi lämmöneristettä ei käytetty keskialueella. Vaijan mielestä rakennusvirheet olivat hyvin yleisiä: märkätilojen vesieristykset oli tehty huonosti tai niitä ei ollut ollenkaan, maatuvaa rakennusjätettä oli jätetty täyttöihin sekä puu ja betoni olivat suoraan yhteydessä alapohjassa.

- Suunnitteluun liittyvät syyt

Vallitsevissa olosuhteissa materiaaliyhdistelmä tai rakenne on toimimaton. Nykytietämyksen mukaan rakenne ei ole toimiva, vaikka rakenne olisi rakennusajan ohjeiden mukainen. Tyypillisiä virheitä ovat salaojituksen puuttuminen, kapillaarikatkon puuttuminen ja höyrynsulun väärä sijainti.

- Rakentamiseen liittyvät syyt

Rakentamisessa ei ole noudatettu rakennusohjeita tai suunnitelmia. Alapohjarakenteissa tyypillisin virhe rakenteen liian aikainen pinnoittaminen, ennen kuin rakenne on ehtinyt kuivua.

- Korjaamiseen liittyvät syyt

Rakenne on korjattu ilman riittävää tietoa ongelmista. Tämä aiheuttaa usein uusia ongelmia ja laajempia vaurioita. Korjausvirheenä voidaan pitää myös, kun tilan käyttötarkoitusta muutetaan korjaustöiden avulla huomioimatta rakenteiden toimivuutta kokonaisuutena. Tyypillisin esimerkki tästä on kellaritilojen ottaminen asuinkäyttöön.

- Kunnossapitoon ja olosuhteisiin liittyvät syyt

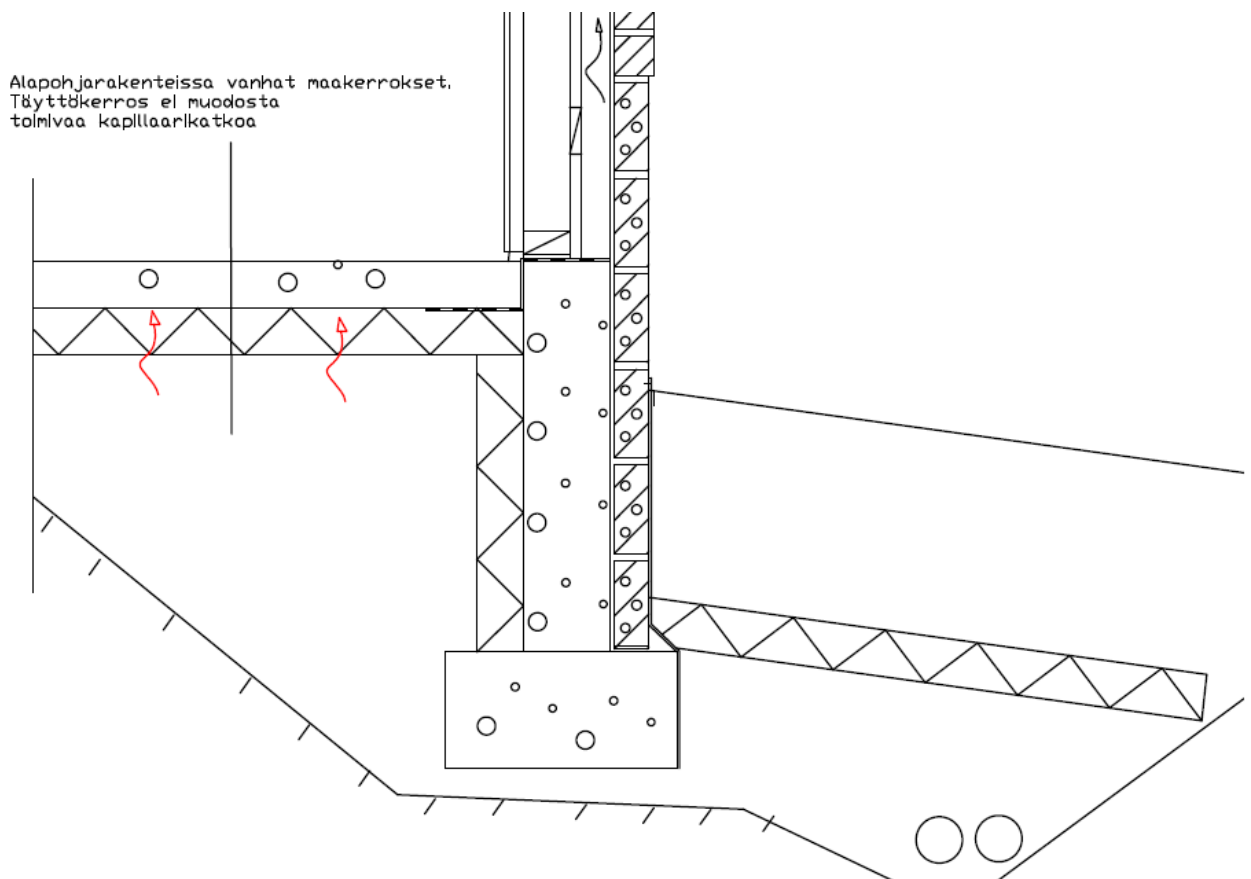
Odottamattomista olosuhteista johtuva vaurio, joka johtaa liiallisiin rakenteiden kosteudensietokyvyn ylittämiin rasituksiin. Tyypillisimmät vauriot ovat erilaiset putki-
vuodot ja tulipalojen sammutusvedet. Yleisiä kunnossapitovirheitä ovat sadevesiviemäroinnin ja salaojien toimimattomuus. (Leivo, Rantala 2002 a. 23.)

4.2 Rakenne

Maanvaraisten alapohjarakenteiden vaurioiden selvittämisessä on arvioitava rakenteesseen tulevan kosteuden pääasiallinen siirtymismuoto, ja onko kyseessä kapillaarinen kosteuden siirtyminen vai vesihöyryn diffuusio. Vesihöyryn diffuusion kosteusvirrasta tulee kymmenen tai jopa sata kertaa vähemmän kosteutta kuin kapillaarisen kosteuden siirtymisessä.

Esittelen seuraavassa viisi yleisintä rakenteellista vauriota.

- alapohjarakenteissa ei ole kapillaarikatkoa.

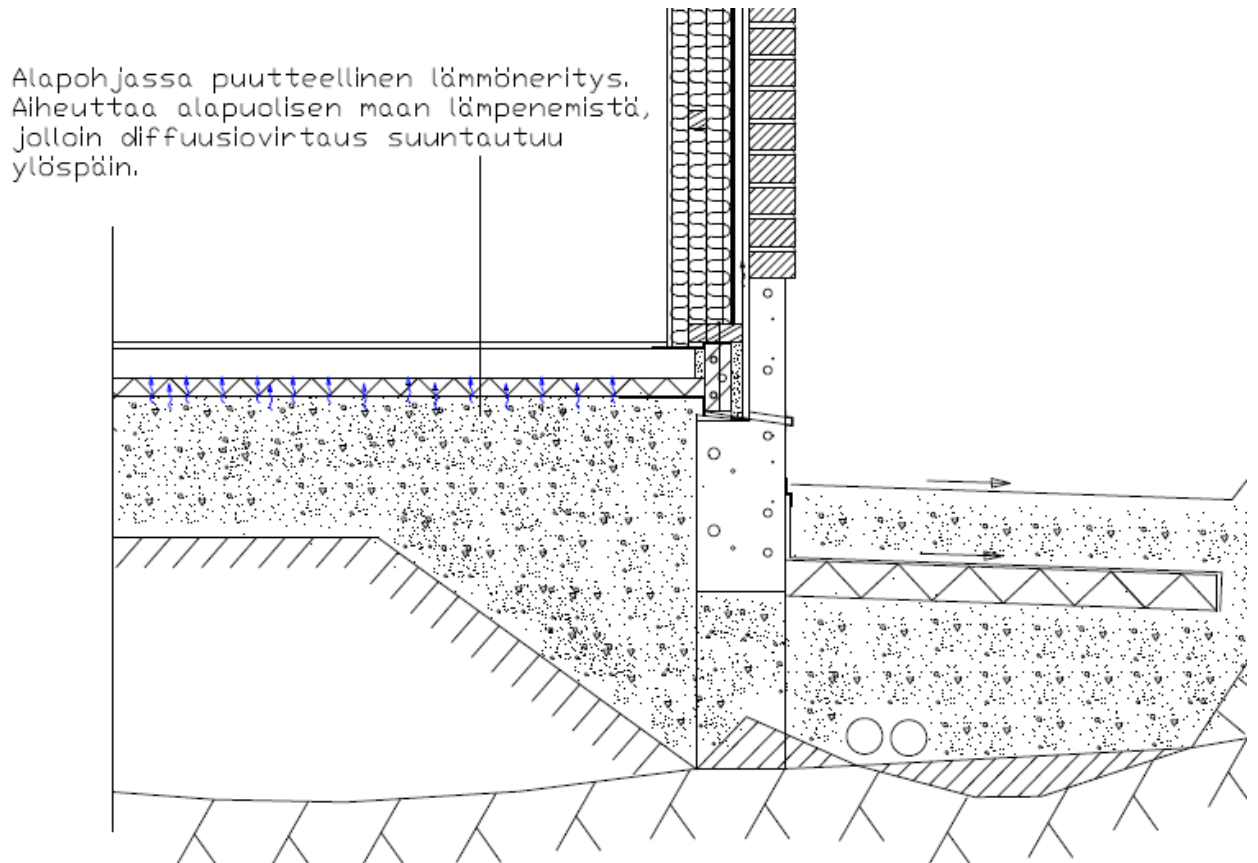


Kuva 8. Alapohjarakenne ilman kapillaarikatkoa

Useissa vauriotapauksissa alapohjarakenteen salaojitus- ja täyttökerros ei muodosta toimivaa kapillaarikatkoa. Siksi maan aiheuttama kosteusrasitus muodostuu sekä kapillaarisesti vetenä nousevasta kosteudesta että vesihöyryn diffuusiosta. Heikosti toi-

miva salaojitus rakenteen ympärillä lisää monissa vauriotapauksissa pohjamaan kosteudentuottoa.

- Rakenteessa ei ole lämmöneristettä tai sitä ei ole riittävästi



Kuva 9. Alapohjarakenteessa puutteellinen lämmöneristys

Lämmöneristysten puutteellisuus tai puuttuminen kokonaan ovat keskeisin syy rakenteellisiin kosteusvaurioihin. Tämä aiheuttaa alapuolisen maan lämpenemistä, jolloin ylöspäin suuntautuva diffuusiovirta kasvaa. Seurauksena syntyy tiivistymisriski yleensä lattiapinnoitteeseen, kun kriittinen kosteuspitoisuus ylittyy. Ongelmia on ilmennyt korjausten ja saneerauksien yhteydessä, kun läpäisevämpi pinnoite on vaihdettu tiiviimpään.

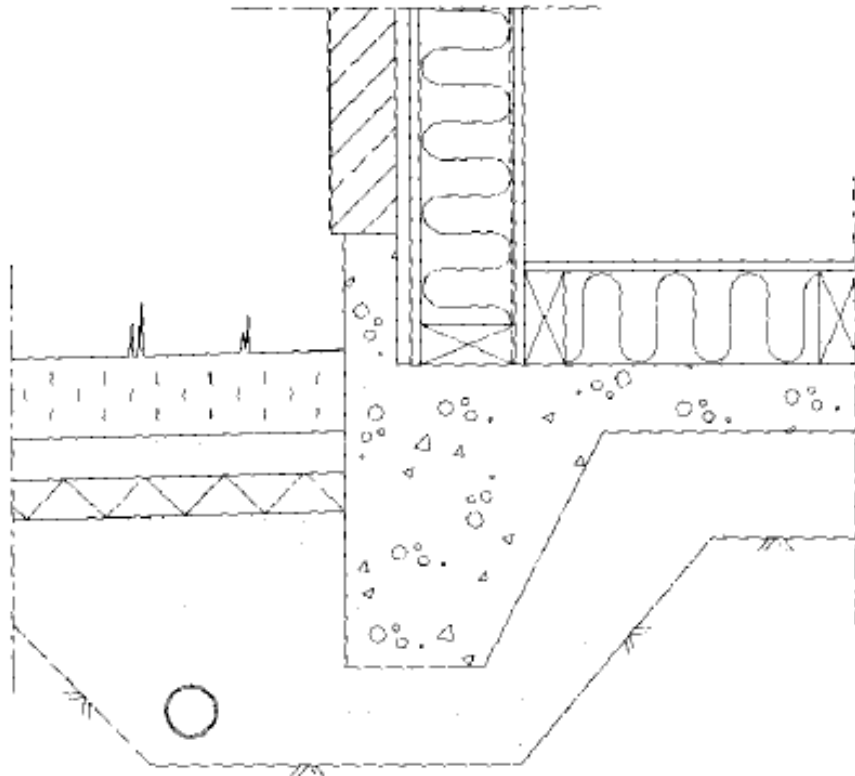
- Höyrinsulku on väärässä paikassa

Tämä toinen rakenteellinen kosteusvaurioita aiheuttava virhe on höyrinsulun sijoittaminen väärään paikkaan. Nykyisin sitä ei suositella enää asennettavaksi alapohjarakenteeseen lainkaan, sillä rakenteen läpäisevä kosteuden virran suunta vaihtelee. Käyttötilanteessa kosteudenvirta on usein ylöspäin, kun taas rakennuskosteuden poistumisvaiheessa suunta on alaspäin. Höyrinsulku estää rakenteen kuivumisen myös, kun pinnoite on vesihöyryntiivis. Tällöin rakenne ei pääse kuivumaan kumpaakaan suuntaan. Höyrinsulku on erityisen ongelmallinen, jos laattaan pääsee vettä esimerkiksi putkivuodon seurauksena. Vuotovesi jää höyrinsulun päälle, mikäli höyrinsulku on asennettu rakenteeseen laatan alapuolelle.

- Pinnoite on liian vesihöyryntiivis

Lämpimässä täyttökerroksessa houkosilman vesihöyryn osapaine on usein suurempi kuin sisäilman. Huonosti lämmöneristetty laatta ja täyttökerroksen lämpötilan nousu poikkeuksellisen korkeaksi voivat aiheuttaa diffuusiovirran täyttökerroksesta kohti kuivaa sisäilmaa. Tämä saattaa aiheuttaa ongelmia rakenteissa, etenkin tiivistä lattia-pintaa käytettäessä. Kosteuspitoisuus voi nousta suotuisaksi mikrobikasvulle sekä aiheuttaa haittaa pinnoitemateriaaleille ja liimoille.

- Valesokkeli



Kuva 10. Tyypillinen valesokkeliratkaisu (Ympäristöopas 28 1997.)

Valesokkelirakenteessa puurakenteet jäävät usein maanpinnan kanssa samalle tasolle tai jopa sen alle. Betonirakenteen läpi kapillaarisesti kulkeutuva kosteus vaurioittaa lämmöneristeitä ja puurakenteita, jolloin niihin syntyy kosteusvaurio. Lattian lämmöneristys on yhteydessä seinärakenteeseen ja vaurioituu reuna-alueilta samasta syystä. Lämmöneristekerroksessa liikkuva ilma voi kuljettaa epäpuhtauksia laajoille alueille alapohjassa. Sokkelin lämpöhalkaisu on kokonaan maanpinnan alapuolella ja kastunut. Lämmöneristeen kosteusvaurion korjaaminen on usein miltein mahdotonta.

4.3 Olosuhteet

Kosteusvaurioita ei synny ainoastaa rakennusvirheistä tai huolimattomasta työstä, vaan niitä syntyy myös erilaisista olosuhteista.

- Putkivuoto

Putkivuodoista aiheutuu eniten korjauskustannuksia Suomessa (Rakennuslehti 2010). Putkistot ovat useissa vanhoissa rakennuksissa kiireellisessä korjaustarpeessa. Asukkaat eivät ymmärrä remontin tarvetta tai haluavat välttää sitä kalliiden kustannuksien vuoksi. Uusissa rakennuksissa vesivahingot johtuvat usein rakennusvirheistä. Vuoto-kohtien tarkka paikallistaminen on lähes poikkeuksetta hyvin vaikeaa, koska veden liike on vaikeasti ennustettava.

- Tulipalojen sammutusvesi

Tulipalojen sammuttamiseen käytetään aina runsaasti vettä. Palojen ennalta ehkäisyyn pitäisi keskittyä jo suunnitteluvaiheessa. Sammutusvesi on erittäin ongelmallista, sillä se kulkeutuu pientenkin rakosten kautta rakenteisiin ja jää sinne haitallisesti ja pysyvästi. Kosteuden pääsy rakenteisiin pitäisi estää, sillä kuivattaminen on kallista ja hankalaa. Nykyisillä sprinklerijärjestelmillä päästään samoihin sammutustuloksiin huomattavasti vähäisemmällä vesimäärällä. Järjestelmä sumuttaa vettä korkealla paineella, eli sammutusteho perustuu veden tukahduttavaan vaikutukseen.

- Runsaalla vedellä siivoaminen

Runsas veden käyttö siivoamisessa on riski, kuten putkivuotokin. Siivotessa vesi pääsee rakenteisiin esimerkiksi listojen alta ja jää rakenteisiin. Rakenteiden kuivattaminen on aina ongelmallista, ja siksi pitäisi minimoida veden käyttö siivouksessa ja siten ennaltaehkäistä mahdollisia alkavia kosteusvaurioita.

- Poikkeuksellisen kostea kesä

Ulkoilman kosteus rasittaa rakenteita sateen jälkeen luonnollisesti. Poikkeuksellisen kosteana kesänä rakenteet ovat jatkuvasti rasituksen alaisina. Sateen aiheuttamat pintavedet rasittavat sokkelia ja perusmuuria. Vesi tunkeutuu betoniin pienestäkin halkeamasta.

4.4 Lämpötilat

Maanvastaisten lämmitettyjen rakennusten alapuolella lämpötila on laattojen keski-
osissa suhteellisen tasainen ja korkea ympäri vuoden. Täyttö- ja pohjamaakerrosten

lämpötiloihin vaikuttavat ensisijaisesti rakennuksen sisälämpötila, ja lattialämmityksissä alapohjissa vastaavasti laatan lämpötila ja alapohjarakenteen läpi virtaavan lämpövuon suuruus. Lämmönvastus vaikuttaa lämpövuon suuruuteen. Kulkiessaan alapohjan läpi lämpövuoto lämmittää rakenteen alapuolista maata jonkin verran. Lämpötila alapuolisella pohjamaalla on yleensä +12..+15 C tavanomaisissa lämpöeristeissä rakenteissa, jossa on 50...100 mm paksu lämmöneriste (EPS). Pohjamaan lämpötila voi nousta lähelle sisäilman lämpötilaa lämpöeristämättömissä alapohjissa. Lämpöeristämättömät lämpöputket voivat nostaa myös pohjamaan lämpötilaa. Lämpö- ja kosteusteknisissä tarkasteluissa maanvaraisten alapohjarakenteiden pohjamaan lämpötilan tulisi olettaa olevan vähintään + 15 C. Lisäksi pitäisi tutkia, miten korkeampi lämpötila vaikuttaa rakenteen toimivuuteen. Korkeammat lämpötilat ovat tyypillisiä lattialämmitettyjen alapohjien alla. (Leivo, Rantala 2002 b, 6.)

4.5 Fysikaaliset ominaisuudet

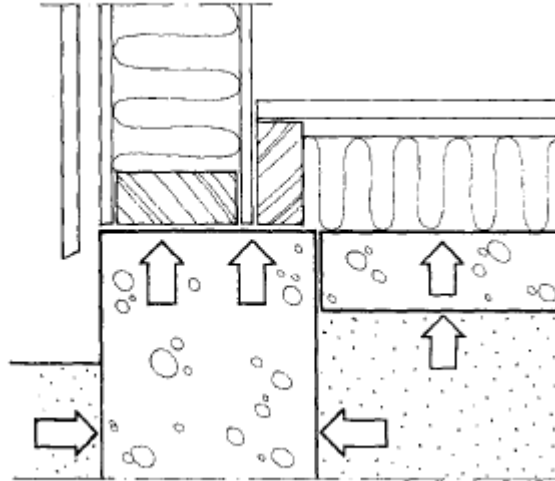
4.5.1 Kapillaarisuus

Maaperän kapillaarisuus nostaa veden pohjavedenpinnan yläpuolelle. Nousukorkeus riippuu maalajeista sekä huokosalipaineesta. Kapillaarisuuden katkaisevalla kerroksella estetään veden kapillaarinen nousu alapohjarakenteisiin. Kapillaarisella nousukorkeudella tarkoitetaan tasapainotilaa, jossa maan vetovoima sekä huokosalipaine ovat tasapainossa. Mitä pienemmät huokokset ovat, sitä korkeammalle vesi nousee kapillaarisesti. (Maanvaraisen betonialapohjan työhöjeen kehittäminen 2006.)

Kapillaarikatkona käytetään tasarakeista sepeliä, singeliä tai kevytsoraa. Oikeanlaisen soran tunnistaa, kun enintään 5 paino- % läpäisee 2 mm seulan. Sopivan sepelin ja singelin raekoko on 8 – 16 mm, kevytsoran 10 – 20 mm. (Maanvaraisen betonialapohjan työhöjeen kehittäminen 2006.)

Rakeiden tulee olla puhtaita hienoaineksesta, sillä hienoaines vaikuttaa veden pintakapillaarisuuden nousuun. Kapillaarisuuskoe tehdään tarvittaessa epävarmoissa tapauksissa. Kiviaines on hyvä pestä ennen käyttöä. (Maanvaraisen betonialapohjan työhöjeen kehittäminen 2006.)

Maapohjan muotoilussa kiinnitetään huomiota siihen, että se viettää pois päin rakennuksen ulkoseinistä. Ajan mittaan maapohjan hienoainespitoisuuden ollessa suuri kapillaarisuuden katkaiseva kerros saattaa tukkeutua. Tämän ongelman voi ratkaista asettamalla suodatinkangas maapohjan ja kapillaarikerroksen väliin. (Maanvaraisten betonialapohjien työohjeen kehittäminen 2006; Ympäristöopas 28 1997, 52–53.)



kuva 11. Kapillaarinen vedenliike perustuksissa (Siikanen 1996).

Taulukko 1. Maalajien kapillaarinen nousukorkeus

Maalaji	Raekoko mm	Kapillaarinen nousukorkeus (m)	
		Löyhä	Tiivis
Karkea hiekka	0,6...2	0,03 ... 0,12	0,04 ... 0,15
Hiekka	0,2...0,6	0,10 ... 0,35	0,12 ... 0,50
Hieno hiekka	0,06...0,2	0,3 ... 2,0	0,4 ... 3,5
Karkea siltti	0,02...0,06	1,5 ... 5	2,5 ... 8
Hieno siltti	0,002...0,02	4 ... 10	6 ... 12
Savi	0,002	>8	>10

Taulukossa 1. esitetään eri maalajien raekokoja sekä kapillaarinen nousukorkeus.

4.5.2 Diffuusio

Diffuusiollla tarkoitetaan rakennustekniikassa kosteuden liikkumista vesihöyryinä rakenteen läpi. Vesihöyry läpäisee lähes kaikki materiaalit. Materiaaleissa tapahtuvan diffuusion vauhti vaihtelee paljon. Diffuusion suunta on yleensä lämpimästä tilasta

kylmempään päin. Ilman kosteusero tilojen välillä on suurin diffuusion suuntaan vaikuttava tekijä. Huokoisien materiaalien kohdalla kyse ei ole aina puhtaasta diffuusiosta, vaan materiaalien sisällä osa kosteuden liikettä tapahtuu kapillaarisesti. Seinämät tulee suunnitella ja toteuttaa oikein, että välttyttäisiin liialliselta vesihöyryn tunkeutumiselta seinämärakenteisiin. Lämmöneristeen ja lämpimän sisätilan väliin on tultava riittävä vesihöyryntiivis kerros, ja kylmään tilaan päin mentäessä seinämärakenteen vesihöyrynvastus pienenee. (Rakentajain kalenteri 2005, 435; Siikanen 1996, 56.)

4.5.3 Radon

Radon on aina huomioitava rakentamisessa. Radonkaasua syntyy, kun uraani hajoaa radioaktiivisesti. Sisäilman radonpitoisuuteen voidaan vaikuttaa yksinkertaisilla ja edullisilla toimenpiteillä. Tavoite on tietenkin päästä mahdollisimman alhaiseen radonpitoisuuteen. Maanvarainen laatta on perustamistavoista kaikkein ongelmallisin ja vaativin radonintorjunnan kannalta. Torjunnan keskeiset toimet ovat tiivistämistyöt ja radonputkiston asentaminen. Nykyisten määräysten mukaan radonpitoisuus ei saa olla sisätiloissa suurempi kuin 200 Bq/m^3 . (Viihtyisä koti 2009, 22.)

Radonteknisen suunnittelun yksinkertaistamiseksi on laadittu opasjulkaisu. Oppaan mukaan ”huoneilman radonpitoisuuden alentaminen perustuu perustusrakenteiden tiivistämiseen ja rakennuspohjaan tehtävään tuuletusjärjestelmään, joka tarvittaessa otetaan käyttöön”. Koska radonpitoisuudet vaihtelevat alueellisesti, radontekninen suunnittelu voidaan jättää tekemättä silloin, kun paikkakunta-kohtaisissa radontutkimuksissa radonpitoisuuden sallittu enimmäisarvo alitetaan säännönmukaisesti. (Ympäristöministeriö 1994, 7.)

4.5.4 Ilman kosteus

Ilman kosteus on vesihöyryä, jota ei tavallisesti tunne tai näe. Lämpötila vaikuttaa ilmassa olevaan vesihöyryn määrään. Mitä kylmempi ilma on, sitä vähemmän se pystyy pidättämään vesihöyryä. Kosteuden määrää voidaan ilmaista eri suureiden avulla. (Ilmatieteenlaitos 2011.)

- Kosteussisältö

Kosteussisältö kertoo, kuinka paljon ilmassa on painoyksikössä kosteutta (Ilmatieteenlaitos 2011).

- Absoluuttinen kosteus

Absoluuttinen kosteus ilmaisee, kuinka monta grammaa vesihöyryä sisältyy kuutiometriin ilmaa. Absoluuttisen kosteuden yksikkönä käytetään grammoja kuutiometrissä. (Ilmatieteenlaitos 2011.)

- Kyllästyskosteus

Kyllästyskosteus määrittelee kuinka paljon vesihöyryä voi ilmassa olla tietyssä lämpötilassa. Kun kyllästyskosteuden yli vettä haihdutetaan väkisin, vesihöyry alkaa tiivistyä pisaroiksi. Ilman jäähtyessä käy samoin, sillä myös silloin kyllästyskosteus laskee. (Ilmatieteenlaitos 2011.)

- Kastepistelämpötila

Kastepiste on lämpötila, jossa ilman pitäisi jäähtyä, jotta vesihöyry alkaisi tiivistyä (Ilmatieteenlaitos 2011).

4.5.5 Suhteellinen kosteus RH (%)

Suhteellinen kosteus ilmoittaa absoluuttisen kosteuden ja kyllästyskosteuden välisen suhteen. Prosentteina ilmaistu suhteellinen kosteus ei voi koskaan ylittää 100 %:a. Lämmitetyssä lämpimässä huonetilassa suhteellinen kosteus on tavallisesti 20 – 40 %. Ulkona samanaikaisesti suhteellinen kosteus on keskimäärin 85 – 90 %. Kesäisin ulkona suhteellinen kosteus yleensä on 65 – 75 %. Talvisin ulkoilman kosteuspitoisuus on hyvin vähäinen huolimatta korkeasta suhteellisesta kosteudesta. Sisäilman suhteelliseen kosteuteen vaikuttavat ilmanvaihdon tehokkuus, huonelämpötila, ulkoilman absoluuttinen kosteus ja sisätiloissa eri lähteistä haihtuva kosteus. (Siikanen 1996, 55.)

Taulukko 2. Ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus (Siikanen 1996.)

Ilman lämpötilä °C	Ilman suhteellinen kosteus										Vesihöyryn osapaine kyl- lästystilassa kN/m ²
	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %	
+50	8,30	16,60	24,89	33,19	41,49	49,79	58,08	66,38	74,68	82,98	12,46
	+8	+19	+26	+32	+36	+40	+43	+45	+48	+50	
+45	6,54	13,09	19,63	26,18	32,72	39,26	45,81	52,35	58,90	65,44	9,56
	+4	+15	+22	+27	+32	+36	+38	+41	+43	+45	
+40	5,11	10,23	15,34	20,46	25,57	30,68	35,80	40,91	46,03	51,14	7,36
	+1	+11	+18	+23	+27	+30	+33	+36	+39	+40	
+35	3,96	7,92	11,88	15,84	19,80	23,76	27,72	31,68	35,64	39,60	5,61
	-2	+8	+14	+18	+22	+25	+28	+31	+33	+35	
+30	3,04	6,07	9,11	12,14	15,18	18,22	21,25	24,29	27,32	30,36	4,23
	-6	+3	+10	+14	+18	+21	+24	+26	+28	+30	
+25	2,30	4,61	6,91	9,22	11,52	13,82	16,13	18,43	20,74	23,04	3,16
	-8	0	+5	+10	+13	+16	+19	+21	+23	+25	
+20	1,73	3,46	5,19	6,92	8,65	10,37	12,10	13,83	15,56	17,29	2,33
	-12	-4	+1	+5	+9	+12	+14	+16	+18	+20	
+15	1,28	2,56	3,85	5,13	6,41	7,69	8,97	10,26	11,54	12,82	1,70
	-16	-7	-3	+1	+4	+7	+9	+11	+13	+15	
+10	0,91	1,82	2,72	3,62	4,52	5,42	6,32	7,22	8,12	9,02	1,22
	-19	-11	-7	-3	0	+1	+4	+6	+8	+10	
+5	0,68	1,36	2,04	2,72	3,40	4,08	4,76	5,44	6,12	6,80	0,870
	-23	-15	-11	-7	-5	-2	0	+2	+3	+5	
0	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,90	3,39	3,87	4,36	4,84	0,609
	-26	-19	-14	-11	-8	-6	-4	-3	-2	0	
-5	0,34	0,68	1,02	1,36	1,70	2,05	2,39	2,73	3,07	3,41	0,400
	-29	-22	-18	-15	-13	-11	-8	-7	-6	-5	
-10	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,87	2,11	2,34	0,259
	-34	-26	-22	-19	-17	-15	-13	-11	-11	-10	
-15	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,97	1,13	1,29	1,45	1,61	0,164
	-37	-30	-26	-23	-21	-19	-17	-16	-15	-15	
-20	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,70	0,79	0,88	0,102
	-42	-35	-32	-29	-27	-25	-24	-22	-21	-20	

Taulukossa esitellään ilman suhteellista kosteutta eri lämpötiloissa. Sateella ilman suhteellinen kosteus on yleensä korkea. Talvella suhteellinen kosteus on suurempi verrattuna vastaavasti kesäaikaan, vaikka vesihöyryä ei ilmassa paljon olekkaan.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Matalaperustuksien perusratkaisu ja ajatus ei ole 1950-luvulta oleellisesti muuttunut. Tiedon ja tekniikan kehittyessä erilaiset materiaalit sekä esivalmistetut rakenteet ovat kehittyneet helpottamaan omatoimista ja ammattirakentamista. Yhteistä kuitenkin nykyrakentamiselle on kiire ja taloudellisuus: etsitään edullisimmat ratkaisut usein riskien uhallla.

Vanhat, epäselvät ja osin puutteelliset ohjeet ja määräykset aiheuttivat 1950–1970-lukujen matalaperustuksien virheellisiä rakenneratkaisuja, joiden kanssa joudumme työskentelemään vielä pitkään. Tehtyihin rakenneratkaisuihin emme enää pysty vaikuttamaan, mutta voimme uuden tiedon ja kokemuksen perusteella estää virheiden uusiutumisen tulevaisuudessa. Tulevaisuus kuitenkin näyttää, mihin suuntaan olemme menossa, mutta uskon, että kosteus- ja hometalkoiden avulla monen rakentajan huolellisuus ja panostaminen terveellisiin ja turvallisiin rakenneratkaisuihin lisääntyy.

Kirjallisuustutkimus osoitti, että matalaperustuksista ja niiden ongelmista on paljon sekä tutkimus- että käytännön tietoa. Eniten ongelmia tuottava kosteusrasite on maaperästä rakenteisiin tuleva kosteus. Kosteuden tuomia ongelmia on runsaasti: maasta sekä betonilaatasta kapillaarisesti nouseva kosteus pääsee vahingoittamaan rakenteita, puutteellinen tuuletus lattiapäällysteiden alla, rakennekosteuden poispääsy on estetty muovilla ennenkuin rakenne on ehtinyt kuivua, ja maanpinta on liian korkealla lattia-rakenteisiin nähden, jolloin pintavesi pääsee kulkeutumaan betonia pitkin rakenteisiin. Ongelmia on mahdollista vähentää, kun tiedetään, mistä ne johtuvat.

Suunnittelun ja valvonnan lisääminen ja niiden toteuttaminen huolellisesti on mielestäni oleellisin huomioon otettava asia. Olosuhteisiin emme pysty vaikuttamaan, mikä korostaa suunnittelun, valvonnan ja rakentamisen tärkeyttä. On tärkeää suhtautua vakavasti kosteusvaurioiden ennaltaehkäisyyn ja vaurioiden korjaamiseen. Usein rakenteet jäävät vaatimattomiksi kiireen, asenteen, ammattitaidon ja ennen kaikkea kustannusten takia. Edullisiin ratkaisuihin vaikuttaa yleinen ja nykyään vallitseva käsitys suunnittelusta ja valvonnasta turhana kustannuksena. Rakentajat ovat valmiita säästämään muodollisesti rakenteista ja ratkaisuista, joita on myöhemmin vaikea tai lähes mahdotonta korjata, varsinkaan edullisesti. Kustannuksia kertyy mm. näytön hankkimiseen liittyvistä tutkimuksista, lausunnoista sekä mahdollisista asianajopalkkioista.

Mielestäni merkittävänä syynä parannettavaan laatuun voidaan pitää osaurakoihin jaettujen rakennustyömaiden johtamista, joka ei ole kenenkään vastuulla. Vanha mestariperinne on jäänyt taloudellisen voitontavoittelun jalkoihin. On paljon kalliimpaa, jos työmaalla on ammattitaitoinen, kaikkea valvova ja työntekijät tunteva ja luotettava mestari. Rakentamisen pilkkominen aliurakoihin on näennäisesti edullisempaa, mutta ostaja maksaa lopulta laskun. Nykyisten ohjeiden ja määräysten noudattaminen ja valvonta on yhä tärkeämpää, kun urakat kilpailutetaan. Laatuongelmat johtuvat myös osaltaan välinpitämättömyydestä, huolimattomuudesta ja kiirehtimisestä. Joidenkin asioiden tekeminen unohdetaan kokonaan, tai työt tehdään väärin tai väärässä järjestyksessä. Esimerkiksi tiivis rakenne vaatii huolellista työtä lattian ja seinän liittymissä. Rakennuspaikka ja korkeusasema on suunniteltava huolellisesti, ennakoiden mahdollisia kosteusvaurioita. Myös kommunikointi ja yhteistyö työmaalla voisi olla rakentavampaa. Usein työmailla työskentelevät ammattilaiset eivät edes keskustele keskenään, eikä se edes aina johtu kielitaidosta, vaan siitä, että urakat on pirstaloitu paloihin ja kilpaillaan keskenään.

Ongelmien ratkaisu voisi olla suunnittelun arvostuksen kehittäminen, valvonnan tehostaminen, aikataulujen rakentaminen joustavammiksi sekä malttia ratkaisuihin. Asennetta ja vastuuta olisi saatava rakentamiseen lisää, sillä kukaan ei halua epätervettä rakennusta. Vastuullinen kosteusongelmia huomioiva suunnittelu, rakentaminen, korjaaminen, huolto ja tutkimustiedon hyödyntäminen on mielestäni ainut tapa tuottaa pitkäikäisiä ja terveitä rakennuksia.

LÄHTEET

PAINETUT LÄHTEET:

Björkholtz, D. 1997. Rakennusfysiikka: Lämpö ja kosteus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma: Kosteusmääräykset ja ohjeet 1998. Helsinki.

Korander, O., Sarin, H., 1988. Perustus- ja betonityöt. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Lehti, E., Ristola, K. 1990. Suunnittelu, luovaa työtä. Helsinki: Kirjapaino Oy.

Leivo, V. 1998. OPAS KOSTEUSONGELMIIN. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.

Leivo, V., Rantala, J. 2002 a. Maanvastaiset alapohjarakenteet – kosteutekninen mitoittaminen ja korjaaminen. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.

Leivo, V., Rantala, J. 2002 b. Maanvastaisten alapohjarakenteiden kosteustekninen toimivuus. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.

Leivo, V., Rantala, J. 2000. Maanvaraisten alapohjarakenteiden kosteuskäyttäytyminen. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.

Passinen, A. 1992. Puujulkisivujen huoltomaalaus. Vantaa: Tikkurila Oy.

Pirinen, J. 1999. Hyvän rakentamistavan mukainen pientalojen kosteuden hallinta eri vuosikymmeninä. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka.

Rakennustieto 1997. Talonrakennuksen routasuojausohjeet. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto 2005. Rakentajain kalenteri. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakenna oikein. 2008. Kouvola: Oy Scanweb Ab.

RIL 126: Rakennusten ja tonttialueiden kuvatus 1979. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Helsinki: Kirjapaino Oy.

RIL 107-2000: Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet 2000. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Helsinki: Kirjapaino Oy.

RIL 121-1988: Pohjarakennusohjeet 1988. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. Helsinki: Kirjapaino Oy.

RYL 81: Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1981. Helsinki: Rakennuskirja Oy.

Salmi, T. Kemoff, T. 1996. HOME- ja kosteusongelmat rakennuksessa. Joutsa: Nettopaino Oy

Siikanen, U. 1996. Rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy.

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

Viihtyisä koti 2009. Joensuu: Punamusta

Ympäristöministeriö 1994. Radonin torjuminen pien- ja rivitaloissa. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Ympäristöopas 28. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöopas 29. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöopas 51. 1999. Kosteus rakentamisessa. Helsinki: Rakennustieto Oy.

PAINAMATTOMAT LÄHTEET:

Ilmatieteenlaitos 2011. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilman-kosteus> [viitattu 2.4.2011].

Kosteus- ja hometalkoot 2010–2014. Saatavissa: <http://www.hometalkoot.fi/> [viitattu 30.3.2011].

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132> [viitattu 14.3.2011].

Maanvaraisten betonialapohjien työohjeen kehittäminen 2006. Saatavissa: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9746/TMP.objres.452.pdf?sequence=2> [viitattu 18.3.2011].

Rakennuslehti 17.2.2005. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/6834.html> [viitattu 6.4.2011].

Rakennuslehti 6.8.2010. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/talous/22025.html> [viitattu 6.4.2011].

RIL 250-2011 Kosteuden hallinta ja homevaurion estäminen 2011. Saatavissa: <http://www.ril.fi/media/files/julkaisut/ril-250-lausuntoversio-7-3-2011.pdf> [viitattu 25.3.2011].

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2011. Saatavissa: http://www.ktl.fi/portal/suomi/tietoa_terveydesta/elinymparisto/hometalo_ja_kosteusvaurio [viitattu 4.4.2011].

HAASTATTELUT:

Rakennusarkkitehti Vaija, A. Kotkan kaupunki, suunnittelupäällikkö. Haastattelu 30.3.2011. Kotka.

Rakennusinsinööri Yrjönen, V. Kotkan kaupunki, rakennustarkastaja. Haastattelu 3.4.2011. Kotka.

Haastattelukysymykset:

1. Henkilötiedot: Nimi, Koulutus, Nykyinen ammattinimike.
2. Työssäsi olet usein tekemisissä matalaperustusten kanssa. Mikä on oma mielipiteesi niiden hyvistä puolista?
3. Matalaperustuksiin liittyy myös paljon mm. kosteus- ja homeongelmia. Mihin virheisiin tai ongelmiin olet itse ”joutunut” tai kohdannut työssäsi? Erityisesti 1950-1970 rakennuksissa.
4. Mistä luulet virheiden syntyneen?
5. Miten mielestäsi virheitä voidaan välttää tulevaisuudessa?