

Tyypillisen kerrostalohankkeen routasuojauksen mitoitus

Jere Lappalainen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

LAPPALAINEN, JERE:
Tyypillisen kerrostalohankkeen routasuojauksen mitoitus

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 11 sivua
Huhtikuu 2022

Suomen kylmien talvien ja ympärivuotisen rakentamisen takia roudan haittavaikutukset tulee ottaa huomioon rakennesuunnitteluprosessissa ja rakentamisessa. Riittävällä routasuojauksella sekä oikeanlaisilla rakenneratkaisuilla roudan vaikutukset voidaan kuitenkin eliminoida. Tässä opinnäytetyössä luodaan kattavat suunnitteluohjeet ja mitoitusohjelmat työn tilaajalle Insinööritoimisto Jonecon Oy:lle.

Työssä luotiin perusteelliset suunnitteluohjeet tyypillisen kerrostalohankkeen routasuojaukselle sekä luoda mitoitusohjelma niiden perusteella tehostamaan suunnittelua. Opinnäytetyö rajautuu tyypillisissä kerrostalohankkeissa esiintyviin alapohjatyyppeihin ja rakenteiden perustuksien routasuojaukseen, infrarakenteita ei käsitellä.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä perustui aihepiirin tuoreimpien tutkimuksien, säädösten ja ohjeiden tutkimiseen. Työssä esitetään routasuojauksen laskentaohjeet sekä routasuojaukseen vaikuttavia muuttujia, kuten erilaisia routasuojausmateriaaleja, alapohjatyyppejä sekä routimisen eri muotoja.

Lopputuloksena saatiin laadittua helppokäyttöiset Excel-laskentaohjelmat routasuojauksien mitoittamiseen erilaisissa tapauksissa sekä mitoitusohjeet tukemaan ohjelmien käyttöä. Muuttuvat rakennuskäytännöt, ilmasto-olosuhteet sekä uudet materiaalit saattavat aiheuttaa ohjeiden vanhentumisen tulevaisuudessa. Jotta tulevaisuudessa voitaisiin edelleen mitoittaa routasuojaus tarkasti, tulee edellä mainittujen seikkojen yksittäis- ja yhteisvaikutuksia tutkia lisää.

ABSTRACT

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

LAPPALAINEN, JERE:
Ground frost Insulation Dimensioning in a typical Apartment Building Project

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 11 pages
April 2022

Due to Finland's cold winters and year-round construction, the adverse effects of frost must be considered in the structural design process and construction. This thesis originated from the need of the client, Insinööritoimisto Jonecon Oy, for the frost protection design guidelines and a sizing program.

The aim of the work was to create comprehensive design guidelines for the frost protection of a typical apartment building project and to create a sizing program based on them to make the designing process more efficient. The thesis is limited to the frost protection of the foundations of different subfloor types and structures found in typical apartment building projects; infrastructure is not covered.

The research method of the thesis was a literature review, which was based on the latest research, regulations, and guidelines in the field. In the theoretical part of the thesis, the variables affecting frost protection are introduced, such as different frost protection materials, subfloor types and frosting itself. In addition, the calculation guidelines for frost protection are introduced.

The result was an easy-to-use Excel calculation program for sizing frost protection and sizing instructions to support the use of the program. Changing construction practices, climatic conditions and new materials may cause the guidelines to become obsolete in the future.

Key words: ground frost insulation, ground frost, civil engineering, geotechnical engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	ROUTIMINEN	7
	2.1 Routa ja sen muodot	7
	2.2 Roudan muodostuminen	8
	2.3 Routivuus	9
	2.4 Routavauriot.....	11
3	ROUTAERISTEMATERIAALIT	12
	3.1 Routaeristeiden vaatimuksia	12
	3.2 Lämmönjohtavuus.....	12
	3.3 Käyttöolosuhteet	13
	3.4 Paisutetut polystyreenisolumuovilevyt (EPS)	13
	3.5 Suulakepuristetut polystyreenisolumuovilevyt (XPS)	14
	3.6 Vahtolasi	15
4	KUIVATUS.....	16
5	MITOITUSTEKIJÄT	17
	5.1 Yleistä	17
	5.2 Ilmasto	17
	5.3 Pohjasuhteet	19
	5.4 Perustustyyppi.....	19
	5.5 Alapohja	20
	5.5.1 Maanvarainen alapohja	21
	5.5.2 Ryömintätilainen alapohja	22
6	MITOITUS.....	24
	6.1 Mitoitusperiaatteet.....	24
	6.2 Roudan syvyys.....	24
	6.3 Lämpimät rakenteet	26
	6.3.1 Mitoituksen kulku lämpimillä rakenteilla.....	27
	6.3.2 Alapohjan lämmönvastus	27
	6.3.3 Perusmuurin lämmönvastus	29
	6.3.4 Ryömintätilan routasuojaustarve sekä tuuletus	32
	6.3.5 Routaeristyksen leveys ja rakennuksen ulkonurkat.....	33
	6.3.6 Routaeristeen lämmönvastus ryömintätilaisella alapohjalla	34
	6.3.7 Routaeristeen lämmönvastus maanvaraisella alapohjalla ..	36
	6.3.8 Puolilämpimät rakennukset	39
	6.4 Kylmät rakenteet	39
	6.4.1 Mitoituksen kulku kylmillä rakenteilla	40
	6.4.2 Routaeristeen lämmönvastus kylmillä rakenteilla	43

7	ROUTASUOJAUS TULEVAISUUDESSA.....	45
7.1	Alapohjan lämmöneristysvaatimuksen lisääminen.....	45
7.2	Ilmastonmuutos.....	45
8	POHDINTA	47
	LÄHTEET.....	49
	LIITTEET	51
	Liite 1. Esimerkkilaskelmat.....	51
	Liite 2. Laskuri lämpimien ryömintätilaisten rakennusten routasuojauksen mitoitukselle.	59
	Liite 3. Laskuri lämpimien maanvastaisten rakennusten routasuojauksen mitoitukselle.	60
	Liite 4. Laskuri kylmien rakennusten tai rakenteiden routasuojauksen mitoitukselle.	61

1 JOHDANTO

Talvella maassa olevan veden jäätyminen, eli routiminen, johtaa mahdollisesti maan pinnan kohoamiseen. Kyseistä ilmiötä esiintyy voimakkaimmin niissä osissa maapalloa missä pakkanen on talvella kovimmillaan, mutta maa ei kuitenkaan ole ikiroudassa. Maan routiminen saattaa aiheuttaa merkittäviä omaisuuden menetyksiä tai pahimmassa tapauksessa henkilövahinkoja.

Suomen pitkien ja kylmien talvien takia routimista esiintyy joka puolella maata ja sitä pyritään hallitsemaan routasuojauksen avulla. Ilmaston mahdollinen muuttuminen sekä uudet materiaalit ja päivittyneet rakentamiskäytännöt aiheuttavat pitkään käytettyjen routasuojausohjeiden vanhentumista. Tämä nousee esille vahvasti varsinkin talonrakentamisessa. Ryhdyttäessä suunnittelemaan rakennuksen pohjarakenteita on siis tärkeää, että suunnittelija tuntee sekä ymmärtää viimeisimmät routasuojausohjeet ja toimii niiden mukaisesti.

Tässä työssä selvitetään mistä routiminen johtuu, mitä sen on ja mitä se aiheuttaa. Opinnäytetyössä selvitetään myös, miten routimista pystytään tarvittaessa hallitsemaan erityyppisillä alapohjarakenteilla. Routan hallitsemisen myötä tutkitaan erilaisia routaeristeitä sekä niiden käyttökohteita ja tarkoituksia. Myös ilmastonmuutoksen vaikutusta routasuojaukseen tutkitaan. Lopuksi selvitetään routasuojauksen laskentaohjeet käsin laskentaa varten sekä luodaan laskentaohjeiden perusteella laskentaohjelma.

Opinnäytetyö on tehty Insinööritoimisto Jonecon Oy:n toiveesta työkaluksi routasuojauksen suunnitteluun. Työn teoreettisella viitekehyksellä pyritään varmistumaan suunnittelijan riittävästä routasuojauksen ymmärryksestä. Laskentaohjeessa käydään läpi routasuojauksen mitoitus eri tilanteissa ja eri rakenteille vaiheittain. Laskenta perustuu Suomen Rakennusinsinöörien Liiton RIL ry:n Routasuojaus 2013 mukaiseen mitoitukseen. Opinnäytetyön ohella Insinööritoimisto Jonecon Oy:lle luotiin myös laskuri routasuojauksen laskentaa varten.

2 ROUTIMINEN

2.1 Routa ja sen muodot

Lämpötilan laskiessa alle 0 °C maan huokosissa oleva vesi jäätyy jäälinsseiksi, jolloin sen tilavuus kasvaa noin 9 % (Jyväskylän yliopisto 2013). Veden jäätymisestä kovettunutta maakerrosta kutsutaan roudaksi. Routimiseksi kutsutaan maan tilavuuden muutosta sen huokosveden jäätyksen takia. (RIL 261-2013 2013, 25.) Routivan maan tilavuuden suureneminen johtaa maanpinnan kohoamiseen eli routanousuun. Tyypillisesti routanousu on epätasaista, mikä johtuu esimerkiksi rakennuspohjan laadun vaihtelusta. Rakenteisiin kohdistuu routimispainetta, mikäli nousua ei pääse tapahtumaan. Veden sulaessa sen tilavuus pienenee ja kohonnut maakerros laskee. (Kivikoski 2007, 9–18.) Jäätyneen maakerroksen paksuudesta käytetään nimitystä roudan syvyys ja kyseisen kerroksen alapintaa routarajaksi (Rantamäki, Jääskeläinen & Tammirinne 1979, 115–116).

Routimiselle on neljä perusedellytystä, joista kaikkien pitää toteutua routimisen tapahtumiseksi:

1. Maaperän on oltava routivaa
2. Maaperässä on oltava vettä, jotta jäälinssejä voi muodostua
3. Lämpötilan on oltava alle 0 °C jotta vesi voi jäätyä
4. Routimispaineen tulee olla suurempi kuin yläpuoliset kuormitukset
(Pyökkänen & Nurmikolu 2015, 65.)

Roudan neljä eri esiintymismuotoa ovat rouste eli pintarouta, massiivinen routa, onkalarouta ja kerrosrouta. Kerrosrouta on edellä mainituista routimisen muodoista hankalin tapaus rakentamisen kannalta, sillä siinä syntyy jäälinsejä ja -kerroksia, jotka aiheuttavat routanousua. Roustetta esiintyy vuoden ensimmäisillä pakkasilla ennen lumen tuloa. Rouste muodostuu pystysuorista jääsälöistä ja -neulasista, joiden päällä on ohut kerros maata. Onkalarouta muodostaa löyhän ja muokatun maakerroksen onkaloihin jäätyneestä vedestä pieniä neulasia. Massiivinen routa tarkoittaa routakerrosta, joka syntyy koko talvikauden aikana. Massiivisessa roudassa ei tapahdu muutoksia kokonaistilavuudessa. (Rantamäki ym. 1979, 115–116.)

2.2 Roudan muodostuminen

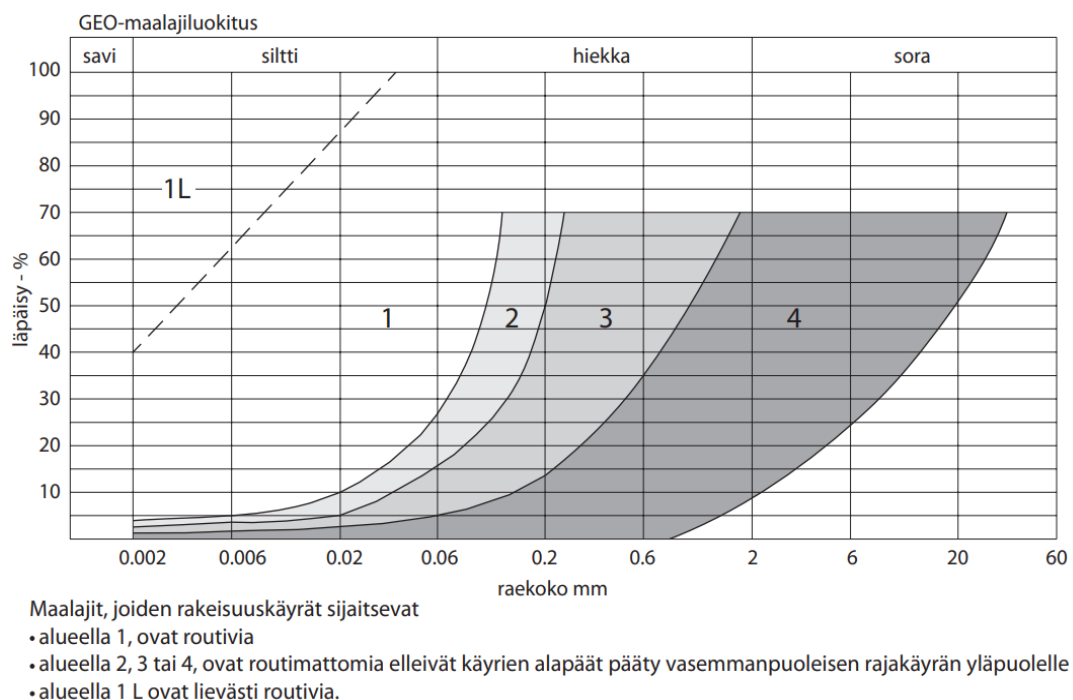
Käytännössä ainoastaan massiivisella roudalla, varsinkin kerrosroudalla, on merkitystä. Pääasiassa massiivista routaa muodostuu turpeessa sekä karkearakeisissa maalajeissa. Maassa, jossa massiivista routaa syntyy, on harvoin veden kyllästyttämä eikä muodostunutta jäätä havaita silmämäärin. Vesi ”liimaa” maarakeet yhteen. Maalajin rakeisuuden takia jäätynyt vesi pääsee laajenemaan maassa alaspäin tai sivulle kasvattamatta maan tilavuutta. (Rantamäki ym. 1979, 115–116.)

Kerrosroudان muodostumisessa maan tulee olla vedellä kyllästynyt, mutta sen vedenläpäisevyyden tulee kuitenkin olla riittävän huono pitämään jäätyvä vesi maahuokosessa. Jäätyvä vesi maahuokosessa aiheuttaa maahuokosen paisumista mikä siirtää ympärillä olevien rakeita irti toisistaan, jolloin kapillaarikäytäviä pitkin alipaineen auttamana vesi imeytyy rakeiden väliin jäätymään. Prosessin toistuessa kyseiseen kohtaan muodostuu vähitellen jäälinssi. Jäätymisrintaman laskiessa pakkasen mukana alaspäin alkaa jäälinsejä muodostumaan päällekkäin. Kerrosroudان syntyvyyteen ja sen rakenteeseen vaikuttavat tekijät kuten:

- maalajin vedenläpäisevyys sekä rakeisuus
- maalajin kapillaarisuus sekä pohjaveden sijainti
- luonnollinen vesipitoisuus maassa
- routaantumisnopeus
- kuormitus routivassa kohdassa. (Rantamäki ym. 1979, 115–116.)

2.3 Routivuus

Routivuus tarkoittaa maalajin todennäköisyyttä paisua jäätyessään. Routimattomalla maalajilla kuten soralla routiminen on niin vähäistä, ettei sillä ole merkitystä rakenteiden kannalta. Erittäin routivalla maalajilla kuten siltillä riski routia on suuri sekä routanousu voimakasta. Vaikka maalaji ei olisikaan routivaa voi se jäätyessään silti paisua maanalaisen paantamisen yhteydessä. Tyypillisissä kerrostalohankkeissa paantamista, eli jäätyneen maan kohoamista paineellisen pohjaveden takia, ei kuitenkaan pääse tapahtumaan. Maalajin routivuuden arvioinnissa käytetään yleisimmin rakeisuuskäyrää (kuvio 1). (RIL 261-2013 2013, 25.)



KUVIO 1. Maalajin routivuuden määrittäminen rakeisuuskäyrää hyödyntäen (RT 89-11002, 2010, 7)

Routivuuden arviointiperusteena ja rakeisuuskäyrän tukena käytetään myös maalajin kapillaarisuutta (taulukko 1). Kapillaarisuuden jäädessä alle yhden metrin todetaan sen olevan routimatonta. (RIL 261-2013 2013, 25.)

TAULUKKO 1. Maalajien routivuusryhmät (RIL 261-2013 2013, 42)

Routivuusryhmä	Maalaji (GEO)	Huom.
Yleensä routiva	Sa Si saSi hkSi SiMr saSiMr hkSiMr siHkMr	Siitti muodostaa edulliset olosuhteet veden virtaukselle jäätymisrintamaan Kapillaarisuus > 2 m
Routiva, jos jäätymisrintamaan voi kulkeutua riittävästi vettä	Mr HkMr SrMr siHk	Kapillaarisuus 1...2 m
Yleensä routimaton	HkMr SrMr hkSrMr srHkMr srHk hkSr Hk Sr	Kapillaarisuus < 1 m

Routivuus kuitenkin kuvaa ensisijaisesti vain sitä riskiä, kuinka todennäköisesti maalaji routii eikä suoraan sitä, kuinka voimakkaasti tai paljon routanousua tapahtuu (RIL 261-2013 2013, 42). Routanousun määrää ja voimakkuus voidaan selvittää routanousukokeen avulla. Tällöin routivuuskriteerinä eli maalajin ominaisuutta routia on kuvaamassa segregatiopotentiaali SP eli routimiskerroin. Routanousunopeus on verrannollinen vallitsevaan kuormitukseen, lämpötilagradienttiin sekä routimiskertoimeen. (Kivikoski 2007, 11.)

2.4 Routavauriot

Maan routiessa sen tilavuus kasvaa siinä olevan veden jäätyessä ja pienenee jään sulaessa, jolloin maassa syntyy pystysuuntaista liikettä. Usein routimisesta syntyvä routapaine on niin suuri, että se riittää nostamaan rakenteita. Tämä pystysuuntainen liike saattaa aiheuttaa rakenneosille tai rakennuksille haittaa tai vaurioita. Tällaisia vaurioita voivat olla esimerkiksi betonin halkeilu ja kevyiden rakenteiden kuten ikkunoiden vauriot sekä maapinnan kallistuminen rakennusta kohti, jolloin kosteusrasitus kasvaa. (RIL 261-2013 2013, 55)

Epätasaiseen routanousuun vaikuttavat rakennuspohjalla epätasainen veden virtaus sekä maalajien vaihtelu. Kohdat, joissa routivalla maalla olevat rakenteet liittyvät routimattomalla maalla oleviin rakenteisiin ovat erityisen herkkiä epätasaiselle routanousulle. Epätasainen routanousu saattaa aiheuttaa rakenteissa kuten perustuksissa tai seinissä halkeamia. Roudan sulaessa on mahdollista, että rakenteet eivät laske takaisin alkuperäiseen korkeuteensa, mikä saattaa aiheuttaa pahenevia routavaurioita ajan myötä. (Kivikoski 2007, 16–19.)

Raimo Jääskeläinen ei pidä syynä routavaurioille tiedon puutetta vaan halua karsia rakennuskustannuksia ja vähättelevää suhtautumista roudan haittavaikutuksiin. Tavallisesti kustannuksen karsimisen kohteiksi joutuvat puolilämpimät ja kylmät rakennukset ja rakenteet. Rakentamisen suunta on selvästi tekemässä korjausliikettä, eikä omakotirakentajakaan enää siedä pihalleen routimisen aiheuttavia kumpuja tai muita vaurioita elintason nousun myötä. (Jääskeläinen 2009, 147.)

Tavallisesti routasuojauksien korjaustarve selvitetään kuntotutkimuksissa. Routasuojauksen korjaustoimenpiteet on aloitettava mahdollisimman pian niiden puutteiden toteamisen myötä, mikäli puutteet saattavat aiheuttaa routavaurioita. (Routavauriot n.d.)

3 ROUTAERISTEMATERIAALIT

3.1 Routaeristeiden vaatimuksia

Routasuojauksessa voidaan käyttää useita eri tuotteita kuten paisutettuja tai suulakepuristettuja polystyreenisolumuovilevyjä, polyeteenisolumuovimattoja ja -levyjä, kevytsoraa, vaahtolasia tai muita teollisuuden sivutuotteita. Kunkin tuotteen tulee säilyttää sille ilmoitetut ominaisuudet koko käyttöikänsä ajan. Tämä tarkoittaa minimissään 50 vuotta rakennuksissa. (RIL 261-2013 2013, 63.)

Lähtökohtaisesti maaperä oletetaan aina routivaksi. Kuitenkin sen ollessa routimatonta routasyvyyteen asti ei perustuksia tarvitse routasuojata. Maan routimattomuus on tällaisissa tilanteissa pystyttävä osoittamaan maaperästä otetuilla näytteillä (Jääskeläinen 2009, 148). Perustuksia ei myöskään tarvitse routasuojata, mikäli perustustaso ylittää alle routasyvyyden.

3.2 Lämmönjohtavuus

Routaeristemateriaalit ovat rakeisia, huokoisia tai kiinteitä, monoliittisiä aineita. Materiaalin lämmöneristävyys riippuu sen lämmönjohtavuudesta (λ , W/mK). Lämmönjohtavuuteen taas vaikuttaa eristemateriaalin koostumus sekä siinä käytettävien ainesosien yksittäiset lämmönjohtavuudet. Eristemateriaalin ilmahuokoisuus on tärkein tekijä sen lämmönjohtavuuden kannalta, sillä ilman lämmönjohtavuus on vain noin 0,023 W/mK. (RIL 261-2013 2013.)

Valmistajan ilmoittama lämmönjohtavuus $\lambda_{Declared}$ toimii lämmönjohtavuuden suunnitteluarvon $\lambda_U = \lambda_{design}$ lähtökohtana. Valmistaja vastaa ilmoittamansa lämmönjohtavuuden oikeellisuudesta ja määrittämisestä. Suunnitteluarvo määritellään standardin SFS-EN ISO 10456 mukaisella kaavalla 1. (RIL 261-2013 2013, 62.)

$$\lambda_U = \lambda_{Declared} \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a \quad (1)$$

jossa

F_T = lämpötilan muuntotekijä

F_m = kosteuden muuntotekijä

F_a = vanhenemisen muuntotekijä

3.3 Käyttöolosuhteet

Routaeristeiden olosuhteet luokitellaan kuuluvan joko normaaleihin tai kosteisiin olosuhteisiin. Tämä on tärkeää huomioida sillä eristeen ominaisuudet vaihtelevat olosuhteiden mukaan. Normaaleissa olosuhteissa routaeristeet voivat olla kosketuksessa kostean maan kanssa, mutta eivät pohjaveden tai painovoimaisesti virtaavan veden kanssa. Tyypillisesti normaaleissa olosuhteissa routaeristeen alla on salaojitettu kerros. Normaaleissa olosuhteissa voidaan käyttää laskennassa routaeristeen suunnitteluarvoa λ_U . Lähtökohtaisesti pyritään aina suunnittelemaan kuivatus niin että eristeet ovat normaaleissa olosuhteissa. (RIL 261-2013 2013, 62.)

Kosteissa olosuhteissa eriste joutuu mahdollisesti kosketukseen pohjaveden kanssa. Tällaisia tapauksia voivat olla esimerkiksi anturan alle sijoitetut routasuojaukset. Vaikka eriste olisikin kosteissa olosuhteissa tulee sille aina järjestää kuivatus. Kosteissa olosuhteissa routasuojauksen mitoituksessa käytetään λ_{mit} arvoja. (RIL 261-2013 2013, 63.)

3.4 Paisutetut polystyreenisolumuovilevyt (EPS)

EPS-eristeet valmistetaan paisuttamalla polystyreenihelmiä vesihöyryn avulla. Valmistusprosessissa pentaani toimii ponneaineena, jonka ilma korvaa valmistuksen yhteydessä. Eristeen lämmöneristävyys perustuu ilmaan sen suljetussa solurakenteessa. Normaaleissa olosuhteissa EPS Routa -eristeiden lämmönjohtavuus λ_U vaihtelee rajoissa 0,033–0,036 W/mK ja $\lambda_{mit} = 0,065$ W/mK (RT 36-11113, 2013).

Routaeristeenä käytettävien eristeiden puristuslujuus määritetään 10 %:n lyhytaikaisella ja 2 %:n pitkäaikaisella kokoonpuristumalla. Pitkäaikainen puristuslujuus perustuu 50 vuoden mitoitusikään ja se vaihtelee 35–90 kPa välillä. Lyhytaikainen puristuslujuus kerrotaan tuotteen nimen perässä esimerkiksi 120, EPS-nimen perässä ja se vaihtelee 120–300 kPa välillä. (RIL 261-2013 2013, 66.)

Mikäli eristeelle tuleva kuorma on pieni, kuten pelkkä yläpuolisen maakerroksen paino, voidaan käyttää EPS 120 -laatua. Koska kyseinen kuormitustapaus on hyvin yleinen, on EPS 120 Routa eniten käytetty routaeriste Suomessa. Lisäksi kuten ”Routa” tuotenimen perässä kertoo eristeen käyttötarkoituksen. Tyypillisin varastokoko EPS-eristeillä on 1000 mm x 1200 mm. Tavanomaisimmat valmistettavat paksuudet ovat 50, 70, 75 ja 100 mm. (EPS-rakennuseristeteollisuus n.d.)

3.5 Suulakepuristetut polystyreenisolumuovilevyt (XPS)

Suulakepuristus eli ekstruusio on menetelmä, jossa muoviraaka-aine sulatetaan ja muotoillaan jatkuvana prosessina suulakkeen läpi (Muoviteollisuus Ry n.d.). XPS-eristeen valmistuksessa hiilidioksidia tai muuta kaasua liuotetaan sulaan polystyreeniin korkeassa paineessa (RIL 261-2013 2013, 66). Hiilidioksidi korvautuu ilmalla muutamassa viikossa valmistuksesta. XPS-eristeen lämmönjohtavuuden arvo λ_U vaihtelee välillä 0,030–0,037 W/mK ja $\lambda_{mit} = 0,05$ W/mK (RT 36-11102, 2012).

Kuten EPS niin myös XPS-eristeiden puristuslujuus määritetään 10 %:n lyhytaikaisella sekä 2 %:n pitkäaikaisella kokoonpuristumalla. Lyhytaikainen puristuslujuus vaihtelee välillä 200–700 kPa ja pitkäaikainen välillä 80–300 kPa laadusta riippuen (RIL 261-2013 2013, 67). Suuren puristuslujuudensa takia XPS-eristeitä käytetään paikoissa, joissa EPS-eriste ei kestäisi esimerkiksi rakennuksen perustusten alla sekä käännettyissä katoissa.

3.6 Vahtolasi

Vahtolasi on routimatonta kevytkiviainesta ja sitä käytetään talonrakennuskohteissa routaeristeenä, kevennysaineena sekä kapillaarikatkona (Foamit suunnitteluohje talonrakentamiseen 2020). Vahtolasi valmistetaan paisuttamalla keräyslasista jauhattua lasijauhetta uunissa noin 900 asteessa. Lasijauheeseen lisätään ennen uuniin menoa vaahdotusagenttia. Paiston jälkeen paisunut lasimassa jäähdytetään nopeasti, jotta se halkeilee keskimäärin #10–60 mm kokoisiksi palasiksi. Muita raekokoja voidaan tarpeen vaatiessa valmistaa seulomalla tai murskaamalla. Lämmönjohtavuus λ_{mit} tiivistetyllä vahtolasilla maarakenteissa normaaliolosuhteissa on noin 0,15–0,20 W/mK riippuen maaperän kosteudesta. Toisin kuin EPS:llä ja XPS:llä vahtolasilla käytetään aina lämmönjohtavuuden λ_{mit} arvoa. (RIL 261-2013 2013, 68.)

Vahtolasin tilavuuspainon arvona suunnittelussa voidaan käyttää 3,5 kN/m³ alapohjissa sekä perustusten vierustäytöissä, mikäli kuivatus on toimiva. Kuivatuksen ollessa puutteellinen on suunnittelijan itse arvioitava millaiset kosteusolosuhteet rakenteessa ovat. Puristuslujuuden suunnitteluarvona Foamit-vahtolasimurskeella käytetään 600 kPa staattiselle kuormitukselle. (Foamit suunnitteluohje talonrakentamiseen 2020)

4 KUIVATUS

Maa- ja pohjarakenteet tulee suunnitella siten, että maaperän kosteus ei aiheuta haittaa rakenteille ja samalla voidaan välttää routimisesta aiheutuvat ongelmat. Kuivauksen ollessa puutteellinen pääsee maaperän vesi vaurioittamaan rakenteita sekä niiden pinnoitteita. Homeetta ja lattiasieniä sekä niistä aiheutuavia hajuhaittoja esiintyy tyypillisesti kosteissa tiloissa. (RIL 126-2020 2020, 1.) Kosteiden tilojen homevauriot on tunnistettavissa niiden ”mummonmökkimäisestä” hajusta.

Kunnollinen kuivatusjärjestelmä on yksi perusoletus lähdettäessä suunnittelemaan routasuojasta, sillä kuten aiemmin jo todettiin routaeristemateriaalit toimivat heikommin märkinä eikä routimista pääse tapahtumaan ilman vettä. Routaeristeitä, jotka jäävät pohjavedenpinnan alapuolelle ei tulisi suunnitella. (Jääskeläinen 2009, 156.) Kuivatusrakenteet koostuvat salaojista sekä salaojituskerroksesta, jotka estävät veden kapillaarista nousua. Piha-alueilla kuivatukseen kuuluu pinnantasaus, jolla ohjataan vesi pois rakenteiden läheltä sekä tarvittaessa ojitus. (Kivikoski 2007, 62–63.)

Rakennuksen perustuksien kuivatustarve vaihtelee riippuen rakenteiden sijainnista pohjavedenpintaan nähden sekä maaperän laadusta. Ensisijaisesti kuivatuksen laajuuteen vaikuttaa maalajin vedenläpäisevyys sekä pohjaveden korkeus rakenteisiin nähden. Kuivatustoimenpiteisiin kuuluvaa salaojitusta ei tarvitse tehdä, jos rakennus sijaitsee maaperällä, joka on routimatonta ja hyvin vettä läpäisevää. Pinnantasaus tulee aina toteuttaa niin että vedet eivät joudu kosketuksiin kuivana pidettävien rakenteiden kanssa, vaikka maa olisikin roudassa. (RIL 126-2020 2020, 31)

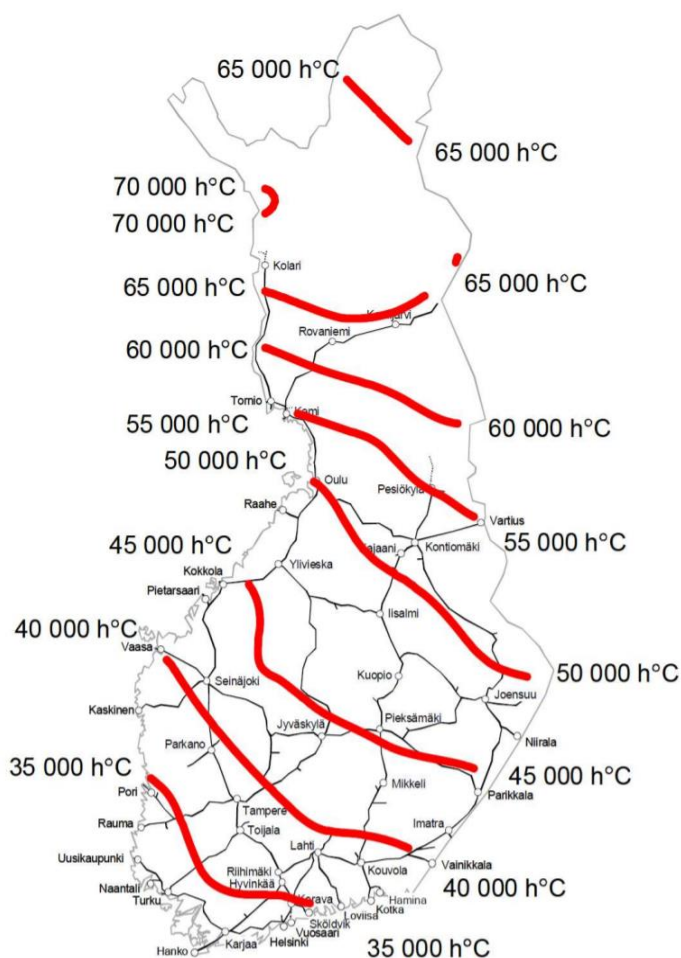
5 MITOITUSTEKIJÄT

5.1 Yleistä

Tässä kappaleessa käsitellään routasuojauksen mitoituksen kannalta merkittävimpiä tekijöitä, joita ovat ilmasto, pohjasuhteet, perustuksen ja alapohjan rakenne sekä perusmuurirakenne (RIL 261-2013 2013, 78–82). Maalajin, maassa vaikuttavien jännitysten, huokosveden laadusta, mineraalikoostumuksesta tai veden liikkeistä maassa syntyviä vaikutteita ei oteta huomioon routasuojauksen mitoittaessa sillä se olisi verrattain työlästä hyötyyn nähden (Kivikoski 2007, 11).

5.2 Ilmasto

Merkittävin ilmastotekijä mitoittaessa rakennuksen routasuojaukselta on rakennusalueen pakkasmäärä. Luonnollisesti siis routiminen aiheuttaa enemmän ongelmia mitä pohjoisempaan ollaan rakentamassa. Talven ankaruus määrittelee vuoden pakkasmäärän. Vaihtelu vuoden pakkasmäärissä voi olla suurta, joten talonrakentamisessa käytetään 50 vuoden välein toistuvaa pakkasmäärää F_{50} . Eri tarkoituksissa käytettäviä pakkasmääriä ovat F_2 , F_5 , F_{10} , F_{20} , F_{50} , F_{100} . Tilastollisten pakkasmäärien laskuun on käytetty Ilmatieteen laitoksen säähavaintoja. (RIL 261-2013 2013, 16, 75–76.) Pakkasmäärät esitetään tyypillisesti kuvioissa (kuvio 2) joista kunkin paikkakunnan pakkasmäärä on helposti luettavissa.



KUVIO 2. Kerran 50 vuodessa toistuva suurin pakkasmäärä F_{50} (RATO 3 Radan rakenne, 52).

Rakentamispaikan vuoden keskilämpötila on otettava huomioon työnaikaisen sekä kylmien rakenteiden routasuojauksen mitoituksessa. Lumipeite on merkittävä routaantumisen pienentäjä, mutta lumen vaikutusta saa käyttää vain erityistapauksissa kuten tietyissä kylmissä rakenteissa tai putkijohdoissa. Sopivissa olosuhteissa lumipeitteen vaikutusta voidaan käyttää hyödyksi työnaikaisessa routasuojauksessa. Pohjaveden asemaan sekä vesipitoisuuteen routaantuvassa kerroksessa vaikuttaa sademäärä. (RIL 261-2013 2013, 15.)

Mitoituspakkasmäärä valitaan kylmillä rakenteilla riippuen siitä, kuinka hyvin rakenteet kestävät pohjamaan liikkeitä johtuen routimisesta. Kuitenkin jos rakenne on kiinteästi kiinni lämpimässä rakenteessa, tulee routasuojauksen mitoituksessa käyttää F_{50} pakkasmäärää. (RIL 261-2013 2013, 119.)

5.3 Pohjasuhteet

Jokaisen rakennushankkeen yhteydessä on selvitettävä, yleensä ennakolta, rakennuspohjan laatu. Pohjatutkija pyrkii selvittämään tutkimuksillaan kallion tai maaperän kerrosten geotekniset ominaisuudet siten että tiedot ovat riittävän kattavat pohjarakenteiden suunnittelun kannalta. Pohjatutkimuksien laajuus määritetään maaperälle tulevien kuormitusten, rakenteiden sekä rakennuspohjan perusteella. (Kivikoski 2007, 25; RIL 261-2013 2013, 80.)

5.4 Perustustyyppi

Matalaperustuksilla roudaton perussyvyys jää perustustason yläpuolelle, jolloin roudan pääsy perustuksien alle on estettävä routasuojauksella käyttäen. Roudan tunkeutumissyvyys vaihtelee riippuen rakenteen tai rakennuksen muodosta, lämpösuhteista sekä perustuksen rakenteesta. Roudan tunkeutumissyvyyteen ja lämpökenttään vaikuttavat mm. seuraavat rakenteista vaihtelevat tekijät:

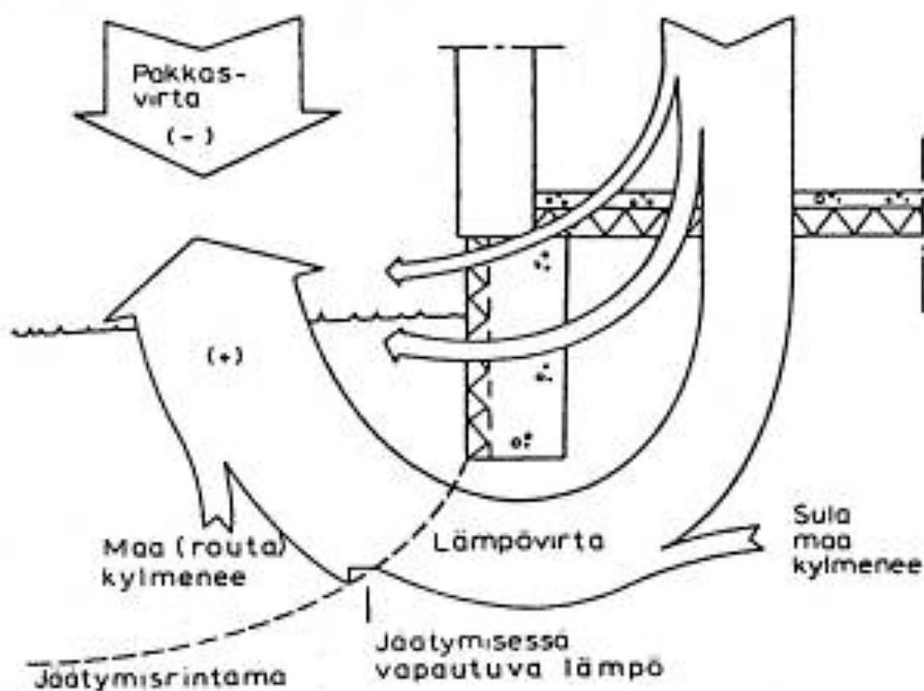
- sisälämpötila rakennuksessa
 - alapohjan, perusmuurin sekä routasuojauksen lämmönvastukset
 - maanpinnan ja alapohjaeristeen alapinnan etäisyys
 - ryömintätilaisen alapohjan ryömintätilan korkeus, lämpötila ja tuuletus
- (RIL 261-2013 2013, 80–81 & Kivikoski 2007, 10.)

Roudan tunkeutumissyvyys vaihtelee riippuen rakenteen osista. Rakennuksen ulkonurkilla kolmiulotteisen lämpötilankentän takia roudan tunkeutumissyvyys ylettyy syvemmälle kuin seinälinjalla. Ulkonurkissa 1,5–2,5 metrin etäisyydellä riippuen pakkasmäärästä tarvitaan siis lisäroutaeristettä (RIL 261-2013 2013, 81.)

5.5 Alapohja

Ympäristöministeriö on määritellyt asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudessa lämpimien ja puolilämpimien rakennuksien alapohjien lämmöneristysvaatimukset. Pykälässä 24 todetaan lämpimän ryömintätilaan rajoittuvan alapohjan vähimmäislämmönläpäisykertoimeksi $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja maanvastaisen alapohjan $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. (YM:a uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017.)

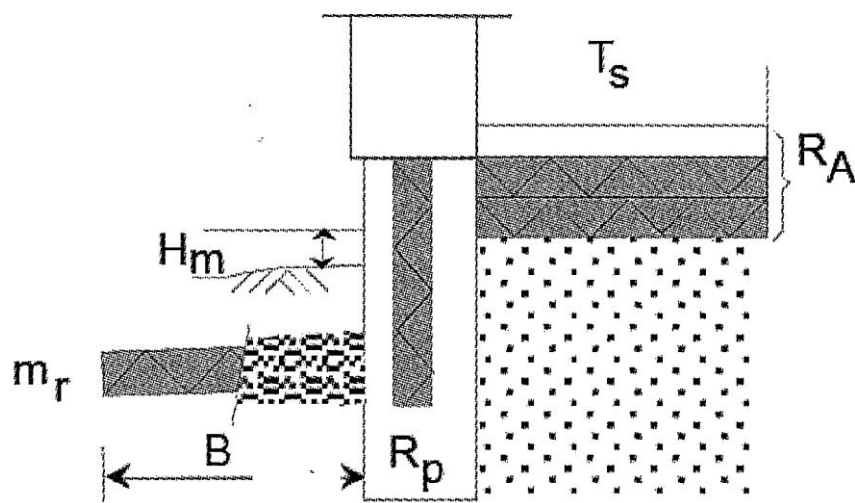
Mitä paremmin alapohjan lämmöneristys on toteutettu, sitä paremmin on routasuojauskin toteutettava, sillä lämpövirta rakennuksen alapohjan kautta estyy. Tämä pitää paikkansa myös perusmuurin eristämisessä. Kuviossa 3 havainnollistetaan lämpövirran kulkeutumista rakennuspohjassa. (Jääskeläinen 2009, 155.)



KUVIO 3. Lämpövirran kulku rakennuspohjassa (Routavauriot n.d.)

5.5.1 Maanvarainen alapohja

Maanvaraisella alapohjalla maan ja alapohjan välille ei jää ryömintätilaa vaan alapohjan lämmöneriste on kiinni pohjamaassa. Maanvaraisella alapohjalla routimisen kannalta on siis vähemmän muuttujia kuin ryömintätilaisella alapohjalla. Perusmuurin lämmöneristävyys vaikuttaa olennaisesti routaeristeen määrään. Routasyvyys pienenee parantaessa perusmuurin lämmöneristävyttä, kun taas sokkelin korkeuden kasvattaminen kasvattaa roudan syvyyttä. (RIL 261-2013 2013, 82.)



KUVIO 4. Roudan tunkeutumissyvyyteen vaikuttavat tekijät maanvaraisella alapohjalla (RIL 261-2013 2013, 81, muokattu).

Kuviossa 4 esitetyt roudan tunkeutumissyvyyteen vaikuttavat tekijät:

R_p = perusmuurin lämmönvastus

T_s = sisälämpötila

R_A = alapohjarakenteen lämmönvastus

m_r = routasuojauksen lämmönvastus

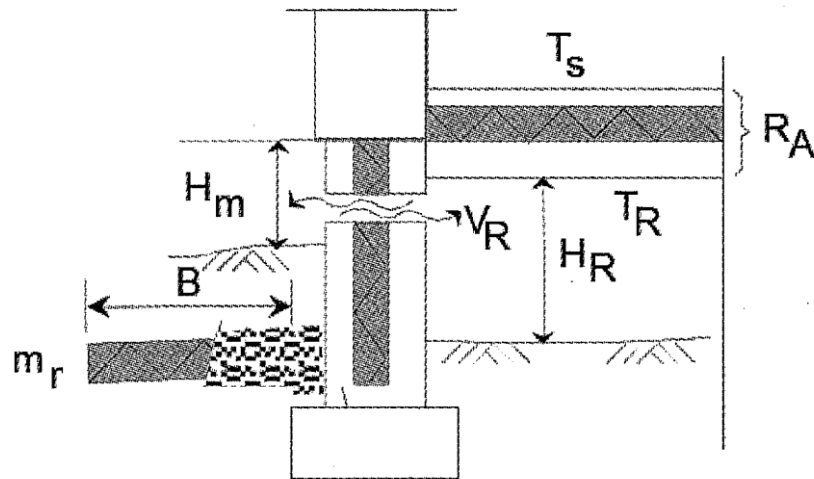
H_m = maanpinnan ja alapohjan eristyksen alapinnan etäisyys

B = routaeristeen leveys

5.5.2 Ryömintätilainen alapohja

Ryömintätilaisella alapohjalla maanpinnan ja alapohjarakenteen väliin jää tuulettuva ryömintätila. Suositeltu korkeus ryömintätilalle on 1,2 metriä ja vähimmäiskorkeus 0,8 metriä. Erikoistapauksissa kuten alapohjan kannatinpalkin kohdalla ryömintätilan korkeus voi olla alle vähimmäiskorkeuden, tällöin palkin vaikutus on otettava huomioon suunniteltaessa alapohjarakennetta. (RIL 107–2012 2012, 56.)

Tyypillisesti ryömintätilaista alapohjaa tuuletetaan ulkoa saatavalla ilmalla, jolloin ryömintätilan lämpötilaan vaikuttaa tuuletuksen määrä sekä ulkoilman lämpötila. Tuuletuksella pyritään varmistamaan siitä, että kosteusvaurioita ei pääse syntymään alapohjarakenteissa tai muissa ryömintätilassa sijaitsevissa rakenteissa kuten putkistoissa. Riippuen alapohjan lämmönvastuksesta, rakenteiden kosteusalttiudesta sekä rakennuspohjan kosteudesta tarvittava tuuletusilmamäärä vaihtelee 0,3–0,6 l/sm². Roudan tunkeutumissyvyys kasvaa 0,2–0,3 metriä routasuojatuissa perustuksissa, kun tuuleusta lisätään 0,3:sta 0,6 l/sm²:iin. Riittävä tuuletusmäärä pystytään yleensä varmistamaan ilman koneellista ilmanvaihtoa perusmuurissa olevilla tuuletusputkilla tai tuuletusaukoilla. Kerrostalokohteissa ilmanvaihto kuitenkin usein suunnitellaan ja toteutetaan koneellisena. Perusmuurin lämmöneristeen ollessa asianmukainen ryömintätilan korkeus vaikuttaa routimissyvyyteen suhteellisen vähän. (RIL 261-2013 2013, 82.)



KUVIO 5. Roudan tunkeutumissyvyyteen vaikuttavat tekijät ryömintätillaisella alapohjalla (RIL 261-2013 2013, 81, muokattu).

Kuviossa 5 esitetyt roudan tunkeutumissyvyyteen vaikuttavat tekijät:

H_R = ryömintätillan korkeus

T_R = ryömintätillan lämpötila

V_R = tuuletuksen määrä

6 MITOITUS

6.1 Mitoitusperiaatteet

Tässä työssä tehtävät routasuojauslaskelmat sekä -laskuri perustuvat RIL 261-2013 mukaisiin mitoitusohjeisiin. Laskentaohjelman käyttö mitoituksessa on yleisesti nopein ja kustannustehokkain tapa laskea routasuojauksen määrä. Työn teoria osuus kattaa vain tyypillisen kerrostalohankkeen routasuojauksen kannalta keskeisiä tekijöitä. Routasuojausta mitoittaessa muihin kohteisiin tai yksityiskohtaisemmin tulee suunnittelijan perehtyä kyseiseen kirjaan tarkemmin.

6.2 Roudan syvyys

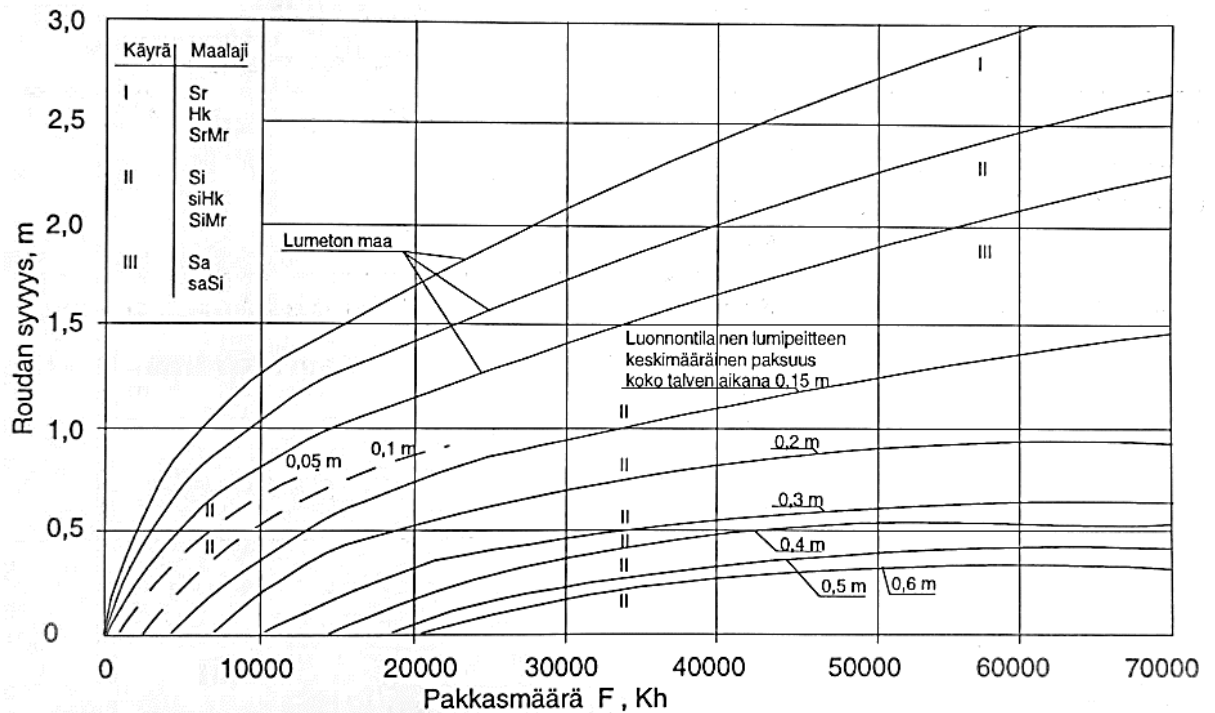
Lähdettäessä mitoittamaan routaeristeitä rakenteille on oleellista tarkistella roudan syvyyttä. Kuten jo kappaleessa 3.1 mainittiin routaeristeitä ei tarvita, mikäli perustustaso ylittää routatason alle. Roudan syvyyttä voidaan arvioida likimääräisellä menetelmällä tai sitä voidaan arvioida laskennallisin keinoin.

Roudan syvyyteen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- pakkasmäärä
- maaperän lämmönjohtokyky
- vesipitoisuus maassa
- suojaava lumi- ja kasvipeite
- vuoden keskilämpötila
- alapohjan, perustuksien sekä rakennuksen rakenne.

(Kivikoski 2007, 13; Rantamäki ym. 1979, 119.)

Vaikka roudan syvyyteen vaikuttaa useampi tekijä voidaan sen syvyys arvioida riittävän tarkasti, kun tunnetaan pakkasmäärä sekä maalaji (RIL 261-2013 2013, 32). Kuviossa 6 esitetään routasyvyyden riippuvuus pakkasmäärästä eri maalajeilla. Kuviossa 6 on myös esitetty lumikerroksen paksuuden vaikutus roudan syvyyteen mutta se voidaan ottaa huomioon vain erityistapauksissa kylmillä rakenteilla.



KUVIO 6. Roudan syvyyden riippuvuus pakkasmäärästä (RIL 261-2013 2013, 33).

Roudan syvyyttä voidaan arvioida myös kaavan 2 mukaisesti. Lauseke on johdettu kokemukseräisesti. Roudan eteneminen hienorakenteisessa maaperässä mikä on kyllästynyt vedellä hitaampaa kuin karkearakeisessa ja kuivassa maaperässä. Tämä seikka otetaan huomioon lausekkeen termillä C mikä on suurempi mitä karkearakeisempaa ja kuivempaa maaperä on. (Rantamäki ym. 1979, 119.)

$$Z = C\sqrt{F} \quad (2)$$

jossa

Z = roudan syvyys (m)

F = pakkasmäärä ($h^{\circ}C$)

C = kerroin = 0,0090...0,0115

Rakennuksen vieressä ja sen nurkka-alueilla roudan syvyys jää pienemmäksi kuin maassa, jonka vieressä ei ole rakennuksia. Rakennuksen maahan luovuttama vähäinen lämpö sekä kaksiulotteinen lämpötilakenttä johtavat roudan tunkeutumissyvyyden pienentymiseen. Taulukkoa 2 voidaan käyttää apuna määrittäessä roudatonta perustussyvyyttä lämpimän rakennuksen maanvastaisella tai ryömintätilaisella alapohjatyypillä. (RIL 261-2013 2013, 79).

TAULUKKO 2. Lämpimien rakenteiden roudaton perustussyvyys routivalla maalla. Sisälämpötila $> 17\text{ °C}$ ja leveys $> 4\text{ m}$ sekä maa rakennuksen vieressä oletetaan lumettomaksi. Hienorakeisissa maalajeissa käytetään pienempää perustussyvyyttä ja karkearakeisissa suurempaa perustussyvyyttä. Perustussyvydet pakkasmäärien välillä saadaan interpoloimalla. (RIL 261-2013 2013, 79.)

Perustamistapa	Perustuksen osa	Roudaton perustussyvyys, m Pakkasmäärä F_{50} , Kh		
		35 000	50 000	65 000
Maanvastainen alapohja, alapohjarakenteen lämmönvastus $R_A \leq 10,0\text{ m}^2\text{K/W}$, perusmuurin lämmöneristys ulkopinnassa	Seinälinja	1,2/1,4	1,5/1,7	1,8/2,1
	Nurkka	1,5/1,8	1,8/2,1	2,1/2,5
Ryömintätila, tuuletus ulkoa, tuuletusaukkojen yhteispinta-ala max. 8 promillea alapohjan pinta-alasta, alapohjarakenteen lämmönvastus $R_A \leq 6,25\text{ m}^2\text{K/W}$	Seinälinja	1,4/1,7	1,8/2,1	2,1/2,4
	Nurkka	1,7/2,0	2,1/2,4	2,4/2,7

Taulukon 2 mukaiset perustussyvydet kasvavat maanvastaisella alapohjalla noin 0,1 metriä lisättäessä alapohjan lämmönvastusta R_A $1\text{ m}^2\text{K/W}$:lla esimerkiksi passiivirakennuksissa, mikäli muut tekijät pysyvät vakioina (RIL 261-2013 2013, 79).

6.3 Lämpimät rakenteet

Routasuojauksia mitoittaessa oletetaan, että lämpimien rakennusten sisälämpötila $T_s > 17\text{ °C}$. Routasuojauksen mitoituksen lähtökohtana on se, että lämmin rakenne ei saa vaurioitua koko elinkaarensa aikana sen ympärillä tapahtuvan routimisen ansiosta. (RIL 261-2013 2013, 83.)

6.3.1 Mitoituksen kulku lämpimillä rakenteilla

Routasuojauksen mitoitus ja suunnittelu on kiinteästi liitoksissa rakenteelliseen ja geotekniseen suunnitteluun sekä mitoitukseen. Suunniteltaessa ja mitoittaessa routasuojaukseen pääkohdat ovat seuraavanlaiset:

- Routasuojauksen suunnittelu ja mitoitus lähtee liikkeelle perustustavan ja perustussyvyyden valitsemisella. Rakennesuunnittelijan päättäessä kyseisiä seikkoja on otettava huomioon rakennustyyppi ja rakennuspohjan ominaisuudet. Vaikka maaperä olisikin routimatonta ja matalaan perustus mahdollista on routaeristeiden käyttö silti suositeltavaa salaojien sulana pitämisen sekä perustusympäristön lämpötekniikan toiminnan varmistamiseksi. Kuitenkin ilman routasuojaukseen perustaessa maanperän routimattomuus on varmistettava pitkällä aikavälillä.
- Mitoitetaan rakennuksen alapohjan lämmöneristys sitä koskevien vaatimuksien mukaiseksi. Elementtivalmisteisissa kuten alapohjan ontelolaatoissa on usein vakiolämmöneristys.
- Lopullisen perustussyvyyden valinta. Mikäli mahdollista valitaan perustussyvyys siten että routimissyvyys pysyy perustusten yläpuolella, jonka jälkeen selvitetään routaeristeiden tarve perustussyvyyksillä, jotka eivät ylety routimissyvyyden alle. Teknicaloudellinen tarkastelu eri perustamissyvyyksillä määrittää lopullisen perustamissyvyyden.
- Routaeristeiden mitoitus, jos lopullinen perustamissyvyys jää roudattoman perussyvyyden päälle.
- Lopuksi on tarkistettava routasuojauksen riittävyys lämpimien tilojen, jotka ovat rakentamisen aikana kylmiä tai puolilämpimiä.

(Kivikoski 2007, 31–32; RIL 261-2013 2013, 83.)

6.3.2 Alapohjan lämmönvastus

Routaeristeen mitoittamiseksi on ensin selvitettävä rakennuksen alapohjan lämmönvastus. Lämmönvastuksen laskentaan tarvitsee tietää pelkästään rakenteen U-arvo eli lämmönläpäisykerroin, sillä se on kokonaislämmönvastuksen käänteisluku. Rakennuksen kokonaislämmönvastus lasketaan kaavan 3 mukaisesti kun tiedetään tarvittava lämmönläpäisykerroin. (RIL 261-2013 2013, 85.)

$$R_T = \frac{1}{U} \quad (3)$$

jossa

R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus, m²K/W

U = rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/m²K

Alapohjan lämmönläpäisykertoimien vaatimukset esitetty kappaleessa 5.5 Alapohja. Jos alapohjan eristävyys suunnitellaan vertailuarvoja eristävämmäksi, on routasuojauksen suunnittelussa oltava erityisen tarkka. Alapohjarakenteissa on otettava huomioon maaperän vaikutus maanvastaisessa alapohjassa sekä ryömintätilan vaikutus ryömintätilaisessa alapohjassa kokonaislämmönläpäisykerrointa laskiessa. Alapohjarakenteen korjattu lämmönläpäisykerroin U_C saadaan laskettua routasuojauksen mitoittamisen kannalta riittävällä tarkkuudella kertomalla rakenteen lämmönläpäisykerroin U kertoimella 0,9. Laskiessa yksinkertaistetulla menetelmällä ryömintätilaisessa alapohjassa saa olla enintään 8 promillea tuuletusaukkoja alapohjan pinta-alasta. Rakennuksen geometrian vaikutusta ei oteta huomioon kyseisellä menetelmällä laskiessa. Tuuletusaukkojen määrän ylittäessä 8 promillea alapohjan pinta-alasta tai kun tuuletusta ryömintätilassa ei voida muilla tavoin pitää lievänä, luokitellaan alapohja ulkoilmaan rajoittuvana. Tällöin alapohjan U-arvon vertailuarvona käytetään ryömintätilan vertailuarvon $U = 0,17$ W/m²K sijasta arvoa $U = 0,09$ W/m²K. Maanvastaisen sekä ryömintätilallisen alapohjan yksityiskohtaisempi lämmönläpäisykertoimien laskenta tapahtuu SFS-EN-standardeissa määritellyillä menetelmillä. (Saari & Nyman 2017, 21.)

Rakennuksen kokonaislämmönvastus R_T käsittää alapohjan kaikkien rakennekerrosten lämmönvastukset sekä sen molempien pintojen pintavastukset. Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastuksen voi laskea kaavan 4 mukaisesti. (RIL 261-2013 2013, 86.)

$$R = \frac{d}{\lambda_U} \quad (4)$$

jossa

R = ainekerroksen lämmönvastus, $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$

λ_U = ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, W/mK

d = ainekerroksen paksuus, m

Useasti kuitenkin alapohjan rakenne ei koostu pelkästään yhdestä ainekerroksesta vaan useasta. Mikäli ainekerroksia on useampia, voidaan kokonaislämmönvastus laskea kaavan 5 mukaisesti.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (5)$$

jossa

R_T = rakennusosan kokonaislämmönvastus, $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$

R_{si} = rakenneosan sisäpuolen pintavastus, $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$

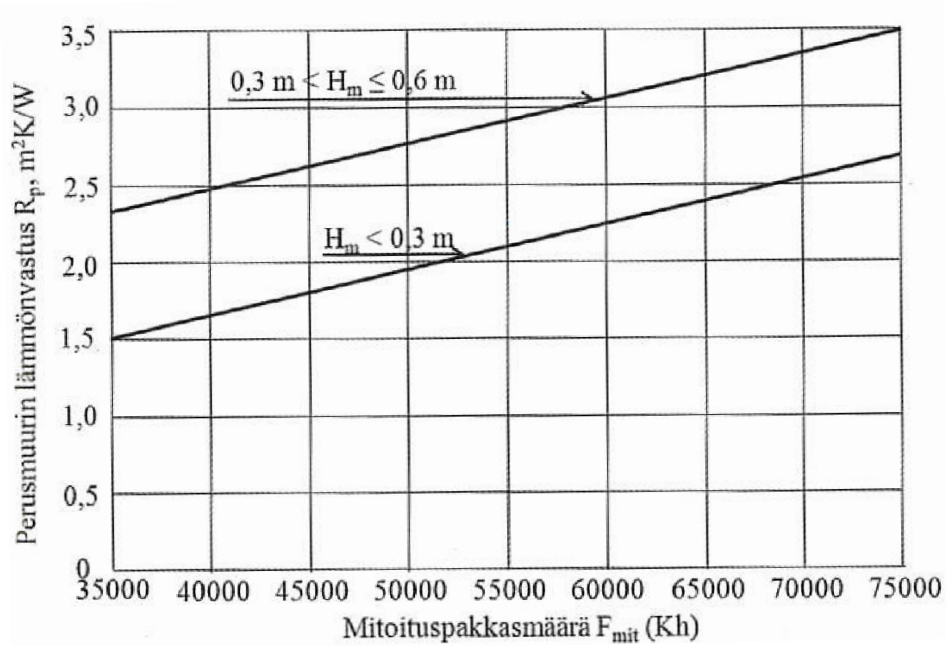
R_1, R_2, \dots, R_n = yksittäisten ainekerrosten 1, 2, ..., n lämmönvastukset, $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$

R_{se} = rakenneosan ulkopuolen pintavastus, $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$

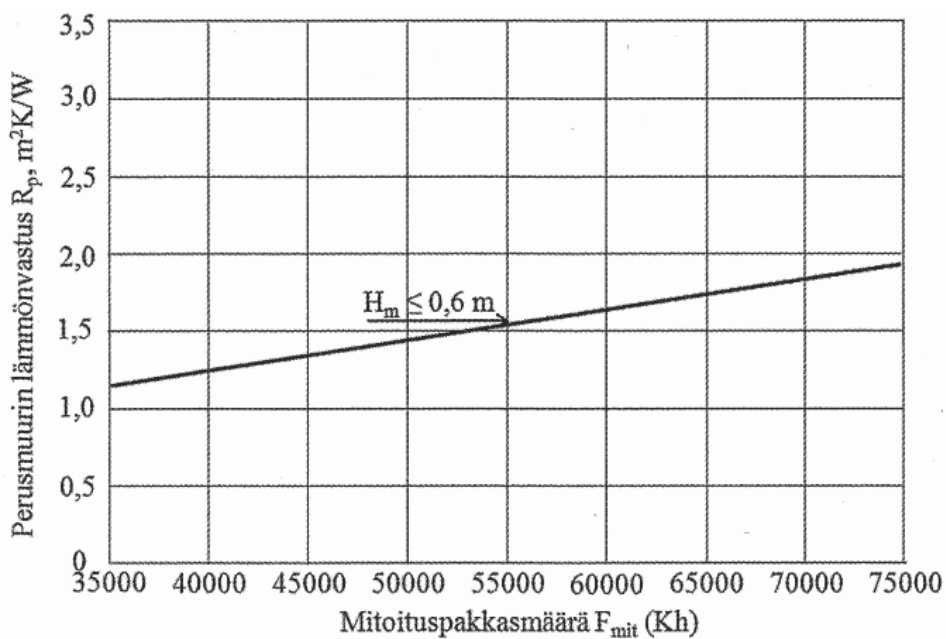
Lämpövirran ollessa alapohjassa ylhäältä alaspäin voidaan sisäpuolen pinnan vastuksen arvona käyttää $R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Kyseisessä tilanteessa ulkopuolen pinnanvastuksena voidaan käyttää arvoa $R_{si} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. (RIL 261-2013 2013, 87.)

6.3.3 Perusmuurin lämmönvastus

Perusmuurin U-arvolle ei ole määriteltä rakentamismääräyskokoelmassa vertailuarvoa kuten erilaisille alapohjarakenteille, vaikka se vaikuttaakin oleellisesti tarvittavan routaeristeen määrään. Perusmuurin tarvittava lämmönvastus on mitoitettavissa kuvioiden 7 ja 8 mukaan mikäli alapohjan eristeen alapinnan etäisyys ulkopuolisesta maanpinnasta on alle 0,6 m. (RIL 261-2013 2013, 88–90.)



KUVIO 7. Perusmuurin suositeltava lämmönvastus R_p maanvastaisella alapohjalla, ulkopuolisen maanpinnan etäisyyden alapohjan eristyksen alapintaan ollessa $H_m \leq 0,6$ m (RIL 261-2013 2013, 88).



KUVIO 8. Perusmuurin suositeltava lämmönvastus R_p ryömintätillaisella alapohjalla, ulkopuolisen maanpinnan etäisyyden alapohjan eristyksen alapintaan ollessa $H_m \leq 0,6$ m (RIL 261-2013 2013, 90).

Perusmuurieristyksen paksuus saadaan laskettua varmalle puolelle ratkaisemalla kaavasta 4 tuotteen paksuus d . Tuotteen paksuus saadaan siis kertomalla tarvittava perusmuurin lämmönvastus R_p perusmuurieristeen tuotekohtaisella lämmönvastuksella λ_U . Tarkemmin laskiessa voidaan tarvittavasta lämmönvastuksesta vähentää perusmuurin harkko- tai betoniosan lämmönvastus.

Mikäli ryömintätillaisella alapohjalla ulkopuolisen maanpinnan ja alapohjan eristeen alapinnan välinen ero on yli 0,6 m on perusmuurin lämmönvastusta lisättävä. Lämmönvastuksen lisääminen tapahtuu kaavan 6 mukaisesti. (RIL 261-2013 2013, 90.)

$$R_p = R_{po} \cdot \frac{H_m}{0,6} \quad (6)$$

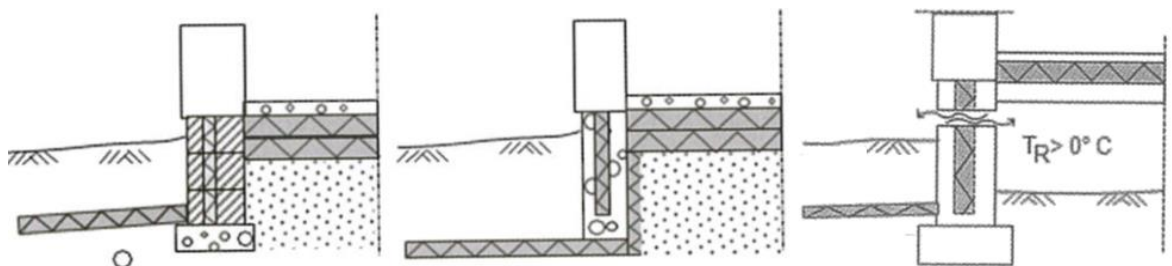
jossa

R_p = perusmuurin tarvittava lämmönvastus, m²K/W

R_{po} = lämmönvastus kuviossa 8 kun $H_m = 0,6$ m, m²K/W

H_m = ulkopuolisen maanpinnan etäisyys alapohjan eristeen alapinnasta, m

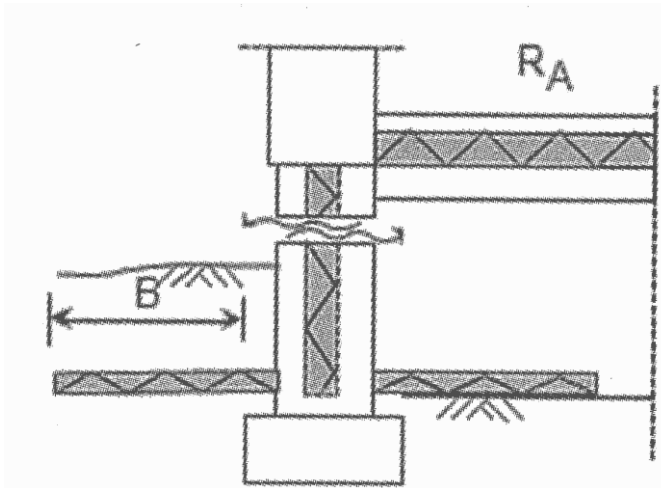
Perusmuurieristys tulee aina ylettyä maan alla vähintään routasuojauksen alapintaan. Paras sijoituspaikka routaeristeen näkökulmasta perusmuurin eristeelle on perusmuurin ulkopinnassa mutta se ei välttämättä ole aina työteknisesti kannattavaa tai kustannustehokasta. Kuviossa 9 koottu RIL 261-2013:ssa suositeltuja perusmuuri- ja routaeristeen sijoitusyhdistelmiä. (RIL 261-2013 2013, 89.)



KUVIO 9. Lämpöteknisesti toimivia routa- ja perusmuurieristyksen sijoitusyhdistelmiä (RIL 261-2013 2013, 89–92, muokattu).

6.3.4 Ryömintätilan routasuojaustarve sekä tuuletus

Ryömintätilan lämpötilan laskiessa pidemmäksi aikaa $< 0\text{ °C}$ tulee perustukset suojata myös ryömintätilassa kuvion 10 mukaan. Lämpötilan ollessa ryömintätilassa $> 0\text{ °C}$ ei perustuksia tarvitse suojata ryömintätilassa. (RIL 261-2013 2013, 91.)



KUVIO 10. Periaatekuva perustuksen routasuojauksessa ryömintätilassa lämpötilan laskiessa pidemmäksi aikaa $< 0\text{ °C}$. (RIL 261-2013 2013, 92).

Tuuletustarve ryömintätilassa määräytyy siellä sijaitsevien rakenteiden kosteusteknisen toiminnan perusteella. Tavanomaisella rakennuspaikalla tuuletusaukkojen ohjearvo on 1,0 promillea alapohjan pinta-alasta. Tuulelle alttiissa rakennuspaikassa tuuletusaukkojen määrä puolittuu 0,5 promilleen alapohjan pinta-alasta. Ohjearvoissa oletetaan, että tuuletusputkessa ei ole mutkia perusmuurin lävistyskohdassa sekä tuuletusaukkojen alareunan etäisyys maanpintaan on vähintään 150 mm. Lisäksi koko ryömintätila tulee olla tasaisesti tuuletettu ja tuuletusaukkojen koon tulee olla $\geq 150\text{ cm}^2$ sekä niiden väli saa olla suurimmillaan 6 m. Mikäli maapohjasta tuleva kosteus on estetty tehokkaasti, voidaan tuuletusaukkojen ohjeellisesta määrästä poiketa. (RIL 261-2013 2013, 90–91.)

6.3.5 Routaeristyksen leveys ja rakennuksen ulkonurkat

Routaeristeen leveyden mitoittaminen tapahtuu taulukkoa (taulukko 3) käyttäen. Leveyden määrittämiseen tarvittavat tiedot ovat rakennuspaikan pakkasmäärä F_{mit} sekä alapohjan lämmönvastus R_p (RIL 261-2013 2013, 92–93). Routaeristeen leveys tarkoittaa leveyttä anturan ulkoreunasta eristeen ulkoreunaan, vaikka eriste asennetaan kiinni perusmuuriin. Käytännössä eristeen kokonaisleveys saadaan taulukon 1 avulla määritetyllä arvolla ja lisäämällä siihen mitta anturan ulkoreunasta perusmuurin ulkoreunaan. Periaate katsottavissa kuvioista 10.

TAULUKKO 3. Routasuojauksen leveys B lämpimillä rakennuksilla (RIL 261-2013 2013, 93).

Alapohjan tyyppi	Alapohjan lämmönvastus R_A^* , m ² K/W	Mitoitus-pakkasmäärä F_{mit} , Kh	Routaeristeen leveys B , m	Routaeristeen lisäleveys ΔB , m
Maanvastainen alapohjarakenne	< 7,5	35 000...55 000	1,0	
	< 7,5	55 000...75 000	1,2	
	7,5...< 10,0	35 000...55 000	1,2	
	7,5...< 10,0	55 000...75 000	1,5	
	10,0...14,0	35 000...40 000	1,0	0,5
	10,0...14,0	40 000...60 000	1,5	0,5
	10,0...14,0	60 000...75 000	2,0	0,5
Ryömintätilainen alapohjarakenne	≤ 6,25	35 000...55 000	1,2	
	≤ 6,25	55 000...75 000	1,5	
	> 6,25...< 10,0	35 000...55 000	1,2**	
	> 6,25...< 10,0	55 000...75 000	1,5**	

*Alapohjan lämmönvastusta laskettaessa saa maan lämmönvastuksen ottaa huomioon.

**Perustusten routasuojaus tulee lisätä myös ryömintätilan puolelle. Mikäli ryömintätilan talviaikaista lämpötilaolosuhteista ei ole tarkempaa tietoa, tulee perustusten routasuojaus mitoittaa kylmien rakenteiden routasuojausohjeiden perusteella.

Routaeristeen lisäleveys ΔB tarkoittaa routaeristeen leveyteen B lisättävää mitta rakennuksen ulkonurkissa reunaetäisyyden L_c matkalta. Reunaetäisyydellä L_c tarkoitetaan mitta rakennuksen nurkasta seinälinjalle ja se on suoraan riippuvainen mitoituspakkasmäärästä. Reunaetäisyys määritetään taulukkoa 4 käyttäen. Lämpimissä ja puolilämpimissä rakennuksissa ulkonurkka-alueilla reunaetäisyyden matkalla on lisättävä 100 % routaeristeen lämmönvastusta johtuen roudan tunkeutumissyvyyden kasvusta nurkissa. (RIL 261-2013 2013, 93.)

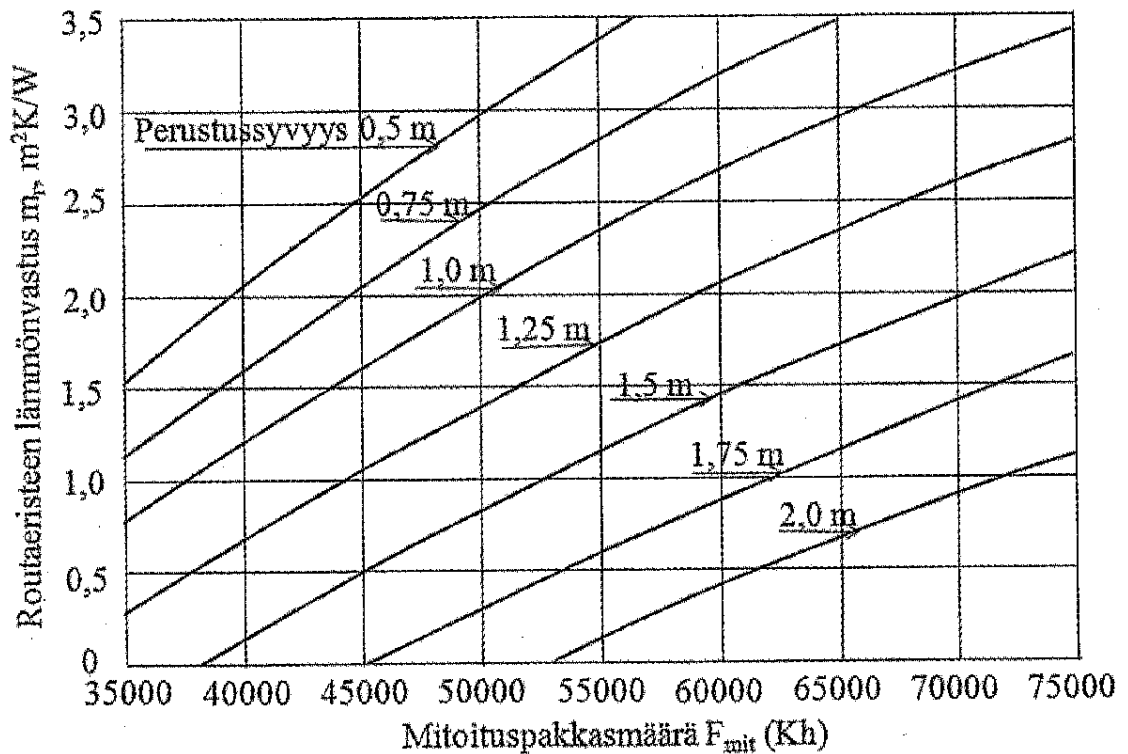
TAULUKKO 4. Rakennuksen ulkonurkan reunaetäisyys L_c mitoituspakkasmäärällä F_{50} (RIL 261-2013 2013, 93).

Mitoituspakkasmäärä F_{50} , Kh	L_c , m
35 000...55 000	1,5
> 55 000...65 000	2,0
> 65 000...75 000	2,5

6.3.6 Routaeristeen lämmönvastus ryömintätillaisella alapohjalla

Alapohjan lämmönvastuksen ollessa $\leq 6,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ ja alla mainittujen ehtojen toteutuessa voidaan routasuojaus mitoittaa kuvion 11 avulla. Ryömintätillaisella alapohjalla, jolla lämmönvastus on $> 6,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ oletetaan lämpötilan laskevan ryömintätillaisessa $< 0 \text{ }^\circ\text{C}$ pidemmäksi aikaa. Lämpötilan laskun takia tulee routasuojaus lisätä myös ryömintätillaisiin. Ilman tarkempaa tietämystä talviajan olosuhteista ryömintätillaisessa, tulee routasuojaus mitoittaa tällöin kylmien rakenteiden routasuojausohjeiden mukaisesti. Mitoittaessa routasuojauksia kuvion 11 perusteella tarvitsee seuraavat ehdot toteutua:

- rakennuksen sisälämpötila $T_s > 17 \text{ °C}$
- rakennus leveämpi kuin 4 m
- maanpinta on lumeton rakennuksen vieressä
- lämpötila ryömintätilassa $> 0 \text{ °C}$
- tuuletus ryömintätilassa $< 0,6 \text{ l/sm}^2$
- perusmuurieristys toteutettu kappaleen 6.3.3 ohjeiden mukaisesti
- routaeristeen leveys taulukon 3 mukainen. (RIL 261-2013 2013, 96.)



KUVIO 11. Lämpimän rakennuksen routasuojauksen mitoitus ryömintätilaisella alapohjalla kun $R_A \leq 6,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ ja $V_R < 0,6 \text{ l/sm}^2$ (RIL 261-2013 2013, 96).

Tilanteissa, joissa alapohjan alle muodostuu lämmin $T_s \geq 17 \text{ °C}$ ryömintätila voidaan tarvittava routaeristeen lämmönvastus määrittää kuvion 12 avulla. Routaeristykseen mitoituksen kannalta tämä tilanne vastaa lämmitetyn rakennuksen maanvastaista alapohjaa. Kuvion 12 käyttö edellä mainitussa tilanteessa vaatii seuraavien ehtojen täyttymistä:

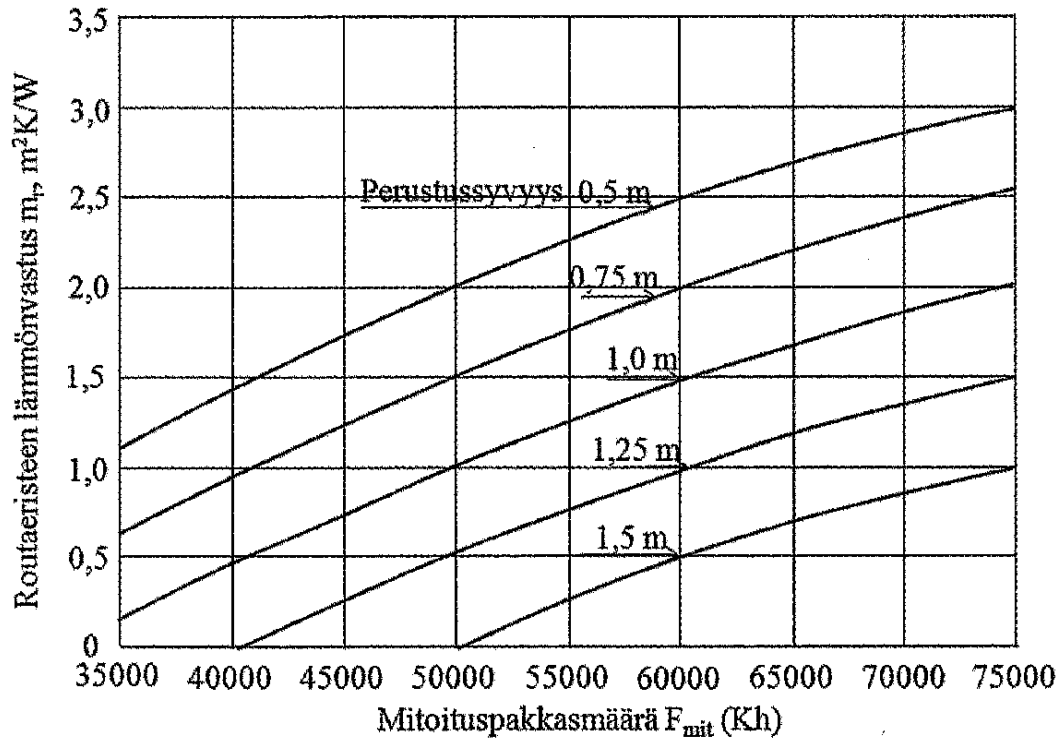
- lämmönvastus maanvastaisella reuna alueella on $R_A \leq 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
- rakennuksen leveys yli 4 m
- maanpinta rakennuksen vieressä lumeton
- routaeristeen leveys taulukon 3 mukainen. (RIL 261-2013 2013, 97.)

Routaeristeen lämmönvastusta tulee lisätä 100 % rakennuksen ulkonurkilla nurkkaetäisyyden L_c matkalla nurkasta. Vaihtoehtoisesti massanvaihdolla voidaan suurentaa sallittua routasyvyyttä. (RIL 261-2013 2013, 97.) Nurkkaetäisyyden pituus määritetään kappaleen 6.3.5 mukaisesti.

6.3.7 Routaeristeen lämmönvastus maanvaraisella alapohjalla

Maanvaraisen alapohjan routaeristeen mitoitus lämpimillä rakenteilla luokitellaan käytännössä alapohjan lämmönvastuksen mukaan yli ja alle $10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ rakenteisiin. Lämmönvastuksen ollessa $R_A \leq 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ voidaan mitoittaa routasuojauksen lämmönvastus kuvion 12 avulla mikäli myös seuraavat termit täyttyvät:

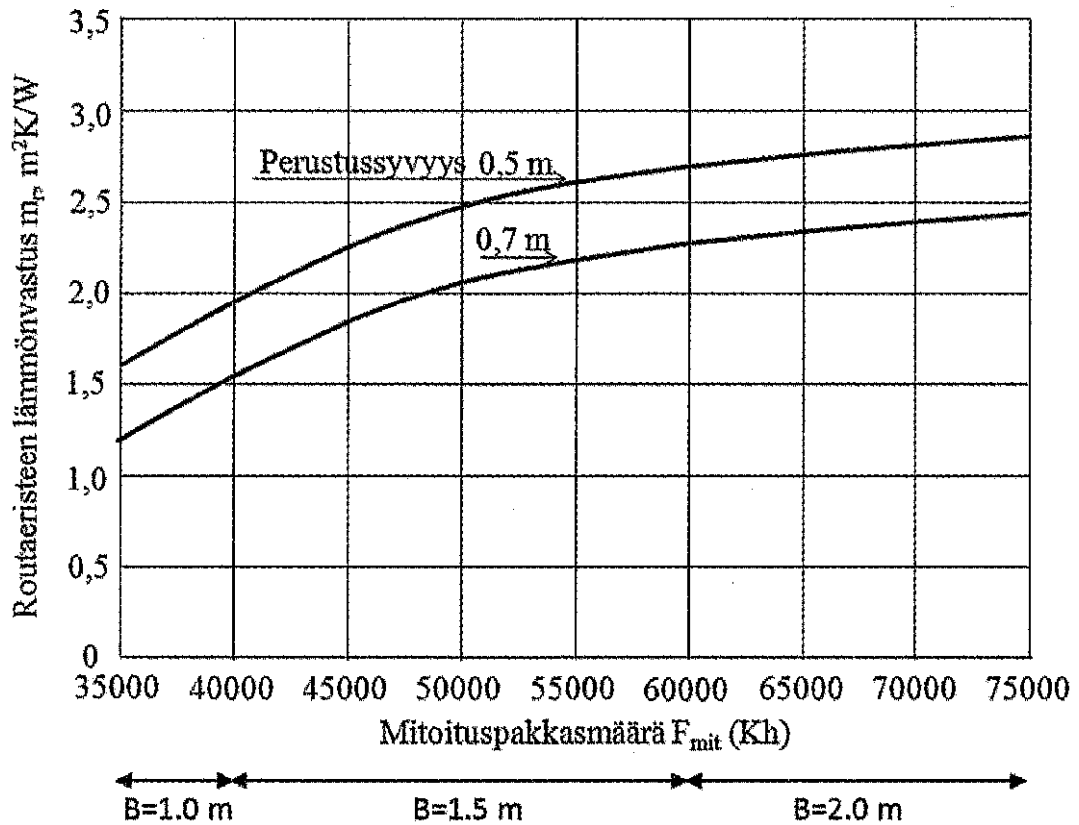
- rakennuksen sisälämpötila $T_s > 17 \text{ °C}$
- rakennus leveämpi kuin 4 m
- maanpinta on lumeton rakennuksen vieressä
- ulkopuolisen ja alapohjan eristyksen alapinnan välillä enintään 0,6 m
- perusmuurieristys toteutettu kappaleen 6.3.3 ohjeiden mukaisesti
- routaeristeen leveys taulukon 3 mukainen. (RIL 261-2013 2013, 94.)



KUVIO 12. Lämpimän rakenteen routasuojauksen mitoitus maanvastaisen alapohjan lämmönvastuksen ollessa $R_A \leq 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (RIL 261-2013 2013, 94).

Alapohjan lämmönvastuksen ollessa välillä $10,0 < R_A \leq 14,0 \text{ m}^2\text{K/W}$, kuten passiivirakennuksilla voidaan routasuojauksen lämmönvastuksen arvo mitoittaa kuvion 13 avulla mikäli myös seuraavat ehdot toteutuvat:

- rakennuksen sisälämpötila $T_s > 17 \text{ °C}$
- rakennus leveämpi kuin 4 m
- maanpinta on lumeton rakennuksen vieressä
- ulkopuolisen ja alapohjan eristyksen alapinnan välillä enintään 0,6 m
- perusmuurieristys toteutettu kappaleen 6.3.3 ohjeiden mukaisesti
- routaeristeen leveys taulukon 3 mukainen. Huomioi lisäleveys ΔB . (RIL 261-2013 2013, 95.)



KUVIO 13. Lämpimän rakenteen routasuojauksen mitoitus maanvastaisen alapohjan lämmönvastuksen ollessa $10,0 < R_A \leq 14,0$ m²K/W ja routaeristeen leveys B (RIL 261-2013 2013, 95).

Kummassakin tapauksessa tulee rakennuksen ulkonurkissa lisätä routasuojauksen lämmönvastusta 100 % seinälinjaan nähden. Lisäys tapahtuu nurkkaetäisyyden L_c matkalla rakennuksen nurkasta. Kuten ryömintätillaisella rakenteella niin myös maanvaraisella rakenteella voidaan vaihtoehtoisesti suurentaa sallittua routasyyttä massanvaihdoilla. (RIL 261-2013 2013, 95).

6.3.8 Puolilämpimät rakennukset

Puolilämpimällä rakennuksella tarkoitetaan sellaista rakennusta, jonka sisälämpötila $T_s = 5-17$ °C. Routasuojauksen mitoitus näille rakenteille voidaan mitoittaa riittävän tarkasti kuvioiden 11–13 avulla, riippuen alapohjatyypistä, vähentämällä perustussyvyydestä 0,2–0,3 m taulukosta katsottaessa mutta pitämällä varsinaisen perustussyvyyden muuttumattomana. Näin saadaan routaeristeen vaadittavasta lämmönvastuksesta hieman suurempi. Vaihtoehtoisesti voidaan rakenne mitoittaa lämpimänä rakenteena mutta laskemalla perustustasoa 0,2–0,3 m mitoittamisen jälkeen. Puolilämpimillä rakennuksilla lisätään routaeristeen lämmönvastusta 100 % rakenteen nurkka-alueilla. Lisäys tapahtuu nurkkaetäisyyden L_c matkalla rakennuksen nurkasta. (RIL 261-2013 2013, 97 & 98.)

6.4 Kylmät rakenteet

Kylmät rakennukset ja rakenteet ovat niitä rakenteita, joiden lämpötila pääsee laskemaan alle 5 °C. Kylmiä rakenteita ja rakennuksia ovat esimerkiksi perusmuurin ulokkeet, tukimuurit, katokset ja kylmät parkkihallit. Kylmien rakenteiden ollessa kiinteästi liitoksissa lämpimiin rakenteisiin tulee niiden mitoittamisessa käyttää F_{50} pakkasmäärää. (RIL 261-2013 2013, 99.)

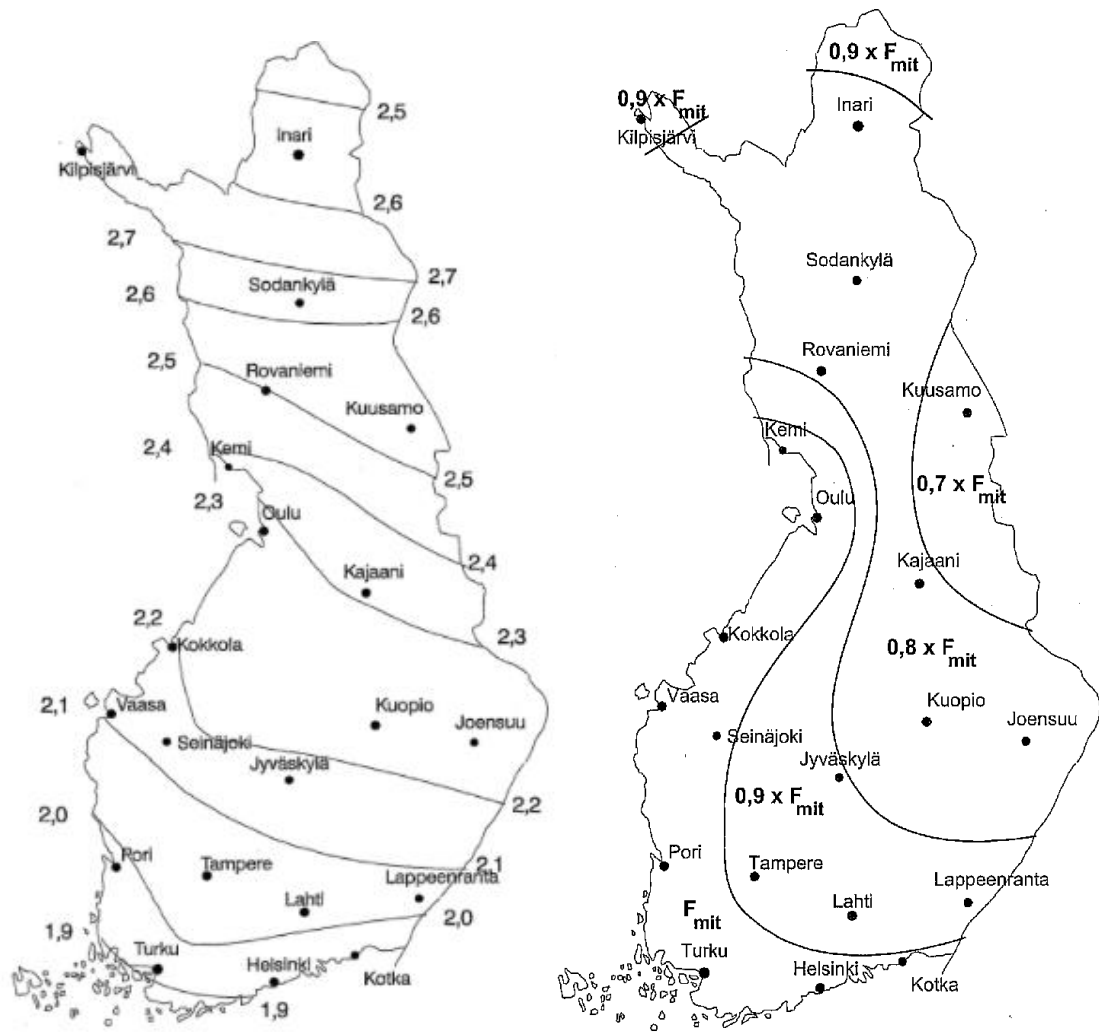
Routasuojauksen mitoitus perustuu kylmillä rakenteilla kesäaikaan maahan varastoituneen lämmön poistumisen estämiseen. Näillä ohjeilla mitoittaminen on mahdollista vain alueilla, joilla vuoden keskilämpötila ylittää 0 °C. Lumen suojaava vaikutus voidaan ottaa vain huomioon, jos rakennus tai rakenne ei sijaitse rannikkoalueella. Lisäksi lumen tulee säilyä häiritsemättömänä ja yli 2 metriä leveänä kaistana koko pakkaskauden ajan. (RIL 261-2013 2013, 117.)

6.4.1 Mitoituksen kulku kylmillä rakenteilla

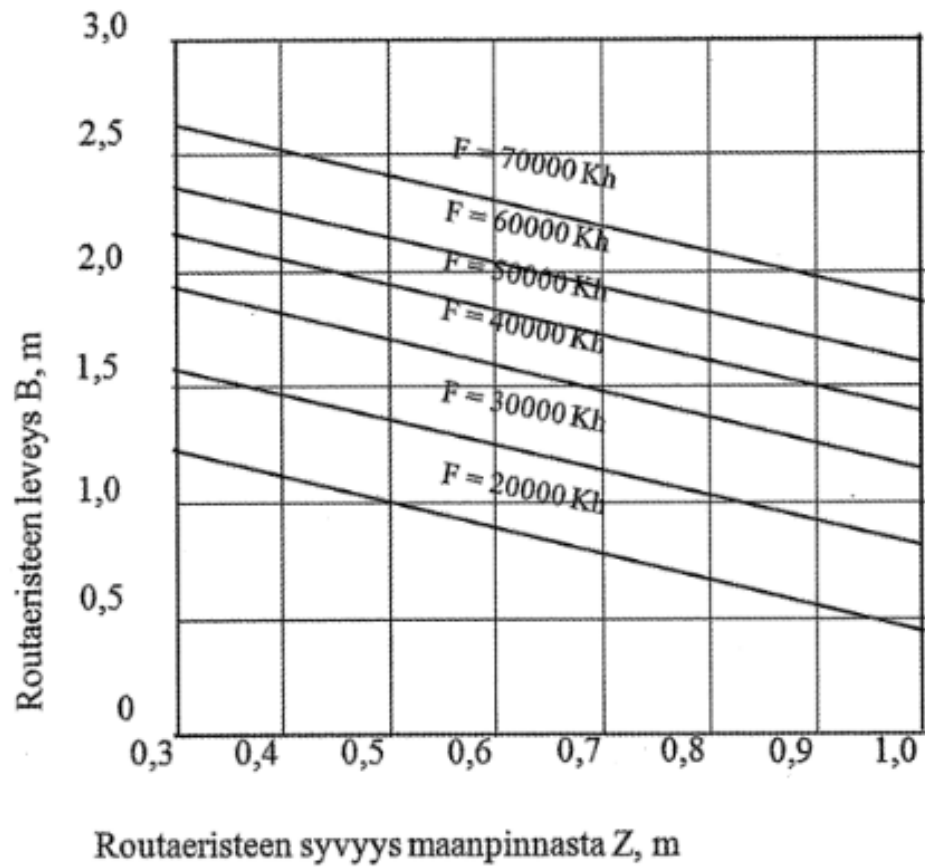
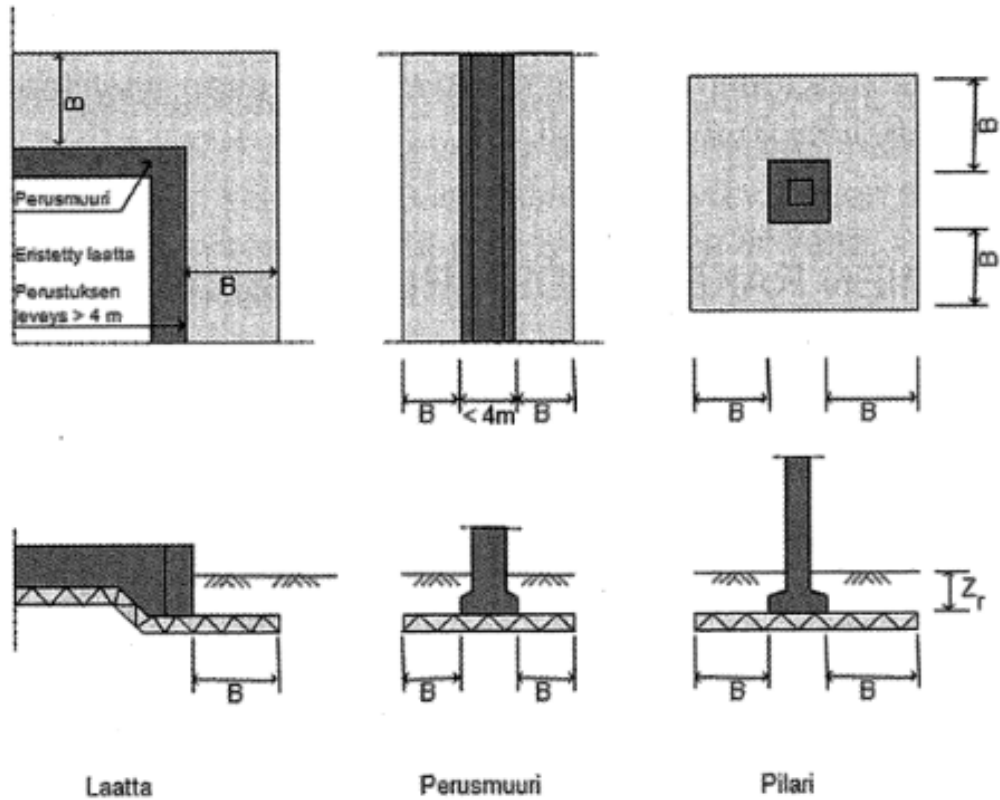
Kylmien rakenteiden ja rakennuksien routasuojauksien mitoituksen kulku etenee seuraavasti:

1. Valitaan mitoituspakkasmäärä riippuen, kuinka hyvin rakenne kestää roudasta johtuvaa epätasaista nousua.
2. Valitaan perustuksien syvyys sekä routaeristeen sijainti. Routaeristeet suositellaan sijoittamaan perustusten alle.
3. Valitaan routimattoman kerroksen paksuus routaeristeen alla. Paksuus tulee olla ≥ 2 m.
4. Selvitetään, voidaanko lumen suojaavaa vaikutusta käyttää hyväksi. Ehdot esitetty kappaleessa 6.4. Mikäli lumen suojaavan vaikutusta voidaan käyttää hyväksi, redusoidaan valittu mitoituspakkasmäärä kuvion 14 mukaisesti.
5. Mitoitetaan routaeristeen vaadittava leveys B kuvion 15 mukaan.
6. Mitoitetaan routaeristeen vaadittava lämmönvastus m_r taulukon 5 mukaan.

(RIL 261-2013 2013, 119–120.)



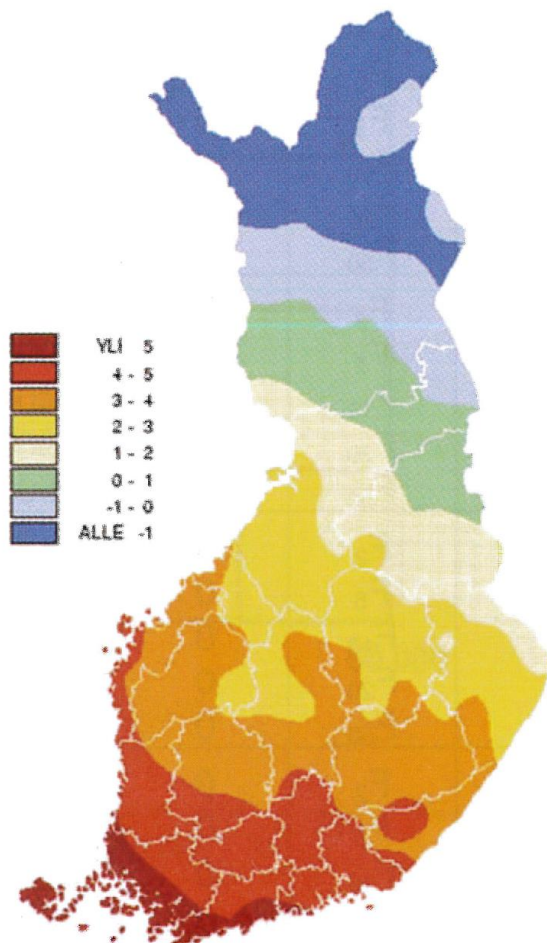
KUVIO 14. Kylmien rakenteiden roudaton perustussyvyys ja mitoituspakkasmäärän redusointikertoimet lumen suojaavasta vaikutuksesta (RIL 261-2013 2013, 21&118, muokattu).



KUVIO 15. Kylmien rakenteiden routaeristeen leveyden määrittäminen (RIL 261-2013 2013, 120).

6.4.2 Routaeristeen lämmönvastus kylmillä rakenteilla

Kylmillä rakenteilla routasuojauksen lämmönvastuksen mitoittaminen perustuu taulukkomitoittamiseen taulukon 5 mukaan. Taulukon (taulukko 5) käyttö kuitenkin vaatii lähtötietona myös rakennuspaikan vuoden keskilämpötilan, pakkasmäärän sekä routimattoman kerroksen paksuuden lisäksi. Vuoden keskilämpötilat suomessa esitetty kuviossa 16.



KUVIO 16. Vuoden keskilämpötila (RIL 261-2013 2013, 20).

Routaeristeen vaadittu lämmönvastus m_r määritetään taulukkoa 5 käyttäen. Taulukossa muuttujina ovat pakkasmäärä F_{mit} , routaeristeen alla olevan routimattoman maakerroksen paksuus Z_m sekä vuoden keskilämpötila T_m . Taulukosta saadaan koko perustuksille vaadittava routaeristeen lämmönvastus. Huomioitavaa on, että toisin kuin lämpimillä rakenteilla, kylmillä rakenteilla ei tarvitse lisätä rakennuksen ulkonurkissa lämmönvastusta. (RIL 261-2013 2013, 121.)

TAULUKKO 5. Kylmien rakenteiden ja rakennusten routasuojauksen lämmönvastuksen m_{r0} määrittäminen (RIL 261-2013 2013, 121).

Mitoituspakkas- määrä F_{mit} , Kh	Routaeristeen vaadittava lämmönvastus m_{r0} , m ² K/W													
	20 000			30 000				40 000			50 000			≥ 60 000
Vuoden keski- lämpötila T_m , °C	+2	+3	≥ +4	+1	+2	+3	≥ +4	+1	+2	+3...+4	+1	+2	+3	0...+1
Routaeristeen ala- puolisen routimat- toman kerroksen paksuus Z_m , m														
0,2	1,6	1,4	1,2	3,2	2,6	2,2	1,8	(4,2)	3,5	2,8	*	(4,6)	3,8	*
0,4	1,4	1,1	0,8	2,6	2,1	1,7	1,4	3,5	2,8	2,2	(4,6)	3,8	3,1	*
0,6	1,0	0,7	0,5	2,1	1,7	1,3	1,0	2,8	2,2	1,6	3,8	2,9	2,3	(5,0)
0,8	0,6	0,4	0,3	1,7	1,3	1,0	0,7	2,2	1,6	1,3	2,9	2,2	1,8	3,8
1,0	0,4	0,3	0,2	1,3	1,0	0,7	0,5	1,6	1,2	1,0	2,2	1,7	1,4	2,8
1,5	0	0	0	0,8	0,6	0,4	0,2	1,0	0,7	0,5	1,4	1,0	0,8	1,8

* Perustussyvyttä on suurennettava.

() Yleensä perustussyvyyden suurentaminen on kannattavampaa.

Routaeristeeltä vaadittua lämmönvastusta voidaan pienentää kylmien rakennusten ja rakenteiden osalta kaavan 7 mukaisesti ottamalla huomioon routasuojauksen asennussyvyyden. Routasuojauksen pienin sallittu asennussyvyys on 0,3 metriä. (RIL 261-2013 2013, 121.)

$$m_r = m_{r0} - (Z_r - 0,3) * \frac{1m^2K}{W} \quad (7)$$

jossa

Z_r = Routaeristeen yläpinnan etäisyys maanpinnasta, m

m_{r0} = Taulukon 5 mukaan määritetty routaeristeen lämmönvastus, m²K/W

7 ROUTASUOJAUS TULEVAISUUDESSA

7.1 Alapohjan lämmöneristysvaatimuksen lisääminen

Alapohjaeristeiden lämmöneristysvaatimuksien mahdollinen kiristäminen tulevaisuudessa kasvattaisi routasuojauksen tarvetta lämpimien rakenteiden osalta (Ala-Outinen ym. 2004, 30). Lämpimien rakenteiden routasuojaus perustuu rakennuksen luovuttaman lämmön varastoitumiseen. Alapohjien lämmönvastuksen kiristäminen vähentäisi lämpövirtaa maahan, joten routasuojaukseen tulisi lisätä.

Alapohjien lämmöneristysvaatimuksien kiristäminen tarkoittaisi sitä, että nykyisiä routaeristysohjeita tulisi päivittää. Viimeksi alapohjien lämmöneristysvaatimuksia on kiristetty tammikuussa 2010.

7.2 Ilmastonmuutos

Rakenteiden routasuojauksen tulevaisuuden kannalta on tärkeää tarkastella ilmastonmuutoksen aiheuttamaa lämpötilan muutosta sillä routasuojauksen määrä on suoraan sidoksissa pakkasmäärään mihin vuotuinen keskilämpötila vaikuttaa. VTT:n vuonna 2004 julkaiseman tiedotteen mukaan vuoden keskilämpötilan 4 °C nousu pienentäisi rakenteiden mitoituspakkasmäärää F_{50} noin 20 000 h°C (Ala-Outinen ym. 2004, 29).

Ilmaston lämpeneminen ei jakaudu tasaisesti eri vuodenaajoille vaan voimakkaasti lämpötilan nousu osuu talvikaudelle. RCP8.5-skenaariota mukaan Suomessa lämpötilat nousisivat talvella noin 8 °C sadassa vuodessa. Ottamalla eri mallien väliset erot huomioon RCP8.5-skenaariota vastaava ilmaston lämpeneminen on keskitalvella 90 % todennäköisyydellä 4–12 °C. (Ruosteenoja, Räisänen, Venäläinen, Kämäräinen & Pirinen 2016, 5.) RCP8.5-skenaariolla kuvaillaan ilmastopolitiikan täydellistä epäonnistumista jossa kasvihuonekaasujen päästöt nousevat nopeasti ja kolminkertaistuvat 2100 vuoteen mennessä verrattaessa vuoteen 2000. RCP2.6-skenaariolla eli ilmastopolitiikan täydellisellä onnistumisella ilmaston lämpeneminen rajoittuu noin 1–2 °C vuonna 2100 verrattaessa vuoteen 2000. (Ympäristö 2015).

Roudan keskimääräisen maksimisyvyyden lumettomassa maassa arvioidaan ohenevan noin 0,5–1,0 metriä Etelä- ja Keski-Suomessa vuoteen 2100 mennessä. Pohjois-Suomessa roudan arvioidaan ohenevan noin 1,0 metriä. Vaikka roudan keskimääräinen maksimisyvyys pienenee ilmastonmuutoksen myötä kuitenkin roudan todennäköisyys kasvaa pienentyvän lumipeitteen myötä. (Ala-Outinen ym. 2004, 24–30.)

Ilmastonmuutoksen myötä myös sademäärät tulevat kasvamaan. Lisääntyneen sademäärän takia, varsinkin syksyisin, tulee tapahtumaan pohjaveden nousua mikä voi pahimmassa tapauksessa estää kuivatusjärjestelmien ja -rakenteiden toiminnan. Pohjaveden nousun seurauksena maan kosteuspitoisuus nousee merkittävästi. (Ala-Outinen ym. 2004, 34.)

Jatkuvasti kosteissa olosuhteissa olevan routaeristeen lämmönjohtavuutena tulee käyttää λ_{mit} arvoa, joka on EPS-eristeillä 0,06–0,065 W/mK ja XPS-eristeillä 0,05 W/mK eli noin 100 % suurempi kuin lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo λ_U (RIL 261-2013 2013, 72). Lämmönjohtavuuden kaksinkertaistuminen tarkoittaa sitä, että routaeristettä tarvitaan kaksinkertainen määrä vaadittavan lämmönvastuksen saavuttamiseksi. Toisaalta maan lisääntyvä kosteus ei vaikuta routaeristykseen määrään koska vesi ei pääse jäätyämään lämpötilan nousun myötä. Lämpötilan ja kosteuden yhteysvaikutusta routasuojuukseen on syytä tutkia jatkossa.

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksen oli tutkia routimisilmiötä ja siihen vaikuttavia muuttujia ja sen haittavaikutuksia. Työn tuloksena oli tarkoitus tuottaa mitoitusohjeen ja laskentaohjelma kattamaan tyypillisen kerrostalohankkeen routasuojauksen mitoitus. Mitoitusohjelmalla ja suunnitteluohjeilla on tarkoitus korvata Insinööri-toimisto Jonecon Oy:n aikaisemmin käytössä ollut varmanpuolinen routasuojausmäärien vakiotaulukko.

Routiminen eli maassa olevan veden jäätyminen saattaa aiheuttaa rakennuksille ja rakenteille vaurioita, jotka voivat pahimmissa tapauksissa johtaa henkilövahinkoihin. Pohjoisempaan rakentaessa routanousun aiheuttamien vaurioiden todennäköisyys kasvaa pakkasmäärän kasvun myötä, mikäli routasuojaus ei ole riittävä.

Työssä tultiin tulokseen, että roudalta pystytään suojautumaan ulottamalla rakenteiden perustukset routarajan alle. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista tai teknistaloudellisesti kannattavaa. Tällaisissa tilanteissa suojataan rakenne käyttämällä erilaisia routaeristeitä kuten EPS- ja XPS-eristeitä tai vaahtolasia. Eristeet asennetaan anturan viereen tai alle siten, ettei anturan alapuolinen maa pääse routimaan.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotettua Insinööri-toimisto Jonecon Oy:n suunnittelijoille selkeät mitoittamisohjeet sekä helppokäyttöiset Excel-laskentaohjelmat, jotka vastaavat nykyisiä standardeja ja ohjeita. Laskentaohjelmia tullaan käyttämään yrityksen sisällä suunnittelua nopeuttamassa. Mitoitusohjeet opinnäytetyössä perustuvat RIL 261-2013 mukaisiin routasuojausohjeisiin.

Tulevaisuuden mahdolliset alapohjien lämmöneristysvaatimusten sekä ilmastonlämpeneminen tarkoittaa sitä että tämänhetkiset ohjeet ja mitoitustaulukot tarvitsevat päivityksiä. Taulukoiden ja ohjeiden päivitys tarvitsee lisätutkimuksia sillä alapohjan lisälämmöneristäminen lisää tarvittavaa routaeristeiden määrää, kun taas ilmaston lämpeneminen vähentää. Lisäksi alapohjan lisälämmöneristäminen saattaa aiheuttaa ryömintätilaisilla alapohjilla ongelmia ryömintätilan lämpötilan laskun takia. Tällöin ryömintätilaiset alapohjat jouduttaisiin routasuojamaan myös sisäpuolelta. Lämpötilan lasku saattaa aiheuttaa kosteusteknisiä ongelmia, joiden takia ryömintätilan tuulesta on lisättävä mikä johtaa ryömintätilan lämpötilan laskemiseen entuudestaan. Kylmillä ja maanvastaisilla alapohjilla tätä ongelmaa ei ole.

LÄHTEET

Ala-Outinen, T., Harmaajärvi, I., Kivikoski, H., Kouhia, I., Makkonen, L., Saarelainen, S., Tuhola, M. & Törnqvist, J. 2004. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT tiedotteita 2227. Espoo, VTT. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf>

EPS-rakennuseristeteollisuus. n.d. Routasuojaus, laadut ja koot. Luettu 10.2.2022. <https://www.eps-eriste.fi/routaeristys#laadut-ja-koot>

Foamit. 2020. Suunnitteluohje talonrakentamiseen. Luettu 12.2.2022. https://foamit.fi/wp-content/uploads/2020/04/foamit-suunnitteluohjeistus-talonrakentamiseen_lowres.pdf

Jyväskylän yliopisto. 2013. Tiheyden teoriaa. Vettä verkossa. Kemian laitos. Avoin oppimateriaali. Päivitetty 11.4.2013. Luettu 6.2.2022. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/kemia/ako/folder.2006-09-07.6395239497>

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. Amk-Kustannus Oy

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

Liikennevirasto. 2018. Ratatekniset ohjeet osa 3, radan rakenne. Luettu 18.2.2022. Helsinki, Liikennevirasto. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-13_rato3_web.pdf

Pylkkänen, K. & Nurmikolu, A. 2015. Routa ja routiminen ratarakenteessa. Helsinki, Liikennevirasto. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121499/lts_2015-22_978-952-317-089-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rantamäki, M., Jääskeläinen, R. & Tamminne, M. 2006. Geotekniikka. Helsinki, Yliopistokustannus Oy

RIL 107-2012, Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet 2013. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 126-2020, Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2020. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RIL 261-2013, Routasuojaus – rakennukset ja infrarankenteet 2013. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry.

RT 36-11102. 2012. RT-tietoväylä. XPS-eristeet. Rakennustieto. Luettu 8.2.2022.

RT 36-11113. 2013. RT-tietoväylä. EPS-eristeet. Rakennustieto. Luettu 8.2.2022

RT 89-11002. 2010. RT-tietoväylä. Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. Rakennustieto. Luettu 7.2.2022.

Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Kämäräinen, M. & Pirinen, P. 2016. Terminen kasvukausi lämpenevässä ilmastossa. Ilmatieteen laitos. <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/documents/31422/83635880/Ruosteenoja+Terminen+kasvukausi+l%C3%A4mpenev%C3%A4ss%C3%A4%20ilmastossa+2016/5cd98a30-cab8-421d-970b-432ceb67fed>

Saari, M. & Nyman, M. 2017. Tasauslaskentaopas 2018. Energiatehokkuus. Suomen rakentamismääräyskokoelma. <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>

Sisäilmayhdistys ry n.d. Routavauriot. Luettu 21.2.2022. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Kuivatusjarjestelmat/Routavauriot>

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Helsinki, Ympäristöministeriö. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Ymparisto. 2015. Ilmastonmuutokseen voidaan vaikuttaa. Ilmastonmuutos ja energia. Ympäristön tilan indikaattorit. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Päivitetty 27.11.2015. Luettu 3.4.2022. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastonmuutos_ja_energia/Ilmastonmuutoksen_etenemiseen_voidaan_va\(28551\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Ympariston_tilan_indikaattorit/Ilmastonmuutos_ja_energia/Ilmastonmuutoksen_etenemiseen_voidaan_va(28551))

LIITTEET

Liite 1. Esimerkkilaskelmat.

Esimerkkilaskelma 1. Lämmin rakennus, ryömintätilainen alapohja

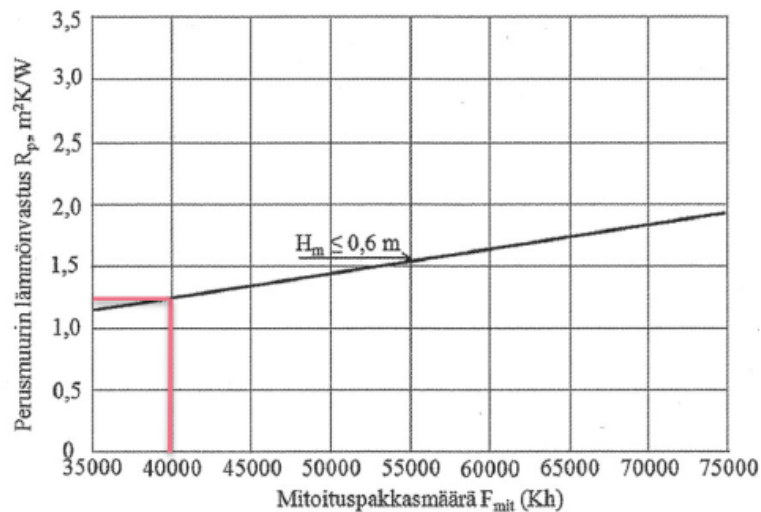
Esimerkkilaskelmissa käsitellään Tampereella sijaitsevaa rakennusta

-> Pakkasmäärä: 40 000 h °C (Kuvio 2)

- Alapohjan U-arvo on 0,17 W/m²K
- Ryömintätilan korkeus ≥ 800 mm, lämpötila > 0 °C ja tuuletus < 0,6 l/sm²
- Rakennuksen maaperä on soraa, salaojitettua hiekkaa tai savea
- Rakennuksen perustussyvyys 1,0 m
- Perusmuurissa 200 mm betonia

Perusmuurieristys

Suosittelava perusmuurieristyksen lämmönvastuksen määrä saadaan katsottua kuvioista 8



$$R_p := 1.25 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} \quad \text{Perusmuurin vaadittava lämmönvastus}$$

Lasketaan perusmuurin betoniosan lämmönvastus ja vähentämällä tämä perusmuurin vaadittavasta lämmönvastuksesta saadaan selville perusmuurieristeen vaadittu lämmönvastus.

$$d_b := 200 \text{ mm} \quad \text{Betoniosan paksuus}$$

$$\lambda_b := 1.7 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \quad \text{Betoniosan lämmönjohtavuus}$$

$$R_b := \frac{d_b}{\lambda_b} = 0.118 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} \quad \text{Betoniosan lämmönvastus}$$

$$R_e := R_p - R_b = 1.132 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Perusmuurieristeen vaadittu lämmönvastus.
Huom tulos varmalla puolella, koska pintojen lämmönvastuksia ei huomioitu.

$$\lambda_{design} := 0.036 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Eristeen lämmönjohtavuus

$$d_e := R_e \cdot \lambda_{design} = 40.765 \text{ mm}$$

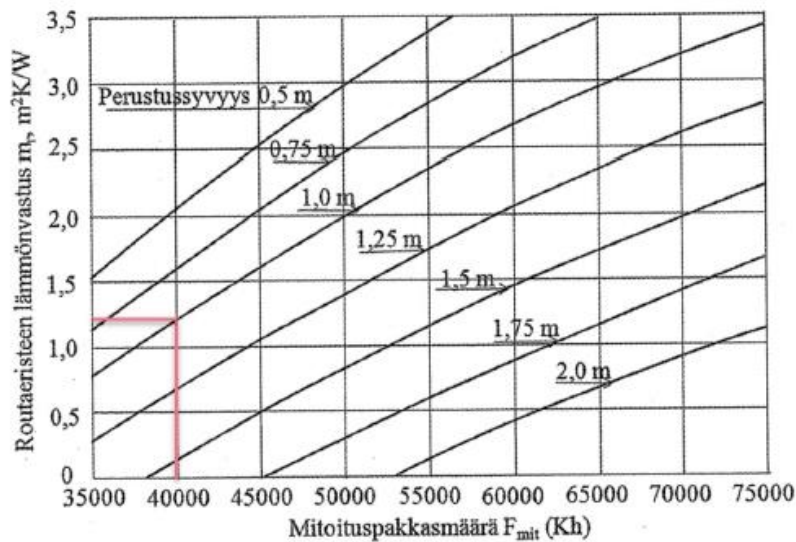
Vaadittu perusmuurieristeen paksuus.

$$\rightarrow d_e := 50 \text{ mm}$$

Pyöritys seuraavaan vakiokokoon

Routaeristys

Routaeristeen vaadittu lämmönvastus saadaan katsottua kuviosta 11



$$m_r := 1.25 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Routaeristeen vaadittu lämmönvastus

$$\lambda_U := 0.043 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Routaeristeen lämmönvastus, EPS 120

$$d_e := m_r \cdot \lambda_U = 53.75 \text{ mm}$$

Routaeristeen vähimmäispaksuus

$$\rightarrow d_e := 70 \text{ mm}$$

Pyöristetty seuraavaan vakiokokoon

Nurkka-alueella L_c 100% lisäeristepaksuuteen

$$d_{e,nurkka} := 53.75 \text{ mm} \cdot 2 = 107.5 \text{ mm}$$

$$\rightarrow d_{e,nurkka} := 120 \text{ mm} \quad (50+70\text{mm})$$

Routaeristeen leveys ja nurkka-alue

Routaeristeen leveys saadaan katsottua taulukosta 3

Alapohjan tyyppi	Alapohjan lämmönvastus R_A^* , m ² K/W	Mitoitus-pakkasmäärä F_{mit} , Kh	Routaeristeen leveys B , m	Routaeristeen lisäleveys ΔB , m
Maanvastainen alapohjarakenne	< 7,5	35 000...55 000	1,0	
	< 7,5	55 000...75 000	1,2	
	7,5...< 10,0	35 000...55 000	1,2	
	7,5...< 10,0	55 000...75 000	1,5	
	10,0...14,0	35 000...40 000	1,0	0,5
	10,0...14,0	40 000...60 000	1,5	0,5
	10,0...14,0	60 000...75 000	2,0	0,5
Ryömintätilainen alapohjarakenne	< 6,25	35 000...55 000	1,2	
	≤ 6,25	55 000...75 000	1,5	
	> 6,25...< 10,0	35 000...55 000	1,2**	
	> 6,25...< 10,0	55 000...75 000	1,5**	

$B := 1.2 \text{ m}$

Eristeen leveys seinälinjalla ja nurkassa

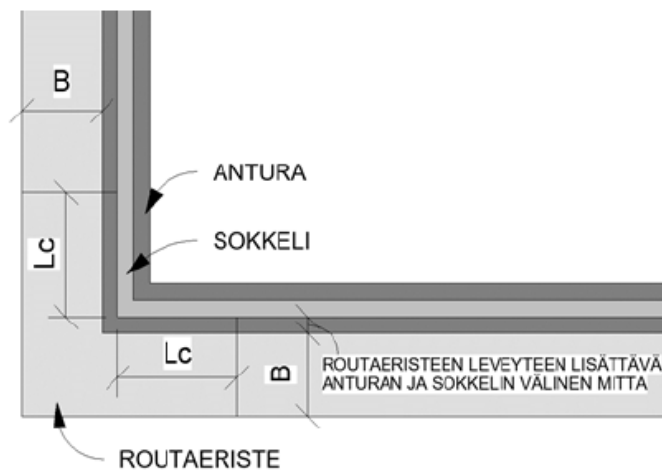
Nurkka-alueen leveys saadaan katsottua taulukosta 4

Mitoituspakkasmäärä F_{50} , Kh	L_c , m
35 000...55 000	1,5
> 55 000...65 000	2,0
> 65 000...75 000	2,5

$L_c := 1.5 \text{ m}$

Nurkka-alueen leveys

Routaeristeen periaatekuva:



Esimerkkilaskelma 2. Lämmin rakennus, maanvastainen alapohja

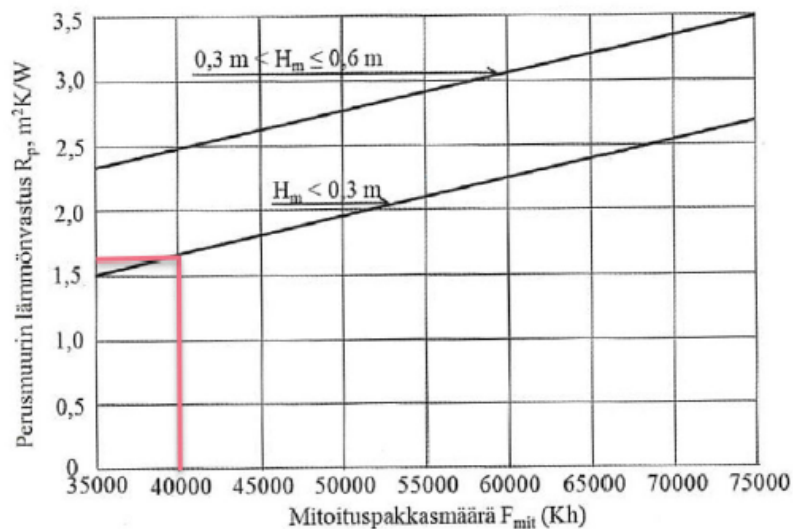
Esimerkkilaskelmissa käsitellään Tampereella sijaitsevaa rakennusta

-> Pakkasmäärä: 40 000 h °C (Kuvio 2)

- Alapohjan U-arvo on 0,16 W/m²K
- Alapohjaeristeen alapinnan ja ulkopuolisen maanpinnan välinen etäisyys ≤ 600 mm
- Rakennuksen maaperä on soraa, salaojitettua hiekkaa tai savea
- Rakennuksen perustussyvyys 1,0 m
- Perusmuurissa 200 mm betonia

Perusmuurieristys

Suosittelava perusmuurieristyksen lämmönvastuksen määrä saadaan katsottua kuvioista 7



$$R_p := 1.6 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Perusmuurin vaadittava lämmönvastus

Lasketaan perusmuurin betoniosan lämmönvastus ja vähentämälää tämä perusmuurin vaadittavasta lämmönvastuksesta saadaan selville perusmuurieristeen vaadittu lämmönvastus.

$$d_b := 200 \text{ mm}$$

Betoniosan paksuus

$$\lambda_b := 1.7 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Betoniosan lämmönjohtavuus

$$R_b := \frac{d_b}{\lambda_b} = 0.118 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Betoniosan lämmönvastus

$$R_e := R_p - R_b = 1.482 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Perusmuurieristeen vaadittu lämmönvastus.
Huom tulos varmalla puolella, koska pintojen lämmönvastuksia ei huomioitu.

$$\lambda_{design} := 0.036 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Eristeen lämmönjohtavuus

$$d_e := R_e \cdot \lambda_{design} = 53.365 \text{ mm}$$

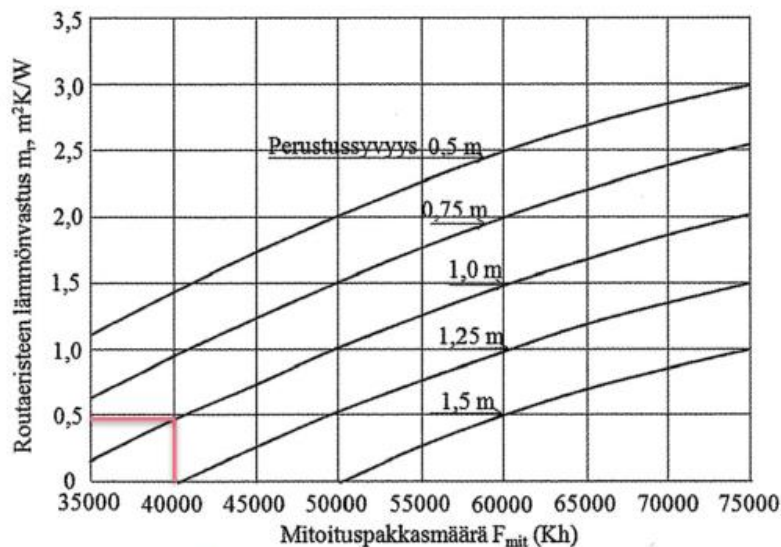
Vaadittu perusmuurieristeen paksuus.

$$\rightarrow d_e := 70 \text{ mm}$$

Pyöristys seuraavaan vakiokokoon

Routaeristys

Routaeristeen vaadittu lämmönvastus saadaan katsottua kuviosta 12



$$m_r := 0.5 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Routaeristeen vaadittu lämmönvastus

$$\lambda_U := 0.043 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

Routaeristeen lämmönvastus, EPS 120

$$d_e := m_r \cdot \lambda_U = 21.5 \text{ mm}$$

Routaeristeen vähimmäispaksuus

$$d_e := 50 \text{ mm}$$

Pyöristetty seuraavaan vakiokokoon

Nurkka-alueella L_c 100% lisäys eristepaksuuteen

$$d_{e,nurkka} := 21.5 \text{ mm} \cdot 2 = 43 \text{ mm}$$

$$\rightarrow d_{e,nurkka} := 50 \text{ mm}$$

Routaeristeen leveys ja nurkka-alue

Routaeristeen leveys saadaan katsottua taulukosta 3

Alapohjan tyyppi	Alapohjan lämmönvastus R_A^* , m ² K/W	Mitoitus-pakkasmäärä F_{mit} , Kh	Routaeristeen leveys B , m	Routaeristeen lisäleveys ΔB , m
Maanvastainen alapohjarakenne	< 7,5	35 000...55 000	1,0	
	< 7,5	55 000...75 000	1,2	
	7,5...< 10,0	35 000...55 000	1,2	
	7,5...< 10,0	55 000...75 000	1,5	
	10,0...14,0	35 000...40 000	1,0	0,5
	10,0...14,0	40 000...60 000	1,5	0,5
	10,0...14,0	60 000...75 000	2,0	0,5
Ryömintätilainen alapohjarakenne	< 6,25	35 000...55 000	1,2	
	≤ 6,25	55 000...75 000	1,5	
	> 6,25...< 10,0	35 000...55 000	1,2**	
	> 6,25...< 10,0	55 000...75 000	1,5**	

$B := 1.2 \text{ m}$

Eristeen leveys seinälinjalla ja nurkassa

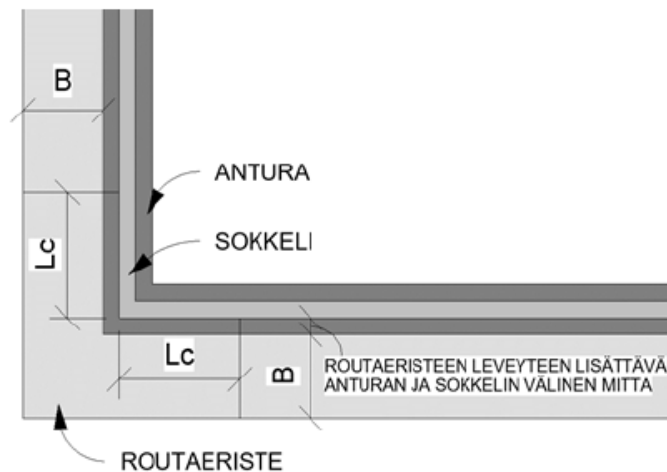
Nurkka-alueen leveys saadaan katsottua taulukosta 4

Mitoituspakkasmäärä F_{50} , Kh	L_c , m
35 000...55 000	1,5
> 55 000...65 000	2,0
> 65 000...75 000	2,5

$L_c := 1.5 \text{ m}$

Nurkka-alueen leveys

Routaeristeen periaatekuva:



Esimerkkilaskelma 3. Kylmä rakenne, pilariantura

Esimerkkilaskelmissa käsitellään Tampereella sijaitsevaa rakennusta

- Ei huomioida lumen suojaavaa vaikutusta
- Vuoden keskilämpötila +3...+4 °C
- Routaeriste sijaitsee anturan alla
 - *Asentaessa eriste anturan alle on syytä varmistaa eristeen puristuskestävyys
- Rakenteelle ei sallita routanousua
 - > mitoituspakkasmäärä = $F_{50} = 40\,000\text{ h}^\circ\text{C}$ (Kuvio 2)

$$Z_m := 0.2\text{ m}$$

Routaeristeen alapuolisen routimattoman täytön paksuus ($\geq 0,2\text{ m}$)

$$Z_r := 0.6\text{ m}$$

Perustamissyvyys

Routaeristys

Routaeristeen vaadittu lämmönvastus saadaan katsottua taulukosta 5

Mitoituspakkasmäärä F_{mit} , Kh	Routaeristeen vaadittava lämmönvastus m_{ro} , $\text{m}^2\text{K/W}$													
	20 000			30 000				40 000			50 000			\geq 60 000
Vuoden keskilämpötila T_m , °C	+2	+3	\geq +4	+1	+2	+3	\geq +4	+1	+2	+3...+4	+1	+2	+3	0...+1
Routaeristeen alapuolisen routimattoman kerroksen paksuus Z_m , m														
0,2	1,6	1,4	1,2	3,2	2,6	2,2	1,8	(4,2)	3,5	2,8	*	(4,6)	3,8	*
0,4	1,4	1,1	0,8	2,6	2,1	1,7	1,4	3,5	2,8	2,2	(4,6)	3,8	3,1	*
0,6	1,0	0,7	0,5	2,1	1,7	1,3	1,0	2,8	2,2	1,6	3,8	2,9	2,3	(5,0)
0,8	0,6	0,4	0,3	1,7	1,3	1,0	0,7	2,2	1,6	1,3	2,9	2,2	1,8	3,8
1,0	0,4	0,3	0,2	1,3	1,0	0,7	0,5	1,6	1,2	1,0	2,2	1,7	1,4	2,8
1,5	0	0	0	0,8	0,6	0,4	0,2	1,0	0,7	0,5	1,4	1,0	0,8	1,8

* Perustussyvyttä on suurennettava.

() Yleensä perustussyvyiden suurentaminen on kannattavampaa.

$$m_{ro} := 2.8\text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Routaeristeen vaadittu lämmönvastus

Kylmillä rakenteilla voidaan huomioida asennussyvyys kaavan 7 mukaisesti

$$m_r := m_{ro} - (Z_r - 0.3) \cdot 1\text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}} = 2.5\text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$\lambda_U := 0.036 \frac{W}{m \cdot K}$$

Routaeristeen lämmönvastus, XPS 200

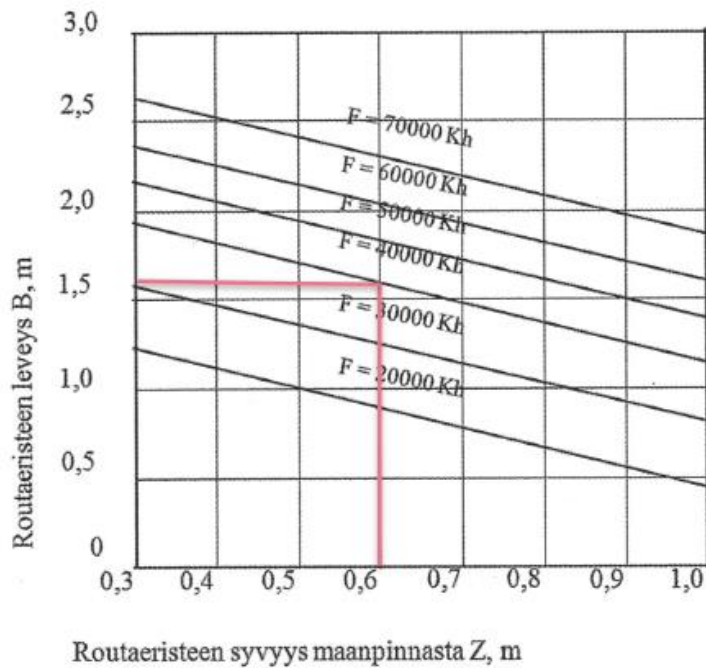
$$d_e := m_r \cdot \lambda_U = 90 \text{ mm}$$

Routaeristeen vähimmäispaksuus

$$d_e := 100 \text{ mm}$$

Pyöristetty seuraavaan vakiokokoon

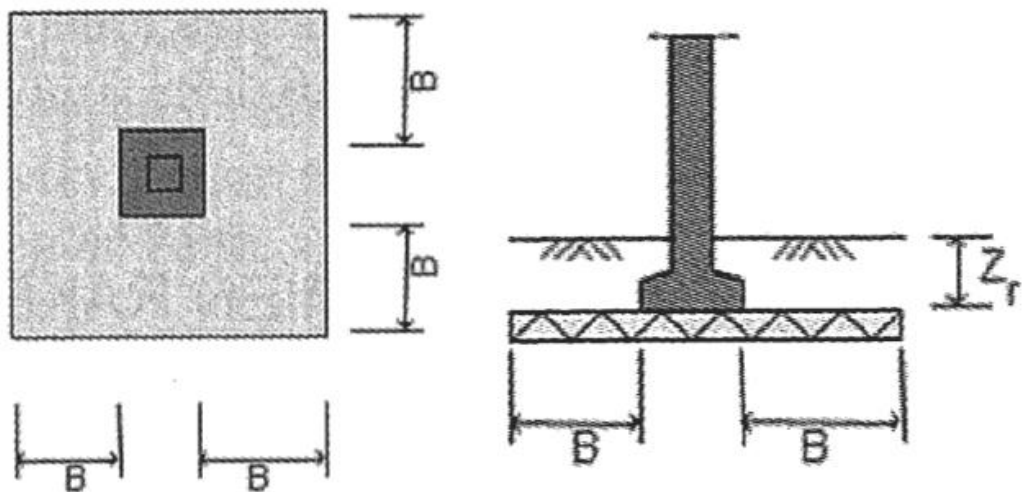
Routaeristeen leveys saadaan katsottua kuviosta 15




$$B := 1.6 \text{ m}$$

Routaeristeen leveys

Routaeristykseen periaatekuva pilarianturalla (kuvio 15)



Liite 2. Laskuri lämpimien ryömintätilaisten rakennusten routasuojauksen mitoitukselle.

 INSINÖÖRITOIMISTO JONECON OY Takojankatu 2 A 9 33540 Tampere Puh. 03-31418200 Fax. 03-31418210 etunimi.sukunimi@jonecon.fi, www.jonecon.fi	PROJEKTIN NIMI	NRD
	Malliprojekti	123
	SISÄLTÖ	
Lämpimän ryömintätilaisen rakennuksen routasuojaus		
TEHNYT	PVM	HYV.
Jla	1.5.2022	
		SIVU
		1/1

Kohde:

LAMMIN RYÖMINTÄTILAINEN ALAPOHJA

U-arvo $\geq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ryömintätilan lämpötila $> 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Tuuletus $< 0,6 \text{ l/sm}^2$

Huom. Eristeenä EPS-120 Routa, kaato $\geq 2^\circ$ rakennuksesta ulospäin. Asennussyvyys $\geq 200\text{mm}$. Perustuksien sekä alapohjien tulee olla pysyvästi kuivatettuja.

Pakkasmäärä: h $^\circ\text{C}$

Perustamissyvyys: m

Routaeristeeltä vaadittava lämmönvastus m 2 :

Seinäinjalla = 1,6 m ^2KW

Nurkka-alueella= 3,2 m ^2KW

Routaeristeen paksuus d:

Seinäinjalla = 75 mm

Nurkka-alueella= 150 mm

Routaeristeen leveys B= 1,2 m

Huom. Leveys on anturan reunasta routaeristeen reunaan, asentaessa eriste anturan päälle lisätään eristeen leveyteen anturan ja sokkelin välinen mitta.

Nurkka-alue L_e 1,5 m

Routaeristeenä vaahtolasi


Vaahtolasin lämmönvastus λ mit W/mK (0,15-0,20 W/mK riippuen maaperän kosteudesta)

Vaadittu vaahtolasikerroksen paksuus d:

Seinäinjalla = 240 mm

Nurkka-alueella = 480 mm

Liite 3. Laskuri lämpimien maanvastaisten rakennusten routasuojauksen mitoitukselle.

 <p>INSINÖÖRITOIMISTO JONECON OY Takojaninkatu 2 A 9 33540 Tampere Puh. 03-31418200 Fax. 03-31418210 etunimi.sukunimi@jonecon.fi, www.jonecon.fi</p>	PROJEKTIN NIMI	NRG
	Malliprojekti 123	
	SISÄLTÖ	
Lämpimän maanvastaisten rakennuksen routasuojaus		
TEHTY	PVM	SIVU
Jla	1.5.2022	1/1

Kohde:

LAMMIN MAANVASTAINEN ALAPOHJA

U-arvo $\geq 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Alapohjan eristeen alapinnan ja ulkopuolisen maanpinnan välinen korkeusero $\leq 0,6\text{m}$.

Huom. Eristeenä EPS-120 Routa, kaato $\geq 2^\circ$ rakennuksesta ulospäin. Asennussyvyys $\geq 200\text{mm}$. Perustuksien sekä alapohjien tulee olla pysyvästi kuivatettuja.

Pakkasmäärä: h°C

Perustamissyvyys: m

Routaeristeeltä vaadittava lämmönvastus m:

Seinälinjalla = $0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$

Nurkka-alueella = $1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

Routaeristeen paksuus d:

Seinälinjalla = 50 mm

Nurkka-alueella = 100 mm

Routaeristeen leveys B: $1,2 \text{ m}$

Huom. Leveys on anturan reunasta routaeristeen reunaan, asentaessa eriste anturan päälle lisätään eristeen leveyteen anturan ja sokkelin välinen mitta.

Nurkka-alue L_c $1,5 \text{ m}$

Routaeristeenä vaahtolasi


Vaahtolasin lämmönvastus λ mit W/mK (0,15-0,20 W/mK riippuen maaperän kosteudesta)

Vaadittu vaahtolasikerroksen paksuus d:

Seinälinjalla = $112,5 \text{ mm}$

Nurkka-alueella = 225 mm

Liite 4. Laskuri kylmien rakennusten tai rakenteiden routasuojauksen mitoitukselle.

 Takojankatu 2 A 9 33540 Tampere Puh. 03-31418200 Fax. 03-31418210 etunimi.sukunimi@jonecon.fi, www.jonecon.fi	PROJEKTIN NIMI		NRG	
	Malliprojekti		123	
	SISÄLTÖ			
Kylmän rakennuksen routasuojaus				
TEHTY	PVM	HYV.	PVM	SIVU
Jla	1.5.2022			1/1

Kohde:

KYLMÄ RAKENNE/RAKENNUS

Huom. Perustuksien sekä alapohjien tulee olla pysyvästi kuivatettuja.

Routaeristeen vähimmäis asennussyvyys 300mm ja routaeristeen alla olevan routimattoman kerroksen minimipaksuus 200mm

Pakkasmäärä: h°C

Perustamissyvyys: m

Vuoden keskilämpötila: °C

Routaeristeen alapuolisen
routimattoman kerroksen
paksuus: m

Routaeristeen syvyys
maanpinnasta m

Routaeristeeltä vaadittava lämmönvastus m^2K/W : 3,1

Routaeristeen paksuus d : 125 mm

Routaeristeen leveys B : 1,5 m

Huom. Leveys kuvion 1 mukainen.