

Jarno Peura

Maan suojaavan vaikutuksen huomioon ottaminen energiatehokkaassa rakentamisessa

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jarno Peura

Työn nimi: Maan suojaavan vaikutuksen huomioon ottaminen energiatehokkaassa rakentamisessa

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 50

Liitteiden lukumäärä: 24

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, tuoko maan suojaava vaikutus hyötyä suunniteltaessa energiatehokasta asuintaloa. Helpoiten maan suojaavan vaikutuksen saisi käyttöön sopivalla rinnetontilla, jolloin suuri osa talon tilavuudesta olisi mahdollista kaivaa rinteeseen sisään ja täten olisi mahdollisuus säästää maa-aineissa. Rakennettaessa talo siten, että kolme seinää rajoittuu maata vasten, on mahdollista saada lämmitysenergiesäästöä maan lämmittävän ominaisuuden ansiosta. Säästöjä kertyy myös työtunneissa ja materiaaleissa, koska julkisivumateriaaleja ei tarvitse niin paljon. Talon sijaitessa suurimmalta osin maata vasten, ei tuulen jäähdyttävää vaikutusta ole. Kuten kaikissa taloissa, myös maanvastaisessa talossa, pohjasuunnittelu on tärkeässä osassa ja huonejärjestely täytyy suunnitella siten, että luonnonvalo saadaan ohjatuksi mahdollisimman moneen huoneeseen.

Työssä käy ilmi, että maanvastainen seinärakenne on kosteuteknisesti toimiva, myös pesuhuoneessa, jossa korkeampi kosteusprosentti tavallisesti lisää haasteita rakenteiden kosteustekniselle toimivuudelle. Energiankulutuslaskelmista voidaan todeta, että käytettäessä maanvastaisissa ulkoseinissä esimerkiksi 70 mm lämmöneristettä on mahdollisuus päästä normaalin pientalon lämmöntarvelukemiin.

Avainsanat: Omakotitalot, betonirakennukset, rakennusala

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of technology
Degree programme: Construction Engineering
Specialisation: Building Construction

Author: Jarno Peura

Title of thesis: Energy-efficient building, using the protective effect of the soil.

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2012

Number of pages: 50

Number of appendices: 24

The thesis focuses on possible energy-efficient effects when planning an underground house. A suitable slope site utilizes the protection of the ground with the least effort when a large proportion of the capacity of the house is buried into the slope. Thus it would be possible to economize on the soil. When building a house in a way that three walls are outlined to the ground, it is possible to save in heating expenses because of the heat producing capacity of the ground. Savings are also accumulated by the reduction of working hours and materials, because the façade requires less material. As the house is situated mainly against the ground, there is no cooling effect of the wind. Like in all houses, the floor plan is also important in an underground house. It must be designed so that natural light can be admitted into as many rooms as possible.

It is demonstrated in the thesis that the house construction against the ground is functional when it comes to the moisture technology. The same observations can be made in bathrooms where higher humidity adds challenge to structural functionality of anti-moisture which energy calculations show. While using walls built against the ground, it is possible to achieve the same or better total energy consumption than a normal contemporary house.

Keywords: Single-family houses, concrete buildings, construction

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	3
Käytetyt termit ja lyhenteet	6
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	8
1 JOHDANTO	10
1.1 Historia.....	10
1.2 Työn tausta ja tavoitteet	12
1.3 Työn rajaus	14
2 MAAN SUOJAAVAN VAIKUTUKSEN HYÖDYNTÄMISEEN KANNUSTAVAT OLOSUHDEMUUTOKSET	15
3 OHJEET JA STANDARDIT	18
3.1 C3 rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010	18
3.2 C4 lämmöneristys. Ohjeet 2003.....	19
3.3 D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta	21
4 RAKENTEET JA POHJARATKAISU	22
4.1 Asuinrakennuksen laajuustiedot ja pohjaratkaisu.....	22
4.2 Rakenteet.....	22
4.3 Pohjaratkaisu	28
5 RAKENTEIDEN LÄMPÖ- JA KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN	30
5.1 Maanvastaisen asuinrakennuksen seinärakenteiden lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen	30
5.2 Lämpö- ja kosteuskäyrien vertailu.....	33
6 ENERGIANTARVELASKELMAT.....	34
6.1 Energiantarvelaskelmat, ikkunasuunta etelä	38
6.2 Energiantarvelaskelmat, ikkunasuunta pohjoinen	41
6.3 Energiantarvelaskelmien analysointi.....	44
7 MAANVASTAISEN- JA MAANPÄÄLLISEN TALON VERTAILU....	45

7.1 Rakenteet.....	45
7.2 Pohjaratkaisu	46
8 YHTEENVETO.....	47
9 LÄHTEET	48
LIITEET	50

Käytetyt termit ja lyhenteet

Asuinhuone Asuinhuoneella tarkoitetaan huonetilaa, joka on ensisijaisesti tarkoitettu jatkuvaan asumiskäyttöön. Asuinhuoneita eivät ole esimerkiksi eteinen, käytävä, kylpyhuone tai muu sellainen huonetila. (Suomen rakentamismääräyskokoelma G1 2005, 5.)

Sisäinen konvektio Rakenteen sisäinen konvektio tarkoittaa ilmvirran kiertoa rakenteen sisällä. Se aiheutuu lämpötilaeroista.

Rakennuksen bruttopinta-ala

Rakennuksen bruttopinta-ala eli bruttoala kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana. Kerrostasoalat lasketaan bruttoalaan kokonaisina riippumatta kerrostason sijainnista ja sen sisältämien huoneiden käyttötarkoituksista. Bruttoalaan lasketaan kaikki kerrostasoalat riippumatta myös siitä, ovatko huoneet kylmiä vai lämpimiä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 4.)

Kerrostasoala Kerrostasoala on kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat tai niiden ajateltu jatke ulkoseinän pinnassa olevien aukkojen ja koristeosien osalla. Kerrostasoala sisältää myös porrasaukot sekä alat, joissa huonekorkeus on alle 1600 mm. Rakennuksen bruttopinta-alan laskenta esitetään standardissa SFS 5139. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 4.)

- U-arvo** Lämmönläpäisykerroin ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen. Yksikkö [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] (Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 2.)
- Passiivitalo** Passiivitalo on rakennus, jonka energiankulutus on niin pieni, että se ei tarvitse tavanomaista lämmitysjärjestelmää. Suomessa passiivitalon määritelmä lämmöntarpeessa on etelään $20 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{vuosi}$ ja pohjoiseen $30 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{vuosi}$. (Passiivi, [viitattu 4.5.2012].)
- Primäärienergiantarve** Primäärienergiantarve sisältää kaiken kulutetun energian, käyttösähkön, lämmityksen, jäähdytyksen ja käyttöveden.
- Lämmöntarve** Lämmöntarve sisältää rakenteiden lämpöhäviöstä johtuvan lämmitysenergian kulutuksen.

Kuvio- ja taulukkoluetelo

KUVIO 1. Taloratkaisu yhdysvalloista.....	11
KUVIO 2. Eräs taloratkaisu alankomaista.....	11
KUVIO 3. Eräs taloratkaisu englannista.....	12
KUVIO 4. Spu-uretaanilevy.....	16
KUVIO 5. Hb-valuharkko.....	16
KUVIO 6. Sbs-kumibitumikermi.....	17
KUVIO 7. Seinän maan vastaisen osan aluejako.....	20
KUVIO 8. Rakennuksen periaatekuva.....	22
KUVIO 9. Maan vastainen ulkoseinä.....	23
KUVIO 10. Puurakenteinen ulkoseinä.....	23
KUVIO 11. Alapohja.....	24
KUVIO 12. Yläpohja.....	24
KUVIO 13. Maamassan sijoittuminen.....	27
KUVIO 14. Massiivisen- ja kevyenrakenteen sisälämpötilat verrattuna ulkolämpötilaan.....	28
KUVIO 15. Pohjakuva.....	29
KUVIO 16. Vuotuinen primäärienergiantarve ikkunasuunnan ollessa etelään, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoi- seen.....	40
KUVIO 17. Vuotuinen lämmöntarve ikkunasuunnan ollessa etelään, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoi- seen.....	41
KUVIO 18. Vuotuinen primäärienergiantarve ikkunasuunnan ollessa pohjoiseen, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoi- seen.....	42

KUVIO 19. Vuotuinen lämmöntarve ikkunasuunnan ollessa pohjoiseen, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoiseen.....	43
TAULUKKO 1. Maanlämmönvastukset r_b perustusten ollessa pysyvästi kuivatettuja (suomen rakentamismääräyskokoelma C4. 2003).....	20
TAULUKKO 2. Maata vasten olevien rakenteiden U-arvot	25
TAULUKKO 3. Muiden rakenneosien u-arvot	26
TAULUKKO 4. Lämpö- ja kosteuslaskelmissa käytetyt arvot.....	31
TAULUKKO 5. Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila eri säävyöhykkeillä.....	31
TAULUKKO 6. Alapohjan alapuolisen maan kuukauden keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero	32
TAULUKKO 7. Maan kuukausittainen keskilämpötila	32
TAULUKKO 8. Lähtötiedot	35
TAULUKKO 9. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia eri rakennustyypeille	37
TAULUKKO 10. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja rakennustyypeittäin	38
TAULUKKO 11. Lämpimän käyttöveden ja käyttösähkön kulutus.....	38
TAULUKKO 12. Vuotuinen primäärienergiantarve 70 mm, 100 mm, 150 mm, ikkunasuunta etelä.....	39
TAULUKKO 13. Vuotuinen lämmöntarve, ikkunasuunta etelä. 70mm, 100mm, 150mm	40
TAULUKKO 14. Vuotuinen primäärienergiantarve, ikkunasuunta pohjoinen. 70 mm, 100 mm, 150 mm	42
TAULUKKO 15. Vuotuinen lämmöntarve, ikkunasuunta pohjoinen. 70 mm, 100 mm, 150 mm.....	43

1 JOHDANTO

1.1 Historia

Maan suojaavaa ominaisuutta on hyödynnetty jo esihistorialliselta ajalta lähtien. Luolat ovat tarjonneet suojaa, lämpöä ja viilennystä tarpeen mukaan. Maailman ensimmäiset tunnelit rakennettiin vesihuoltoon liittyen. Yksi vanhimpia tunnettuja vesihuoltotunneleita sijaitsee Lähi-idässä, ja se rakennettiin noin 2700 vuotta sitten. Euroopassa ensimmäinen viemäritunneli rakennettiin Pariisiin vuonna 1370. Suomessa ensimmäiset rakennetut maanalaiset tilat ovat olleet kaivoksia. Suomen ensimmäinen tunneli rakennettiin 1800-luvun lopussa. Se oli rautatietunneli. Suomessa maanalaisen rakentamisen voimakas kasvu alkoi 1950-luvulla. Se oli aluksi lähinnä suoja- ja varmuusrakentamista. (Mikkola 2011.)

Kuuman ilmaston olosuhteissa maanalaiset asumukset ovat tarjonneet viileän sisäilman ja suojan poikkeuksellisia säätiloja vastaan, kun taas kylmissä olosuhteissa maan suojaava ominaisuus auttaa lämmityksessä. Asuintaloissa ja pihapiireissä maanalaiset tilat ovat olleet aiemmin pääasiassa kellareita ja muita säilytystiloja. Näiden tilojen ongelmia ovat olleet kosteus, rakennusmateriaalit ja vajavainen ilmanvaihto. Kaikkien asuintilojen sijoittaminen suurelta osin maan sisään on hyvin harvinaista, toki on joitakin yksittäistapauksia. (KUVIOT 1–3)



KUVIO 1. Taloratkaisu yhdysvalloista (Earthhome1. 1.5.2012)



KUVIO 2. Eräs taloratkaisu Alankomaista (Eräs taloratkaisu. 1.5.2012)



KUVIO 3. Maansuojaavaa ominaisuutta hyödyntävä talo englannissa (Cumbria underground house. 1.5.2012)

1.2 Työn tausta ja tavoitteet

Energiankulutusnormit kiristyvät ja tulevaisuudessa mineraali- ja puukuitueristeellä eristettyjen asuintalojen seinärakenteet voivat olla jopa 500 mm paksut. Seinien paksuuntumista voi ehkäistä käyttämällä nykyaikaisia polyuretaanieristeitä, joiden lambda-arvo on jopa $0,025 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Tampereen teknillisen yliopiston tekemässä tutkimuksessa matalaenergiarakenteiden toimivuudesta käy ilmi, että eristepaksuuksien kasvaessa, työnlaatu, laadukkaat ja tutkitut rakennusmateriaalit ovat entistä tärkeämmässä osassa.

Rakennusten energiatehokkuusvaatimukset tiukentuvat 1.7.2012 voimaan astuvi- en uusien määräysten myötä noin 20 %:lla. Uudessa kokonaisenergiamallissa huomioidaan kertoimilla energiamuodon luontoystävällisyys. Uuteen energiamalliin sisältyy ehto, jonka mukaan uusiutuvien energiamuotojen osuus rakennuksen tilojen lämmitysenergian nettotarpeesta tulee olla vähintään 25 %. Tulevaisuudessa

energiamääräyksiä ulotetaan myös korjausrakentamiseen ja rakennusten energiatodistusta tullaan kehittämään. (Vtt, [viitattu 2.4.2012].)

Perinteisen asuintalon energiatehokas rakentaminen vaatii huomattavasti tarkkuutta rakenteiden suunnittelemisessa toimiviksi ja niiden rakentamista oikein. Kosteussulut ja höyrynsulut tulee olla ehdottoman tiiviitä, koska paksujen eristeiden ansiosta sisältä tuleva lämpövuoto ei lämmitä eristeen ulkopintaa. Jos rakentamisvaiheessa esimerkiksi kosteussulkuun jää reikä tai teippaamaton sauma, on rakennevaurion mahdollisuus suuri, koska rakennetta ei ole suunniteltu toimimaan tilanteessa, jossa eristeseen pääsee huomattava määrä kosteutta. (Matalaenergiarakenteiden toimivuus 2008, 69–80). Tämän tutkimuksen mukaan on odotettavissa, että ilmastonmuutoksen myötä rakenteiden kosteustekninen toiminta heikkenee ja homeenkasvulle suotuisien olosuhteiden ennustetaan lisääntyvän ja toisaalta kuivumisaikojen vähentyvän.

Edellä mainitut haasteet antavat aihetta tutkia mahdollisia hyötyjä ja haittoja rakennustavassa, jossa käytetään ulkoseinärakenteena suurelta osin maanvastaista seinärakennetta. Onko tällä rakennustavalla mahdollista rakentaa energiatehokas asuintalo, jonka rakenteiden kosteustekninen toimivuus on helppo toteuttaa ja näin pienentää rakennusvirheiden määrää? Opinnäytetyössä esitetyt laskelmat on toteutettu opinnäytetyötä varten suunnitellun 150 neliöisen omakotitalon pohjalta. Energialaskelmien kannalta merkittäviä asioita ovat vaipparakenteet, kolmen ulkoseinän rajoittuminen maahan ja ikkunoiden suuntaus.

Tarkasteltavina rakenteina ovat maata vasten olevat betoniseinät. Laskelmat toteutetaan erilaisilla seinärakenteiden eristepaksuuksilla (70 mm, 100 mm ja 150 mm). Nämä ovat yleiset myytävät eristepaksuudet. Ottaen huomioon, että on tavoitteena selvittää, onko maanvastaisella rakentamistavalla mahdollisuuksia edellämainittuihin säästöihin, ei tarkastelua toteutettu paksummilla eristeillä. Laskennallisesti tarkastellaan energiankulutusta ja rakenteiden lämpö- ja kosteuskäyttämistä eristepaksuuden muuttuessa. Lämpö- ja kosteuskäyttämistarkastelu toteutetaan Dof-lämpö-ohjelmalla.

Työssä tarkastellaan myös primäärienergiankulutusta ja lämmöntarvetta Dof-energia-ohjelmalla. Primäärienergiankulutus pitää sisällään asuintalon lämmitysenergian, käyttöveden lämmitysenergian, ilmastoinnin lämpöhukan, jäähdytysenergian ja käyttösähkönkulutuksen.

Opinnäytetyö pyrkii selvittämään, onko mahdollista saada eriste- ja lämmitysenergianarvesäästöjä hyödyntämällä maan suojaavaa vaikutusta. Tavallisesti energiatehokkuusvaatimusten tiukentuessa niihin päästäkseen on lisättävä eristepaksuutta. Jos hyödyntämällä maan suojaavaa ominaisuutta on mahdollista saada säästöjä materiaalikustannuksissa ja menekeissä, se avaisi uusia mahdollisuuksia ja loisi valinnanvaraa rakentamistavoille.

1.3 Työn rajaus

Opinnäytetyössä ei suunnitella valmiita rakenteita, vaan tarkasteluissa käytetään periaaterakenteita. Työ ei myöskään ota kantaa lämmitysjärjestelmän valintaan, vaan pyrkii antamaan energiankulutuslukemat esimerkkinä toimivalle asuintalolle suunnitelluin rakenneratkaisuin. Opinnäytetyöhön ei sisälly kustannuslaskentaa.

2 MAAN SUOJAAVAN VAIKUTUKSEN HYÖDYNTÄMISEEN KANNUSTAVAT OLOSUHDEMUUTOKSET

Miten nykymaailmassa ja Suomessa olosuhteet ovat muuttuneet maan suojaavaa vaikutusta hyödyntävälle talolle suotuisammiksi? Teollisen vallankumouksen jälkeen ihmiskunta on kiihtyvällä tahdilla saastuttanut maan ilmakehää erilaisilla hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöillä. 1900-luvun loppupuolella on herätty kasvihuoneilmiöön ja planeettamme saastumiseen ja sen hillitsemiseen. Täten myös Suomessa energiankulutusta kannustetaan ja pakotetaan pienentämään ja näin ollen Suomen asuntorakennus on kehittynyt verrattain pienen ajan sisällä huomattavasti ja suurelta osin se on Euroopan Unionin ja Suomen valtion lainsäädännöllä aiheuttaman muutoksen seurausta. Kuitenkin vielä sallitaan talojen lämmittäminen eli talojen lämmitysenergiankulutus, vaikkakin on odotettavissa, että tulevaisuudessa Suomessa rakennetaan ainoastaan nolla- tai plusenergiataloja. Myös taloudellinen epävarmuus ja rakennusmateriaalien ja energian kallistuminen ovat muutosta maan suojaavaa vaikutusta hyödyntävän talon kannalta edulliseen suuntaan, koska tälläisen talotyypin periaatteenahan ovat yksinkertaiset, tarkoituksenmukaiset, välttämättömät ja toimivat rakenteet. Oletuksena on, että hyödyntämällä suunnittelussa maan suojaavaa ominaisuutta, saadaan säästöä eristepaksuudessa ja lämmitysenergiantarpeessa.

Rakennusmateriaalit ovat kehittyneet huomattavasti parissakymmenessä vuodessa. Uusina hyvinä rakennusmateriaaleina maanalaisen rakentamisen kannalta ovat markkinoille tulleet muun muassa uretaanilevyt, valuharkot ja bitumikermit.

Hyvän U-arvon omaavat ja kosteutta kestävät suulakepuristetut uretaanilevyt (Kuvio 4), mahdollistavat hyvän lämmöneristävyden ilman rakenteen huomattavaa paksuuntumista. SPU-eristeiden ylivoimaisuus energiatehokkaassa rakentamisessa perustuu lämmöneristyskykyyn ja ilmanpitävyyteen, jotka ovat

selvästi muita eristemateriaaleja tehokkaampia. Tavoitteet saavutetaan huomattavasti perinteisiä eristeitä ohuemmilla ja yksinkertaisemmilla rakenneratkaisulla. Rakenteista muodostuu kosteusteknisesti turvallisia. (SPU, [viitattu 27.4.2012].)



KUVIO 4. Spu-uretaanilevy (SPU, [viitattu 27.4.2012].)

HB-Valuharkko (Kuvio 5) edustaa modernia rakentamiskulttuuria. Se on tarkoitettu kantaviin rakenteisiin ja väliseiniin. Erittäin tarkkamittaisista ja hyvin ääntä eristävästä HB-valuharkoista rakentaminen on erittäin nopeaa ja vaivatonta. Harkot ladotaan päällekkäin ja raudoitetaan, sen jälkeen onkalot täytetään betonilla. HB-Valuharkot valmistetaan korkealuokkaisesta betonista. Tyypillisinä käyttökohteina voidaan mainita muunmuassa omakoti- ja rivitalojen kantavat väliseinät, sokkelit ja erilaiset maapaineseinät. Valulaudoitusta tai ammattimuuraria ei tarvita. (HB-betoni, [viitattu 27.4.2012].)



KUVIO 5. HB-valuharkko (HB-betoni, [viitattu 27.4.2012].)

SBS-kumibitumikermit (Kuvio 6) on kehitetty kylmien olosuhteiden vedeneristeiksi. Bitumimassana on elastista kumibitumia ja tukikerros joustavaa poly-

teriä tai lujaa lasikuitua. Jopa alle -30 °C lämpötiloissa tuotteilla saavutetaan erittäin hyvät jousto-ominaisuudet vedeneristyksille. Pehmenemislämpötila kumibitumilla on huomattavasti korkeampi kuin perinteisillä puhalletuilla bitumilaaduilla, tästä syystä kumibitumi ei valu ylösnostoissa. Asennustyö onnistuu myös talvella hyvien kylmänkesto-ominaisuuksien takia. SBS-kumibitumituotteiden teknisinä ominaisuuksina voidaan mainita hyvä kylmän kesto ja hyvä pitkäaikaiskestävyys ja elastisuus. (Bitumikate, [viitattu 27.4.2012].) Nykyaikaiset kumibitumikermi ovat erinomaisia kosteuseristeitä maanalaisissa rakenteissa, ne ovat nopeat ja yksinkertaiset asentaa ja kumibitumiseos on erittäin kestävä materiaali ja maan alla kumibitumi on huomattavasti pienemmällä rasituksella kuin mihin se on suunniteltu eli suojassa aurinolta, sulamiselta ja jäätymiseltä.



KUVIO 6. SBS-kumibitumikermi (Bitumikate, [viitattu 27.4.2012].)

3 OHJEET JA STANDARDIT

Seuraavassa on käsitelty aihetta koskevia Suomen rakentamislainsäädännön sisältämiä ohjeita ja standardeja.

3.1 C3 rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykertoimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvo rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti:

seinä 0,17 W/m²K

hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm) 0,40 W/m²K

yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja 0,09 W/m²K

ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta) 0,17 W/m²K

maata vastaan oleva rakennusosa 0,16 W/m²K

ikkuna, kattoikkuna, ovi 1,0 W/m²K (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 7.)

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö saa kuitenkin olla enintään 30 prosenttia suurempi kuin ylläolevien mukaisilla vertailuarvoilla laskettu rakennuksen vaipan lämpöhäviö, siinä tapauksessa jos lämpöhäviön ylitys tasataan pienentämällä rakennuksen vuotoilman tai ilmanvaihdon lämpöhäviötä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 6.)

Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan tai alapohjan lämmönläpäisykerroimen enimmäisarvo saa olla 0,60 W/m²K, kun taas lämpimän tilan ikkunan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään 1,8 W/m²K ja puolilämpimän enintään 2,8 W/m²K. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 2.)

Rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan vertailuarvoksi on säädetty 15 % rakennuksen kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasoalojen summasta, mutta se saa olla kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. Ikkunan pinta-ala lasketaan kehän ulkomittojen mukaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 3.)

3.2 C4 lämmöneristys. Ohjeet 2003

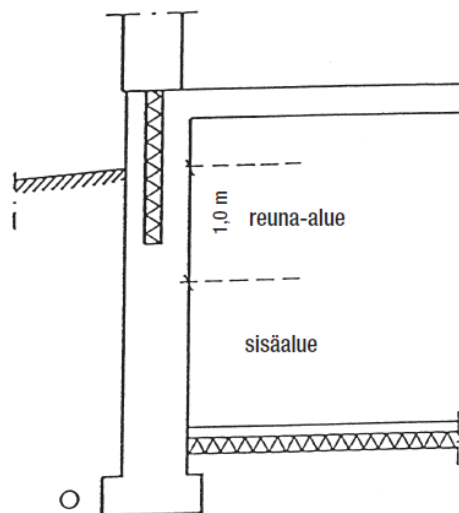
Maanvastaisten rakennusosien tulee olla lämpö- ja kosteusteknisesti toimivia niin, ettei kosteus, routiminen ja pintojen kylmyys aiheuta haittaa, mutta rakenteilla saavutetaan kuitenkin haluttu eristystaso. Suunnittelussa ja toteutuksessa tulee ottaa huomioon maanpinnan muodot, maa-aineisten ominaisuudet, pohjaveden korkeus ja pintavesien kulku. Täytyy huomioida, että rakenteiden sisäpinnan lämpötila ulkoseinän ja maanvastaisen lattian liittymän läheisyydessä ei saa laskea viihtyvyyden kannalta liian matalaksi. Ulkoseinän, alapohjan ja perusmuurin lämmöneristys täytyy sijoittaa toisiinsa nähden siten, ettei rakenteiden liittymään muodostu haitallista kylmäsiltaa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 18–19.)

Jos perustamissyvyys lämpimällä rakennuksella, joka sijoitetaan routivalle maaperälle, jää luonnonmukaisen roudattoman syvyyden yläpuolelle, perustukset täytyy suojata routaeristyksellä. Käytettävä eriste sekä eristuksen sijainti ja lämmönvastus täytyy valita siten, että tavoitteena on rakennuksen käyttöiän kestävä suunnitelmien mukainen toiminta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2003, 18–19.)

Taulukossa 1 on esitetty maan lämmönvastus R_b -arvoja reuna- ja sisäalueille eri täyttömateriaaleilla. Taulukon 1 arvot otetaan huomioon maan vastaisen seinän U -arvon laskennassa. Kuviossa 7 on havainnollistettu, miten reuna- ja sisäalue määritellään rakennuksen maanvastaisessa seinässä. Suomen rakentamislainsäädännön D5 (,2007) ohjeistuksessa on säädetty maanvaraisen alapohjan U -arvon laskentaan uusi tapa. Katso luku 5.1.

TAULUKKO 1. Maan lämmönvastukset R_b perustusten ollessa pysyvästi kuivatettuja (Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2003).

Maa-aines	Normaalinen lämmönjohtavuus λ_n W/m K	Maan lämmönvastus R_b m^2K/W			
		Perusmaa alapohjan alla		Perusmuurin viereinen maa	
		reuna-alue	sisä-alue	reuna-alue	sisä-alue
1	2	3	4	5	6
Savi Hiekka ja sora, salaojitettu	1,4	0,8	3,20	0,40	1,60
Hiesu ja hieta Hiekka ja sora, salaojittamaton Moreeni	2,3	0,50	2,00	0,25	1,00
Kallio	3,5	0,30	1,20	0,15	0,60



KUVIO 7. Seinän maanvastaisen osan aluejako (Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2003).

3.3 D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta

Menetelmä on energiatasemenetelmä, jossa energiankulutus lasketaan kuukausittain. Energiatasemenetelmässä saman kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa. Laskennassa käytetään lähtötietoina yleensä kuukauden keskimääräisiä arvoja. Osa lähtötiedoista annetaan vuotuisina arvoina, jolloin kuukausiarvot lasketaan vuosiarvoista kuukausien pituuksien suhteessa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 9.)

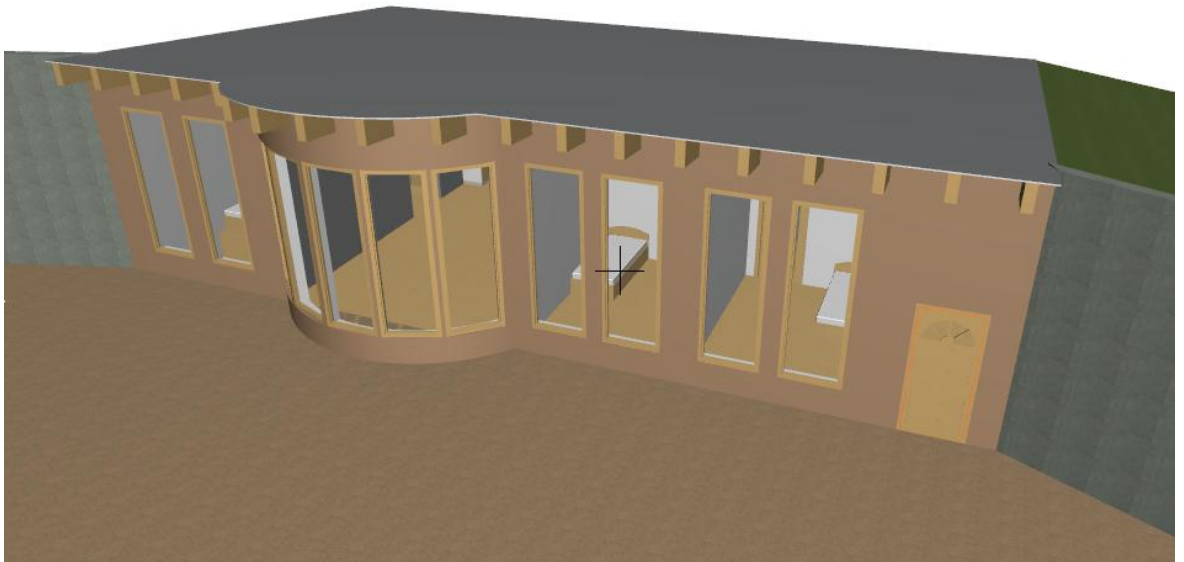
Jäähdytysenergiantarve lasketaan karkealla tasolla kuukausittain ottamatta huomioon tilakohtaista jäähdytystarpeen vaihtelua tai jäähdytystarpeen vuorokautista vaihtelua. Kesäajan sisälämpötila lasketaan karkealla tasolla kuukausikeskiarvona lämpökuormien ja lämpöhäviöiden perusteella. Rakennus voidaan laskea yhtenä tilana, kun rakennuksen lämmitettyjen tilojen sisälämpötila on lähes sama ja lämpökuormat ovat kohtuullisen pieniä tai tasaisesti jakautuneita koko rakennuksessa. Rakennuksen tilat on tarkoituksenmukaista laskea erikseen, kun rakennuksessa on käyttötarkoitukseltaan selvästi toisistaan poikkeavia tiloja, esimerkiksi asuntoja ja liiketiloja. Koko rakennuksen energiankulutus saadaan laskemalla yhteen tilakohtaiset arvot. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 9–10.)

Maanvastaisten alapohjien kautta johtuvan energian laskentaan on säädetty laskukaava, jonka mukaisesti kaavassa käytetään ulkoilman lämpötilan sijasta alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Näin ollen alapohjan U-arvo lasketaan ilman maan lämmönvastusta rakentamismääräyskokoelman osan C4 ohjeesta poiketen. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 19.)

4 RAKENTEET JA POHJARATKAISU

4.1 Asuinrakennuksen laajuustiedot ja pohjaratkaisu

Kohteena on asuinpinta-alaltaan 150-neliöinen omakotitalo (KUVIO 8), joka sijoitetaan kolmelta seinältä maata vasten. Tällöin saadaan maan lämmittävä ja suojaava vaikutus suurelta osin käyttöön ja kuitenkin ikkunalliseksi seinäksi jää riittävästi pinta-alaa. Yläpohja- ja kattorakenteiksi valitaan puupalkkisto ja peltikate. Ikkuna- ja ovipinta-alaa on yhteensä 24,7 m². Ikkunat ja ulko-ovi sijaitsevat ulkoilmaan rajoittuvalla puuseinällä. Maanvastaista betoniseinää on kaikkiaan 94,5 m².

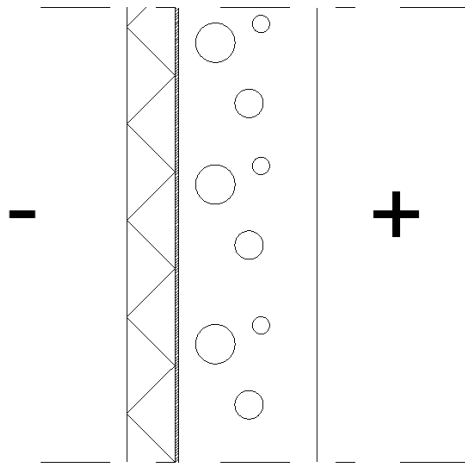


KUVIO 8. Rakennuksen periaatekuva.

4.2 Rakenteet

Ulkoseinät koostuvat kahdesta eri rakennetyypistä (Kuviot 9 ja 10), maata vasten olevista betoniseinistä ja ulkoilmaan rajoittuvasta puurunkoisesta seinästä. Kuvioissa 11 ja 12 on esitettyä ala- ja yläpohjarakenteet. Taulukossa 2 on eriteltynä

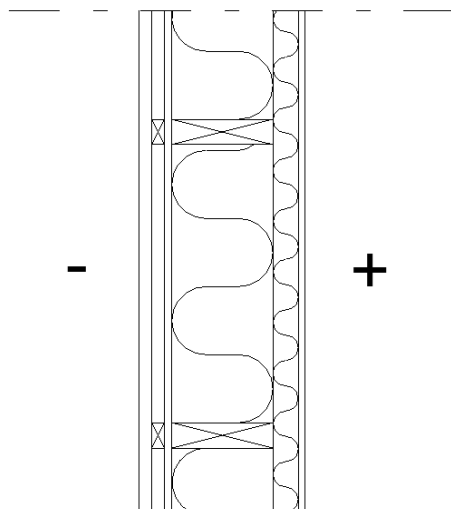
maanvastaisten rakenteiden eristepaksuudet ja U-arvot. Taulukossa 3 on muiden rakenneosien eristepaksuudet ja U-arvot.



Rakennekerrokset sisältä ulospäin

- Maali
- Betoni
- Kumibitumikermivesieristys
- Fimmfoam-eristelevy

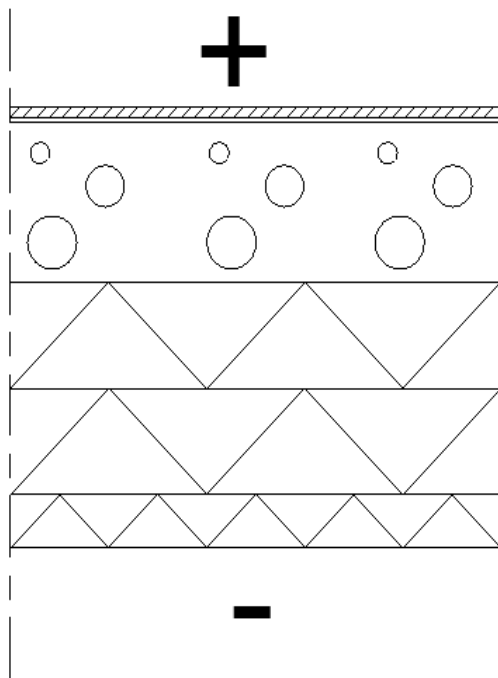
KUVIO 9. Maanvastainen ulkoseinä.



Rakennekerrokset sisältä ulospäin

- Maali
- Kipsilevy 13 mm
- Höyrynsulkupaperi
- 50*50 mm koolaus K-600, puukuitueriste
- Kantava puurunko 50*200 mm, puukuitueriste
- Tuulensuojalevy
- Tuuletusrako 25 mm
- Ulkovuorauspaneeli 25 mm

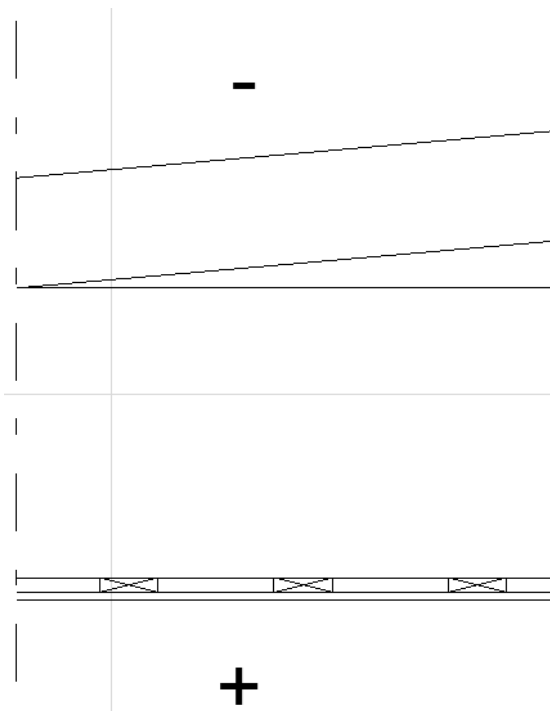
KUVIO 10. Puurakenteinen ulkoseinä.



Rakennekerrokset sisältä ulospäin

- Lattialaminaatti
- Askeläänieriste
- Betonilaatta 150 mm
- Lattiastyrox 250 mm

KUVIO 11. Alapohja.



Rakennekerrokset sisältä ulospäin

- Maali
- Kipsilevy 13 mm
- Harvalaudoitus 22*100 K-300
- Höyrynsulkupaperi
- Kantava palkisto + puukuitueriste 600 mm
- Vesikattorakenteet

KUVIO 12. Yläpohja.

TAULUKKO 2. Maata vasten olevien rakenteiden U-arvot.

Eristepaksuus	Käytetty lämmönvastus R_b sisä / reuna / sisäpuolinen pintavastus	Reuna- alue 35m² U-arvo W/m²K	Sisä-alue 59,5m² U-arvo W/m²K	Eristeen λ_n W/(m*K)	Pinta- ala m²
Seinäeriste 70 mm	1,6 / 0,4 / 0,13	0,289	0,214	0,025	94,5
Seinäeriste 100 mm	1,6 / 0,4 / 0,13	0,214	0,171	0,025	94,5
Seinäeriste 150 mm	1,6 / 0,4 / 0,13	0,150	0,127	0,025	94,5
Alapohja eris- tepaksuus 250 mm	C4 *) D5 *)	0,136	0,136	0,036	150

*) C4= Suomen rakentamislainsäädännön C4 mukaisesti sisäpuolen pintavastus $R_{si}=0,17(m^2K)/W$.

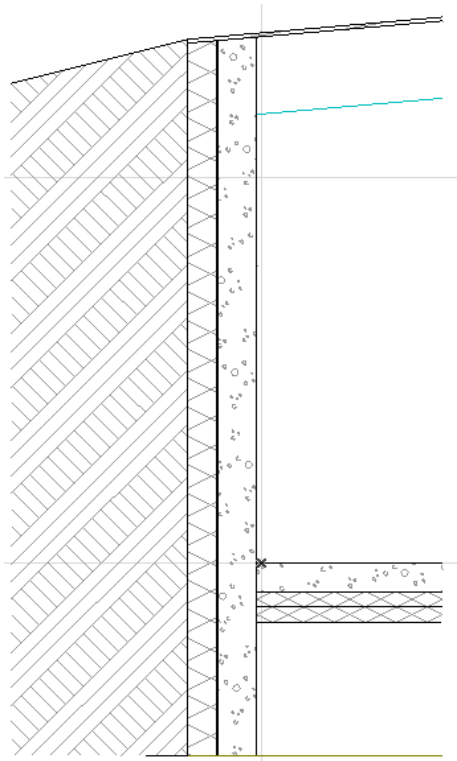
*) D5= Alapohjan alla olevan perusmaan lämmönvastusarvo R_b :n tilalla käytetään alapohjan ala olevan perusmaan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

TAULUKKO 3. Muiden rakenneosien U-arvot.

Muut rakenneosat	Lämmönvastus Rsi/Rse	Eristepaksuus mm	U-arvo W/m²K	λ_n W/(m*K)	Pinta- ala m²
Yläpohja	0,10 / 0,3	600	0,060	0,037	150
Puuseinä	0,13 / 0,13	250	0,166	0,037	15,8
Ikkunat			1,1		26
Ovi			1,0		1,89

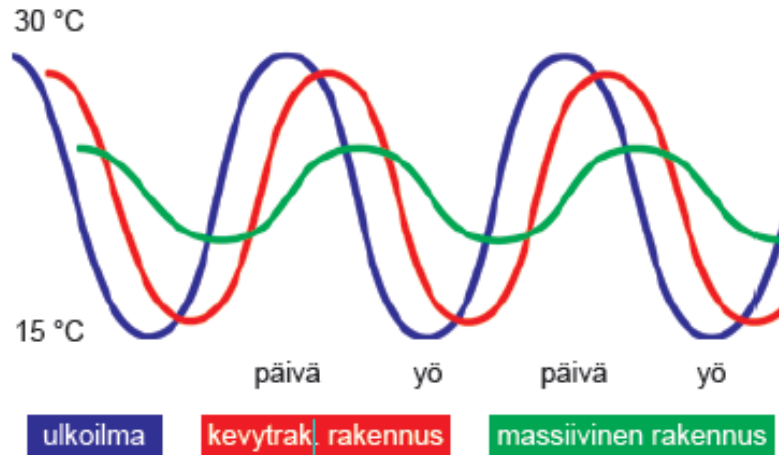
U-arvon laskennassa on huomioitava laskennallisen reuna-alueen ja sisäalueen jako. Se tehdään maanvastaisen seinän kohdalla. Salaojitetun reuna- ja sisäalueen U-arvon laskennassa maan lämmönvastuksena käytettävät arvot löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeistuksesta C4 taulukosta 1. Aiemmin kuviossa 7 on havainnollistettu reuna- ja sisäalueen aluejako periaatekuvana.

Betonirakenteiden tuoma massa toimii erinomaisesti lämmönvaraajana, joka auttaa tasaamaan ulkoilman lämpöhuippuja ja näin vähentää energiankulutusta. Kuviossa 13 on havainnollistettu betoniseinän ja maamassan sijoittuminen.



KUVIO 13. Maamassan sijoittuminen.

Massan hyödyntäminen rakennuksen energiankulutuksen pienennyksessä edellyttää, että se sijaitsee vaipan lämmöneristekerroksen sisäpuolella. Massa voi sijaita väli-, ala- tai yläpohjissa, väliseinissä ja ulkoseinissä. Rakennusmateriaalien kyvyllä varastoida ja vapauttaa energiaa lämpöä varaavia rakenteita hyödyntäen on mahdollisuus vaikuttaa merkittävästi rakennusten energiatehokkuuteen. Raskaana materiaalina betonilla on kyky varastoida vapaita lämpökuormia, kuten auringon säteilyä sekä ihmisistä, valaistuksesta ja kodinkoneista vapautuvaa lämpöä. Betonirakenteiset lämpöä varaavat rakenteet säästävät lämmitys- ja jäähdytysenergiaa tasaamalla ulkoilman lämpöhuippujen vaikutusta ja näin vähentävät merkittävästi myös sisälämpötilan vaihtelua. Kuviossa 14 on kuvattu lämpöä varaavan massiivisen ja kevytrakenteisen rakennuksen sisä- ja ulkolämpötilat. Kuvioista voidaan päätellä, että massiivisen rakennuksen sisälämpötilalla on huomattavasti pienemmät lämmönvaihtelut kuin kevytrakenteisellä rakennuksella. (Kivitalojen energiatehokkuus 2010, 6–7.)

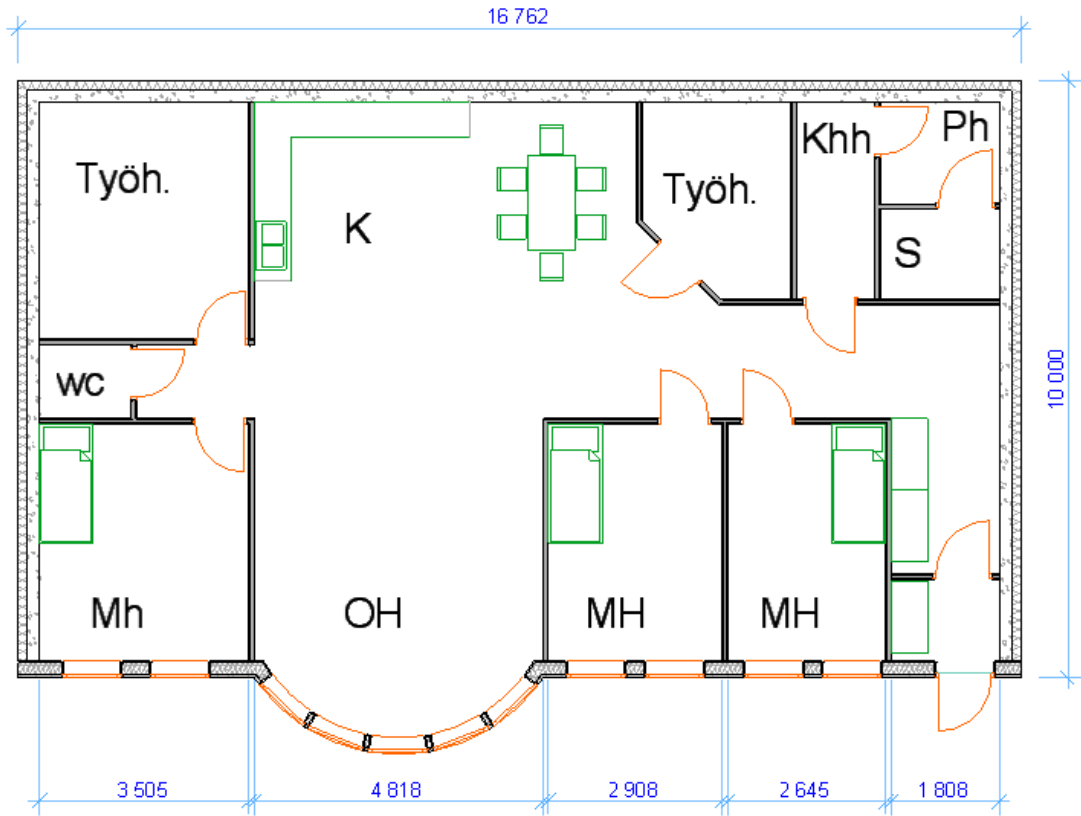


KUVIO 14. Massiivisen ja kevyen rakenteen sisälämpötilat verrattuna ulkoilman lämpötilaan (Kivitalojen energiatehokkuus 2010).

4.3 Pohjaratkaisu

Pohjaratkaisun suunnitteleminen maanvastaisessa asuinrakennuksessa on erityisen tärkeä asia. Huonejärjestys tulee suunnitella siten, että mahdollisimman paljon valoa tulisi oleskelutiloihin. Tämä tarkoittaa asuinhuoneiden sijoittamista eteläseinälle. Asuinhuoneen ikkunan pinta-ala tulee olla vähintään 1/10 huoneen lattiapinta-alasta (Asuntosuunnittelu määräykset ja ohjeet G1 2005).

Avoin tilaratkaisu olohuoneen ja keittiön välillä lisää tilojen valoisuutta. Ikkunattomina huoneina olisivat wc, kodinhoituhuone, pesuhuone, sauna ja mahdollinen kirjasto/työhuone. Nämä tilat sijoitetaan maanvastaisille seinille. Kuviossa 15 on esitetty yksi tällainen vaihtoehto.



KUVIO 15. Pohjakuva.

5 RAKENTEIDEN LÄMPÖ- JA KOSTEUSKÄYTTÄYTYMINEN

5.1 Maanvastaisen asuinrakennuksen seinärakenteiden lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen

Tämän opinnäytetyön energia-, kosteus- ja lämpölaskelmissa on käytetty Jyväskylän vyöhykettä ja säävyöhykettä 2. Laskelmissa maankosteus on 100 %. Liitteessä 1 on tutkittu maanvastaisten seinien lämpö- ja kosteuskäyttäytymistä eri eristepaksuuksille vuoden 3 päivän kylmimmän mukaan Suomen rakentamismääräyskoelman D5 mukaisesti eli ulkolämpötilana on ilman kuukausittainen keskilämpötila. Liitteessä 2 on tarkasteltu kylpyhuoneen tilannetta, jossa suhteellinen kosteus rakennuksen sisäpuolella on 65 %. Liitteessä 3 ja 4 on tarkasteltu samat tilanteet, mutta nyt on käytetty maan kuukausittaisia keskilämpötiloja ilman kuukausittaisten keskilämpötilojen sijasta, liitteessä 4 pesutilat. Tämä ei ole D5:n mukainen tapa laskea, mutta on aiheellista tehdä tarkastelu myös lämpöarvoilla, jotka teoreettisesti toteutuvat maanvastaisten seinien ulkopinnalla. Taulukossa 4 on havainnollistettu laskelmissa käytettyjä lämpötiloja ja kosteusprosentteja.

TAULUKKO 4. Lämpö- ja kosteuslaskelmissa käytetyt arvot

	Ilman kuukausittaiset keskiarvot	Maan kuukausittaiset keskiarvot	Pesuhuone
Rhs	kk	kk	65
Rhu	kk	100	100
Tu	kk	kk	kk
Ts	21	21	21

*) kk= Kuukauden keskimääräinen arvo

TAULUKKO 5. Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila eri säävyöhykkeillä.

Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	Vuoden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C	Lämmityskauden keskimääräinen ulkoilman lämpötila, °C
I	-26	+5	+1
II	-29	+4	0
III	-32	+2	-1
IV	-38	0	-5

Taulukosta 5 saadaan säävyöhykeelle 2 vuoden keskimääriseksi ulkolämpötilaksi +4 astetta.

Maan kuukausittainen keskilämpötila lasketaan maan vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla 1.

$$T_{\text{maa,kuukausi}} = T_{\text{maa, vuosi}} + \Delta T_{\text{maa,kuukausi}} \quad (1)$$

jossa

$T_{\text{maa, kuukausi}}$ alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, °C
 $T_{\text{maa, vuosi}}$ maan vuotuinen keskilämpötila, °C
 $\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}$ alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 6), °C

TAULUKKO 6. Alapohjan alapuolisen maan kuukauden keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 20).

Kuukausi	$\Delta T_{\text{maa, kuukausi}}, ^\circ\text{C}$
Tammikuu	0
Helmikuu	-1
Maaliskuu	-2
Huhtikuu	-3
Toukokuu	-3
Kesäkuu	-2
Heinäkuu	0
Elokuu	1
Syyskuu	2
Lokakuu	3
Marraskuu	3
Joulukuu	2

Alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman kuukausittaisen keskilämpötilojen ero saadaan taulukosta 6. Taulukon 6 arvoja voidaan käyttää kaikille säävyöhykkeille ja maalajeille. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 19.)

Täten kaavalla (1) saadaan maan kuukausittaiseksi keskilämpötilaksi taulukon 7 mukaiset keskilämpötilat.

TAULUKKO 7. Maan kuukausittainen keskilämpötila $T_{\text{maa,kuukausi}}$.

Tammikuu	4
Helmikuu	3
Maaliskuu	2
Huhtikuu	1
Toukokuu	1
Kesäkuu	2
Heinäkuu	4
Elokuu	5
Syyskuu	6
Lokakuu	7
Marraskuu	7
Joulukuu	6

5.2 Lämpö- ja kosteuskäyrien vertailu

Liitteiden 1 ja 2 lämpö- ja kosteuskäyristä voidaan todeta, että kosteus tiivistyy eristeeseen huonetilassa 100 mm ja 150 mm eristepaksuuksilla ja pesuhuoneen kohdalla kosteus tiivistyy eristeeseen kaikilla eristepaksuuksilla.

Laskettaessa lämpö- ja kosteuskäyrät maan kuukausittaisilla keskilämpötiloilla kosteus ei tiivisty lainkaan eristeeseen millään osa-alueella.

6 ENERGIANTARVELASKELMAT

Energiantarvelaskelmat toteutettiin Dof-energia ohjelmalla, joka laskee primäärienergiantarpeen ja lämmitysenergiantarpeen vuoden 2007 D5 mukaisesti. Laskelmat toteutettiin talon pääsuunnan, eli ikkunasuunnan ollessa kahteen eri ilmansuuntaan, etelään ja pohjoiseen. Näin saadaan vertailtua energiankulutusta kahdella päinvastaisella sijoittelulla, jotka antavat tuloksen auringonvalon saannin ollessa maksimissaan ja minimissään. Asuinrakennuksen pääsuunnan ollessa suunnattuna etelään, auringosta saatava vuotuinen lämpöenergia on maksimissaan ja vastaavasti ikkunasuunnan ollessa suunnattuna pohjoiseen, on auringosta saatava energiamäärä minimissään.

Energiantarvelaskelmissa kuuman käyttöveden ja laitesähkön kulutus on laskettu Suomen rakentamislainsäädännön D5 2007 mukaisesti pinta-alasidonnaisesti. Energiantarvelaskelmista käy ilmi, että maan suojaavan vaikutuksen huomioon ottavalla rakennustavalla päästään jopa normaali pientalon kulutuslukemiin eristepaksuuden ollessa maanvastaisissa seinissä ainoastaan 70 mm. Taulukossa 8 on laskelmien lähtötiedot.

TAULUKKO 8. Lähtötiedot.

Ulkoseinä	110,3 m ²
Alapohja	150 m ²
Yläpohja	150 m ²
Ikkunat	26 m ²
Ovet	2 m ²
Tilavuus	405 m ³
Lämmitetty ilmatilavuus	405 m ³
Lattiapinta-ala	150 m ²
Brutto m ²	171,7
Sisäisten lämpökuormien teho (W/m ²)	5
Lämpökapasiteetti/rakennustilavuus (Wh/m ³ K)	405
Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde	0,75
Koneelliseen ilmanvaihtoon vaikuttavat tilatiedot	
n50-luku	0,60
Suojauskerroin e:	0,07
Suojauskerroin f:	15

Lämpimän käyttöveden kulutuksen laskemiseen tarvittavat kaavat löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelmasta D5 2007 sivulta 26.

Ellei perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään laskelmissa lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ($T_{lkv} - T_{kv}$) arvoa 50 °C. (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 26.)

Kuuman käyttöveden vuotuinen määrä lasketaan pinta-alasidonnaisesti kaavasta 2, taulukon 9 mukaisilla lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksilla bruttoneliometriä kohden.

$$V_{lkv} = V_{lkv,omin} A_{br} \Delta t / 365 / 1000 \quad (2)$$

jossa

V_{lkv}	lämpimän käyttövedenkulutus, m ³
Δt	ajanjakson pituus, vuorokautta
1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kuutiometreiksi, dm ³ /m ³
365	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos vuosikulutuksesta vuorokausikulutukseksi, vuorokautta/vuosi
$V_{lkv,omin}$	lämpimän käyttöveden ominaiskulutus, dm ³ /brm ² vuodessa
A_{br}	rakennuksen bruttoala, brm ²

TAULUKKO 9. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutuksia eri rakennustyypeille (Suomen rakentamismääräyskokoelma D5 2007, 27).

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus henkilöä kohti, $V_{\text{lkv, omin, henk}}$ dm^3/henk vuorokaudessa
Asuinrakennus (huoneistokohtainen mittaus ja laskutus)	50
Asuinrakennus (muut)	60
Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti, $V_{\text{lkv, omin}}$ dm^3/brm^2 vuodessa
Asuinrakennus	600
Toimistorakennus	100
Terveystieteiden tutkimuskeskus	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1800
Opetus	180
Myymälä	65

Taulukosta 9 valitaan asuinrakennuksen ominaiskulutus bruttoneliometriä kohden, joka on $600 \text{ dm}^3/\text{brm}^2$ vuodessa. Näin kaavalla 2 saadaan lämpimän käyttöveden kulutukseksi $103,02 \text{ m}^3$ vuodessa.

Käyttösähkönkulutuksen laskemiseen tarvittavat kaavat löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelmasta D5 2007 sivulta 33.

Käyttösähkönkulutuksen laskennassa voidaan käyttää taulukossa 10 esitettyjä rakennustyyppikohtaisia ominaissähköenergiankulutuksen arvoja. Rakennuksen sähköenergiankulutus saadaan ominaissähköenergiankulutuksen ja bruttopinta-alan tulona.

TAULUKKO 10. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutusarvoja rakennustyypeittäin.

Rakennustyyppi	Laitteiden	Valaistus- järjestelmä	Ilmanvaihto- järjestelmä	Muut laitteet
	sähkönkulutus yhteensä			
	$W_{\text{laitesähkö}}$ kWh/brm ² /vuosi			
	$W_{\text{valaistus}}$ kWh/brm ² /vuosi	$W_{\text{ilmanvaihto}}$ kWh/brm ² /vuosi	$W_{\text{muut laitteet}}$ kWh/brm ² /vuosi	
Asuin kerrostalo	50	7	10	33
Rivitalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	60	23	12	25
Liikerakennus	80	48	17	15
Hotelli	110	60	17	33
Ravintola	110	42	36	32
Liikuntarakennus	180	60	41	79
Sairaala	100	60	28	12
Muut rakennukset	100	30	11	59

Taulukosta 10 valitaan rakennustyyppikohtainen ominaissähköenergiankulutusarvo pientalolle, joka on 50 kWh/brm² vuodessa. Näin ominaissähköenergiankulutuksen ja bruttopinta-alan tulona saadaan vuotuisesti käyttösähkökulutukseksi 8585 kWh. Taulukossa 11 on koottuna yhteen lämpimän käyttöveden- ja käyttösähkökulutuksen kulutuslukemat.

TAULUKKO 11. Lämpimän käyttöveden ja käyttösähkön kulutus.

Lämpimän käyttöveden kulutus m ³ /vuosi	Käyttösähkön kulutus kWh/vuosi
103,02	8585

6.1 Energiantarvelaskelmat, ikkunasuunta etelä

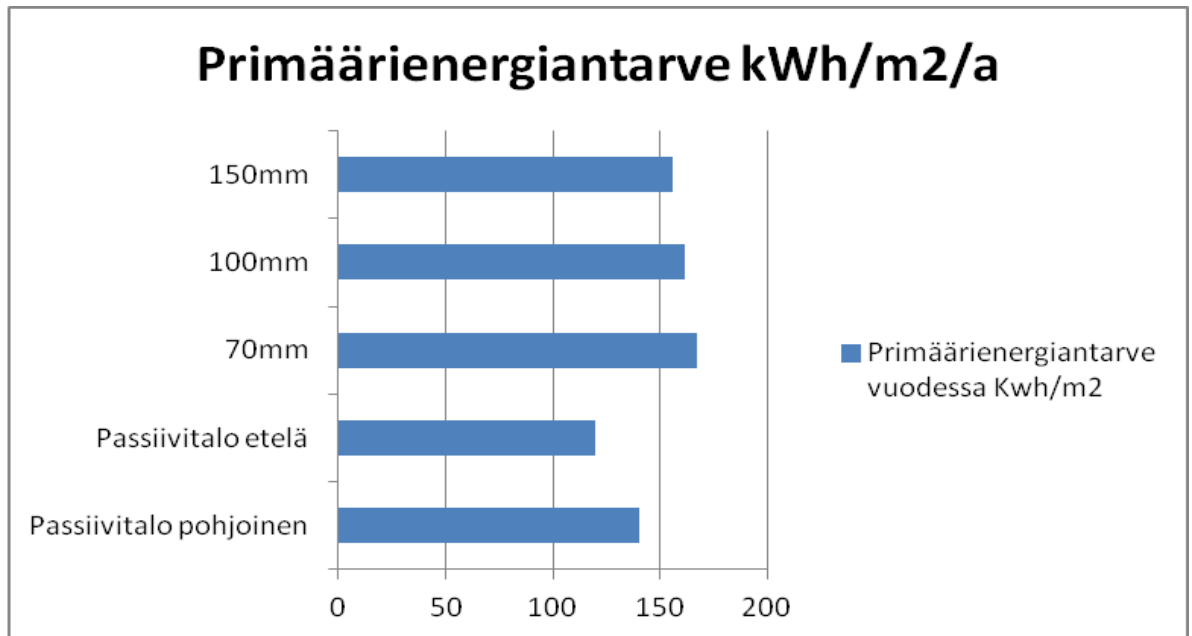
Vuosittainen primäärienergiantarve 70 mm eristeellä betoniseinissä on 25076,11 kWh, 167,17 kWh/m², 61,92 kWh/m³. Primäärienergiantarve 100 mm eristeellä betoniseinissä on 24215,83 kWh, 161,44 kWh/m², 59,79 kWh/m³. Primäärienergian-

tarve 150 mm eristeellä betoniseinissä on 23401,60 kWh, 156.01 kWh/m², 57,78 kWh/m³. Taulukossa 12 vertaillaan suomalaisen passiivitalomääritelmän ja ikkunasuunnaltaan etelään olevan maan suojaavaa vaikutusta hyödyntävän asuintalon primäärienergiantarvetta.

TAULUKKO 12. Vuotuinen primäärienergiantarve, ikkunasuunta etelä. 70 mm, 100 mm, 150 mm.

Eristepaksuus	Primäärienergiantarve vuodessa kWh	Primäärienergiantarve vuodessa kWh/m²	Vertailuarvo Passiivitalo Suomi kWh/m²
70 mm	25076,11	167,17	120 - 140
100 mm	24215,83	161,44	120 - 140
150 mm	23401,60	156,01	120 - 140

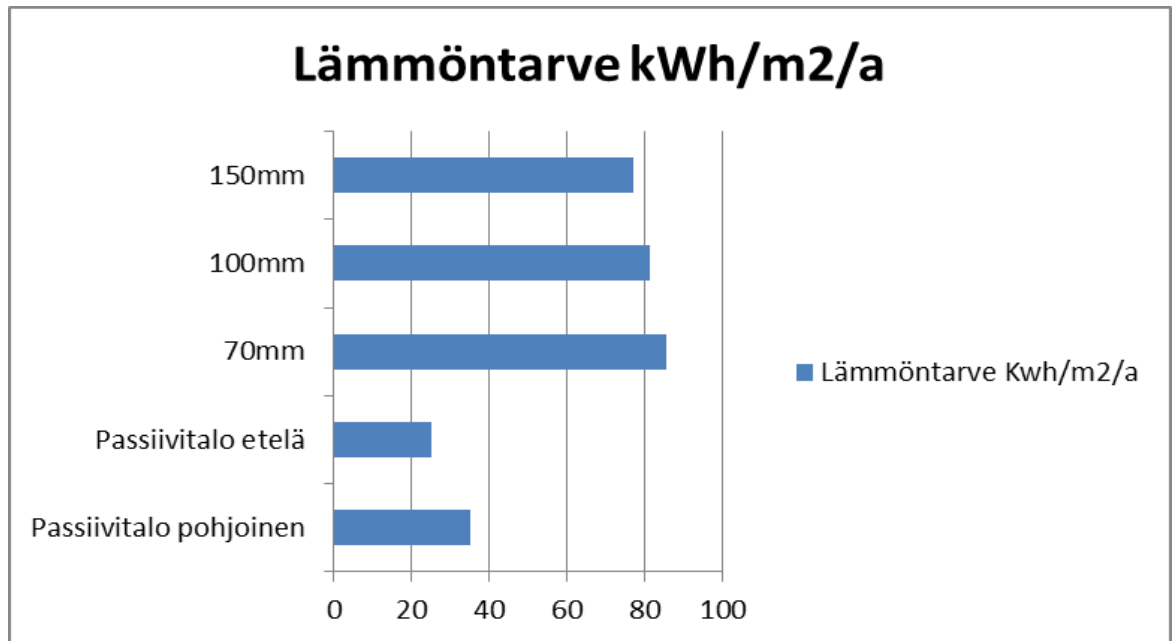
Kuviossa 16 on primäärienergiantarve pylväskaaviona, josta voidaan havaita energiankulutuksen suoraviivaisen vähenemisen eristepaksuuden lisääntyessä. Kuviossa 17 vertaillaan lämmöntarvetta neliometriä kohden etelän ja pohjoisen passiivitalon määritelmään. Taulukosta 13 käy ilmi laskelmien antamat tarkat lämmöntarpeet kullekin tutkitulle eristepaksuudelle ikkunasuunnan ollessa etelään.



KUVIO 16. Vuotuinen primäärienergiantarve ikkinäsuunnan ollessa etelään, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoiseen.

TAULUKKO 13. Vuotuinen lämmöntarve, ikkinäsuunta etelä. 70 mm, 100 mm, 150 mm.

Eristepaksuus	Lämmöntarve kWh/a	Lämmöntarve kWh/m ² /a	Vertailuarvo Passiivitalo Suomi kWh/m ²
70 mm	12826,20	85,51	25 - 35
100 mm	12180,99	81,21	25 - 35
150 mm	11570,32	77,14	25 - 35



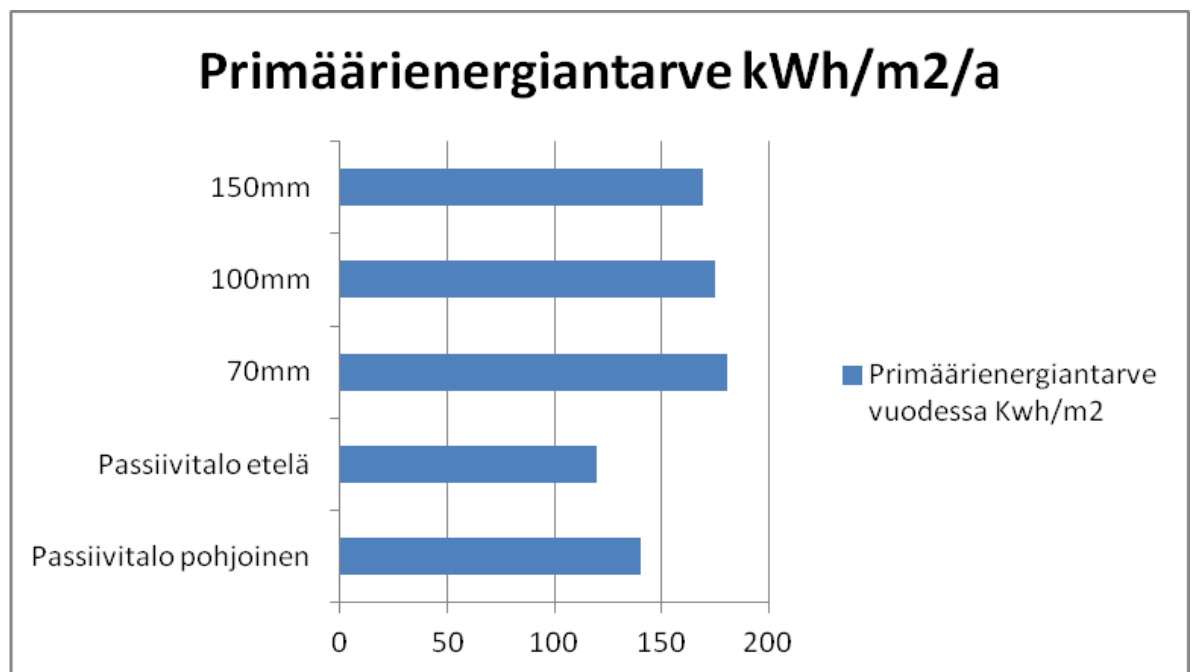
KUVIO 17. Vuotuinen lämmöntarve ikkunasuunnan ollessa etelään, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoiseen.

6.2 Energiantarvelaskelmat, ikkunasuunta pohjoinen

Vuosittainen primäärienergiantarve 70 mm eristeellä betoniseinissä on 27069,11 kWh, 180,46 kWh/m², 66,84 kWh/m³. Primäärienergiantarve 100 mm eristeellä betoniseinissä on 26209,23 kWh, 174,73 kWh/m², 64,71 kWh/m³. Primäärienergiantarve 150 mm eristeellä betoniseinissä on 25396,28 kWh, 169,31 kWh/m², 62,71 kWh/m³. Taulukossa 14 vertaillaan suomalaisen passiivitalo määritelmän ja ikkunasuunnaltaan pohjoiseen olevan maan suojaavaa vaikutusta hyödyntävän asuintalon primäärienergiantarvetta. Kuviossa 18 primäärienergiantarve pylväskaaviona, josta voi havaita energiankulutuksen suoraviivaisen vähenemisen eristepaksuuden lisääntyessä. Kuviossa 19 vertaillaan lämmöntarvetta neliometriä kohden etelän ja pohjoisen passiivitalon määritelmään. Taulukosta 15 käy ilmi laskelmien antamat tarkat lämmöntarpeet kullekin tutkitulle eristepaksuudelle.

TAULUKKO 14. Vuotuinen primäärienergiantarve, ikkunasuunta pohjoinen. 70 mm, 100 mm, 150 mm.

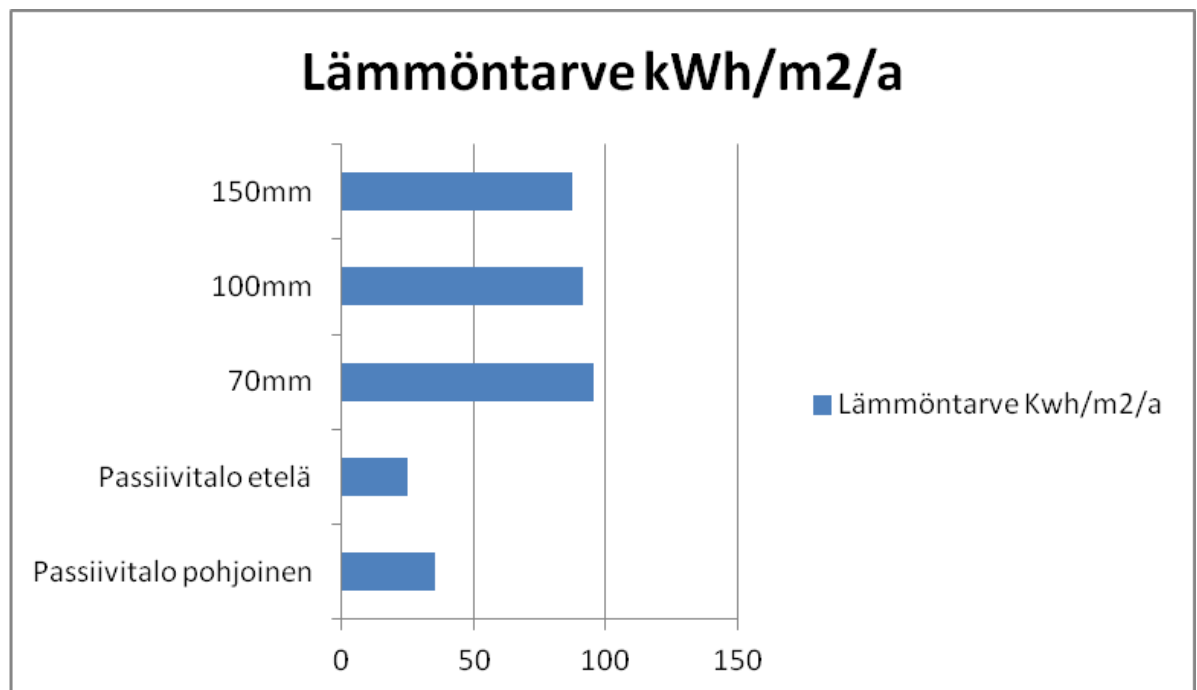
Eristepaksuus	Primäärienergiantarve vuodessa kWh	Primäärienergiantarve vuodessa kWh/m ²	Vertailuarvo Passiivitalo Suomi kWh/m ²
70 mm	27069,11	180,46	120 - 140
100 mm	26209,23	174,73	120 - 140
150 mm	25396,28	169,31	120 - 140



KUVIO 18. Vuotuinen primäärienergiantarve ikkunasuunnan ollessa pohjoiseen, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoiseen.

TAULUKKO 15. Vuotuinen lämmöntarve, ikkunasuunta pohjoinen. 70 mm, 100 mm, 150 mm.

Eristepaksuus	Lämmöntarve kWh/a	Lämmöntarve kWh/m ² /a	Vertailuarvo Passiivitalo Suomi kWh/m ²
70 mm	14320,95	95,47	25 - 35
100 mm	13676,04	91,17	25 - 35
150 mm	13066,33	87,11	25 - 35



KUVIO 19. Vuotuinen lämmöntarve ikkunasuunnan ollessa pohjoiseen, vertailuarvona passiivitalon määritelmä etelään ja pohjoiseen.

6.3 Energiantarvelaskelmien analysointi

Suomen rakentamismääräyskokoelman vuoden 2007 D5 mukaisessa laskentaketjussa maata vasten olevissa seinissä maaperän vaikutus otetaan huomioon maanlämmönvastus R_b arvolla, joka on reuna-alueella $0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ ja sisä-alueella $1,6 \text{ m}^2\text{K/W}$. Maanvaraisen alapohjan laskennassa ei käytetä maanlämmönvastusarvoa, vaan energiankulutus lasketaan maan keskimääräisillä kuukauden lämpöarvoilla.

Lämmitysenergiantarvelaskelmien tulos on mielenkiintoinen, verrattain pienellä 70 mm eristepaksuudella päästään kohtuulliseen lämmitysenergiantarvukseen verrattuna maanpäällisen asuinrakennuksen eristepaksuuksiin ja lämmitysenergiantarpeeseen. Laskelmien mukaan 70 mm eristepaksuudella ikkunasuunnan ollessa etelään primäärienergiantarve olisi $25076,11 \text{ kWh/a}$, kun eristepaksuutta lisätään jopa 214%, eli 150 mm:iin, lämmitysenergiantarve laskee 6.7 %, eli 1674 kWh/a . Energiasäästö, joka saadaan valitsemalla maatavasten oleviin ulkoseiniin 150 mm eristepaksuus 70 mm eristepaksuuden sijasta, on 1674 kWh vuodessa. Energiatehokkuusluku ET on 146, joka oikeuttaa energialuokkaan A.

Lämmitysenergiantarvelaskelmiin nojaten olisi aiheellista tehdä lisäselvityksiä tämän rakennustavan mahdollisuuksista, koska jos 70 mm eristepaksuus 70 %:ssa ulkoseiniä riittää saavuttamaan saman lämmitysenergiantarpeen kuin takavuosien normaali pientalo, on maan suojaavan vaikutuksen huomioonottaminen perusteltua. Lisäksi olisi aiheellista selvittää, voisiko maanvastaisen asuintalon lämmitysenergiantarvoksen laskennassa käyttää maata vasten olevien seinien kohdalla maaperän lämpötilana kuukausittaisia keskilämpötiloja, koska eristyksellä, oikealla rakentamistavalla ja seinän läpi kulkevalla lämpövuolla on mahdollista pitää maanvastaisen seinän ulkopuoli selvästi lämpimänä kautta vuoden.

7 MAANVASTAISEN- JA MAANPÄÄLLISENTALON VERTAILU

7.1 Rakenteet

Rakenteiden toimintavarmuus on parempi kuin puurunkoisella asuintalolla, koska hyvin kosteuden kanssa toimivien maanvastaisten seinien osuus ulkoseinistä on jopa 70 %. Kuten kosteus- ja lämpökäyristä voidaan todeta, ei maanvastaisen asuinrakennuksen maata vasten olevissa seinissä ole vaaraa kosteuden haitallisesta tiivistymisestä rakenteisiin. Maanvastaisten seinien yksinkertaiset ja vailla kylmäsiltoja olevat rakenteet ovat toimintavarmoja ja maan alla tasaisissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa turvassa sään vaihteluilta. Puupalkkirakenteinen yläpohja ja maanvarainen alapohjarakenne eivät käytännössä poikkea maanpäällisen asuintalon ylä- ja alapohjarakenteista. Maan suojaavan vaikutuksen hyödyntävän asuinrakennuksen hyötyinä on rakenteiden yksinkertaisuus, jolloin mahdollisten työnaikaisten virheiden syntyminen vähenee ja rakennuksesta on helpompi saada tiivis ja toimiva. Rakenteiden sisäisen konvektion mahdollisuus pienenee, koska maanvastaisten betoniseinien pinta-ala on seinäpinta-alasta 70 % ja betonissa ei konvektiota tapahdu, kuin ei myöskään umpisolu lämmöneristelevyissä. Myöskin äänieristys paranee suurimman osan ulkoseinistä ollessa maata vasten. Olisiko tällä rakennustavalla potentiaalisia mahdollisuuksia esimerkiksi vilkkaasti liikennöityjen teiden varsilla?

Puurakenteisessa maanpäällisessä passiivitaso asuinrakennuksessa seinäpaksuudet aiheuttavat vaaran, että rakenteiden kosteustekninen toimivuus heikentyy, mikä saattaa aiheuttaa homekasvustoa ja rakenteiden vaurioitumista pitkällä aikavälillä. Jos puurakenteisessa asuinrakennuksessa käytetään muovia kosteussulkuna, sen asennuksessa täytyy käyttää erityistä huolellisuutta, jottei muoviin tule reikiä ja että saumat ja läpiviennit teipataan kiinni huolellisesti. Jos valmiissa rakenteessa kuitenkin on reikä tai teippaamaton sauma, tästä kohdasta pääsee kosteutta rakenteeseen, joka pitkällä aikavälillä saattaa aiheuttaa hometta ja puurakenteiden lahoamista. (Matalaenergiarakenteiden toimivuus 2008.)

7.2 Pohjaratkaisu

Perinteisen maanpäällisen asuintalon pohjaratkaisun etuina ovat monipuoliset pohjaratkaisut, valoisuus ja soveltuvuus monenlaisille tonteille. Käytettäessä maan suojaavaa vaikutusta hyödyntäviä rakenneratkoisuja ne rajoittavat tontin valintaa ja pohjaratkaisujen monipuolisuutta. Pohjaratkaisun suunnittelemisessa luonnonvalon tehokas hyödyntäminen kaikkiin asuinhuoneisiin ja muualle taloon vaatii enemmän suunnittelua, mutta hyvällä huoneasettelulla on mahdollista toteuttaa toimiva ja viihtyisä asuinympäristö, jossa ei tarvitse tinkiä käytännöllisyydestä tai valoisuudesta. Saattaa jopa olla, että suunniteltaessa maan suojaavaa vaikutusta hyödyntävää asuintaloa, erilaiset suunnittelun lähtökohdat ja rajoitukset pakottavat keksimään uusia valoisia ja innovatiivisia pohjaratkaisuja.

8 YHTEENVETO

Maan suojaavaa vaikutusta hyödyntävän asuinrakennuksen rakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toimivuus on hyvä ja varsinkin ulkoseinien kohdalla jopa parempi kuin saman energialuokan maanpäällisen asuinrakennuksen seinärakenteiden lämpö- ja kosteustekninen toiminta. Yleisesti on vallalla käsitys, että passiivitalon rakentaminen on 10–15 prosenttia kalliimpaa kuin niin sanotun normitalon. Saattaa olla, että maan suojaavan vaikutuksen huomioiminen tässä mittakaavassa antaisi mahdollisuuden päästä jopa edullisempiin rakentamiskustannuksiin kuin tavanomaisella maanpäällisellä rakentamistavalla. Tässä opinnäytetyössä painotetun energiatehokkuustutkimuksen tuloksiin nojaten maanvastaisella rakentamistavalla saavutetaan verrattain yksinkertaisilla rakenteilla ja lämmitysjärjestelmillä tavomaisen talon energiatehokkuus, joka antaa mahdollisuuden muuttaa käsityksiä energiatehokkaan asuintalon rakentamisesta ja avaa uusia mahdollisuuksia energiatehokkaaseen ja vähän luontoa rasittavaan rakentamiseen. Energiatehokkaan ja ekologisen asuinrakennuksen rakentamisen ei tarvitse olla taiteilua rakenteiden ja teknologisten laitteiden toimivuuden varassa, vaan on olemassa ratkaisu, joka sisältää yksinkertaiset ja varmasti toimivat rakenneratkaisut eikä se vaadi monimutkaisia teknologisia laitteistoja tomiakseen asukkailleen turvallisesti.

Asuintilojen valoisuuden takaaminen tuo haasteita tilojen järjestelyyn, mutta ne ovat helposti voitettavissa, jos hyväksyy, ettei asuinrakennuksen pohjaratkaisua tarvitse toteuttaa totutulla maanpäällisen asuinrakennuksen tilajärjestelyllä. Maan suojaavan vaikutuksen hyödyntävällä rakennustavalla huonejärjestelyä rajoittava ominaisuus voi olla myös voimavara ja pakottaa keksimään uusia ja mielenkiintoisia tilaratkaisuja.

Maan suojaavan vaikutuksen hyödyntävä rakennustapa mahdollistaa myös monien rinnetonttien uudenlaisen hyödyntämisen, kun huomataan, että asuinrakennuksia voi rakentaa mukavuuksista ja tiloista tinkimättä myös hankalina pidettyihin rinteisiin muuttamalla totuttuja rakennustapoja. Myös rakentamalla asuinrakennus suurelta osin maan sisään, avautuu uusia mahdollisuuksia hyödyntää melusaasteesta kärsiviä asuinalueita ja tontteja.

LÄHTEET

- Bitumikate. Ei päiväystä. Bitumikate. [Verkkosivu]. [Viitattu 27.4.2012]. Saatavana: www.bitumikate.com/ubk_materiaalit_kb.html
- Cumbria underground house. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.5.2012]. Saatavana: http://nipunscorp.com/wp-content/uploads/2012/03/cumbria_underground_house_4.jpg
- Earthhome1. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.5.2012]. Saatavana: <http://www.undergroundhomes.com/earthhome1.jpg>
- Eräs taloratkaisu Alankomaista. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.5.2012]. Saatavana: <http://www.letmebeinspired.com/dutch-mountain-by-denieuwegeneratie/>
- HB-betoni. Ei päiväystä. HB-betoni. [Verkkosivu]. [Viitattu 27.4.2012]. Saatavana: www.hb-betoni.fi/hb/hb_betoni/suomi/harkot/valuharkot/
- Passiivi. Ei päiväystä. Passiivitalon määritelmä. [Verkkosivu]. [Viitattu 4.5.2012]. Saatavana: <http://www.passiivi.fi/sivu/passiivitalo>
- Spu eristeet. Ei päiväystä. Spu. [Verkkosivu]. [Viitattu 27.4.2012]. Saatavana: www.spu.fi/energia_perustietoa
- Suomen rakentamismääräyskokoelma C3. 2010. Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma C4. 2003. Säännöstiedosto RT RakMK-21217. Helsinki: Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto Suomen rakentamismääräyskokoelma.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. 2010. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. 2007. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiankulutuksen- ja lämmitystehontarpeenlaskennasta. Helsinki: Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma G1. 2005. Ympäristöministeriön asetus asuntosuunnittelusta. Helsinki: Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennus osasto.

Mikkola, J. 2011. VMY Kaivos- ja louhintajaoston syysretki 15.9.2011. Sito.

Tutkimusselostus nro TRT/1706/2008. 2008. Matalaenergiarakenteiden toimivuus. Tampereen teknillinen yliopisto

Tutkimusselostus nro TRT/1706/2008. 2008. Matalaenergiarakenteiden toimivuus. Tampereen teknillinen yliopisto

Vtt. 24.9.2010. Energiamääräykset. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.4.2012].
Saatavana:
www.vttexpertservices.fi/news/270910_energiamaaraykset.jsp

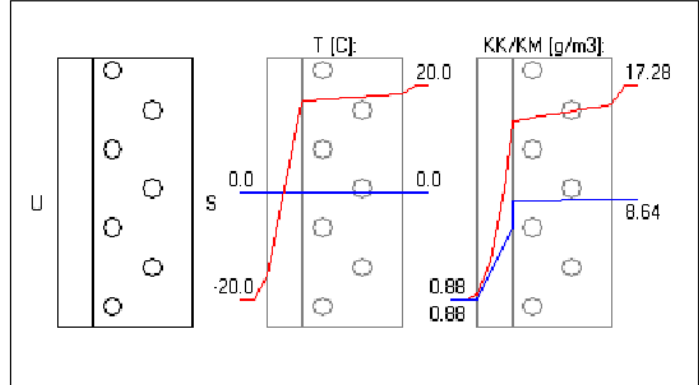
LIITTEET

Liite 1. Lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen ilman kuukausittaisilla keskilämpötiloilla

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, reuna-alue, eristepaksuus 70 mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.289 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.464 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-15.38	1.33	0.88	65.8	0.00
2	16.95	14.45	6.46	44.7	0.00
3	17.10	14.58	8.46	58.0	0.00
4	18.50	15.84	8.64	54.6	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Lisätiedot:

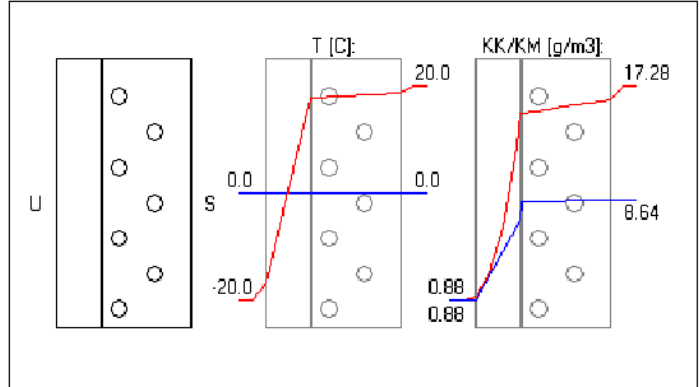
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, reuna-alue, eristepaksuus 100 mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:
3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-16.57	1.19	0.88	73.7	0.00
2	17.73	15.14	6.97	46.1	0.00
3	17.85	15.24	8.50	55.8	0.00
4	18.89	16.20	8.64	53.4	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

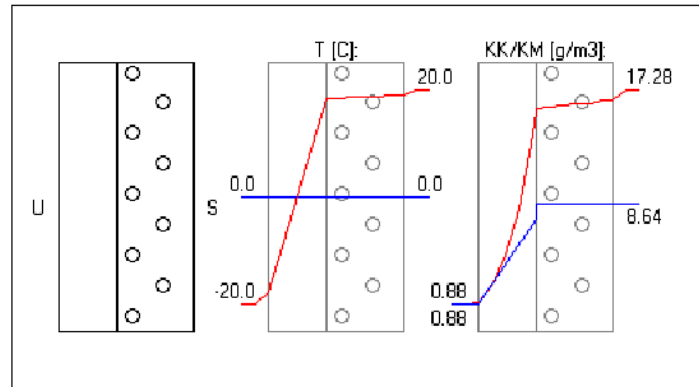
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, reuna-alue, eristepaksuus 150 mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.150 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet: 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-17.60	1.08	0.88	81.1	0.00
2	18.41	15.76	7.44	47.2	0.00
3	18.49	15.83	8.54	53.9	0.00
4	19.22	16.52	8.64	52.3	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

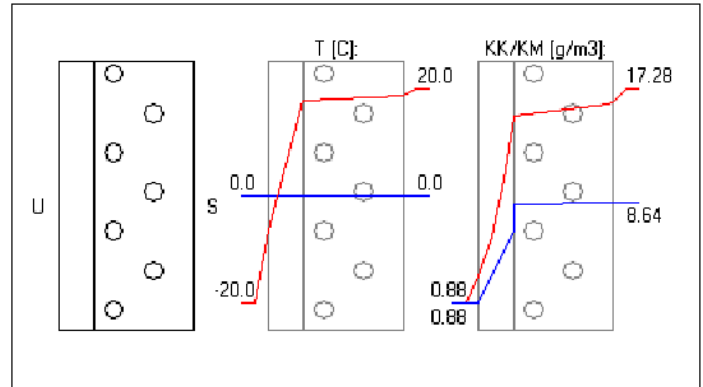
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lisätiedot:

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, sisä alue, eristepaksuus 70 mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet: 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-6.28	3.01	0.88	29.1	0.00
2	17.73	15.14	6.46	42.7	0.00
3	17.85	15.24	8.46	55.5	0.00
4	18.89	16.20	8.64	53.4	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

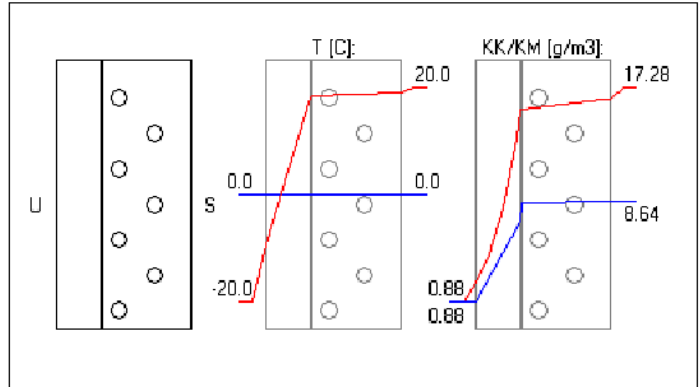
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Lisätiedot:

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, sisä alue, eristepaksuus 100 mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.171 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:
3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-9.09	2.38	0.88	36.8	0.00
2	18.20	15.56	6.97	44.8	0.00
3	18.29	15.64	8.50	54.3	0.00
4	19.11	16.42	8.64	52.6	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

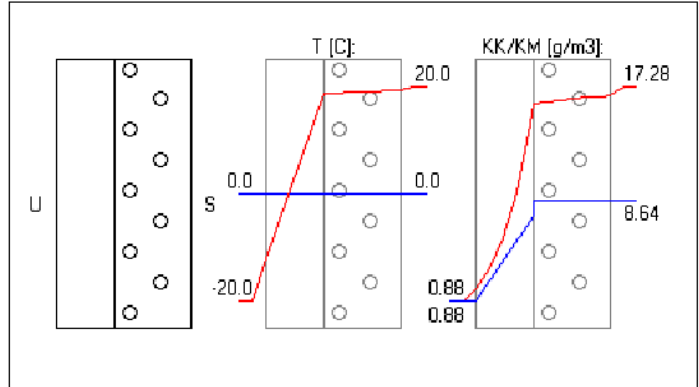
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, sisä alue, eristepaksuus 150 mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.127 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	7.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisä tiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-11.86	1.86	0.88	47.2	0.00
2	18.66	15.98	7.44	46.6	0.00
3	18.72	16.05	8.54	53.2	0.00
4	19.34	16.64	8.64	51.9	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

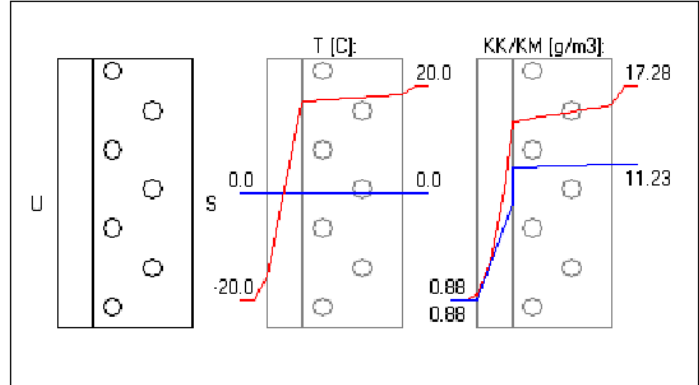
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 2. Lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen ilman kuukausittaisilla keskilämpötiloilla pesutiloissa.

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Opinnäytetyö	Betoniseinä, reuna-alue, eriste 70 mm, pesutilat.	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
Jarno Peura	20.5.2012	

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.289 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.464 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

						Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)
KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	
1 Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00	
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00	
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00	

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet: 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-15.38	1.33	0.88	65.8	0.00
2	16.95	14.45	8.33	57.6	0.00
3	17.10	14.58	10.99	75.4	0.00
4	18.50	15.84	11.23	70.9	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

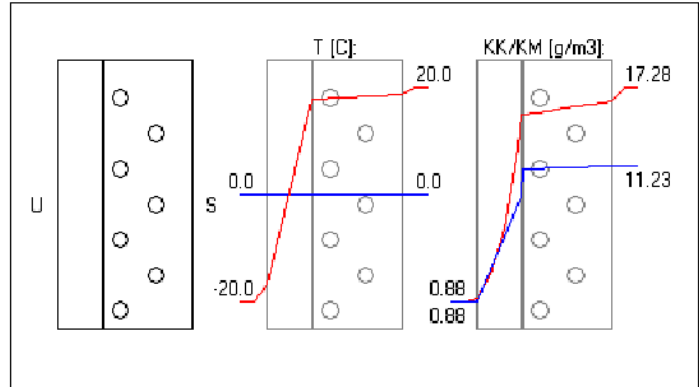
Lisätiedot:

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, reuna-alue, eriste 100 mm, pesutilat.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet: 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-16.57	1.19	0.88	73.7	0.00
2	17.73	15.14	9.01	59.5	0.00
3	17.85	15.24	11.04	72.5	0.00
4	18.89	16.20	11.23	69.4	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

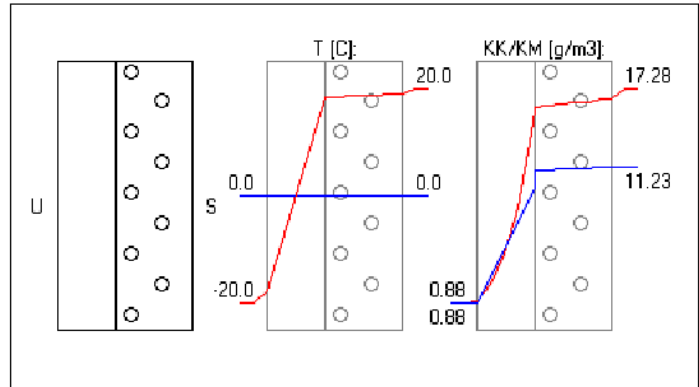
Lisä tiedot:

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, reuna-alue, eriste 150 mm, pesutilat.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.150 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet: 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-17.60	1.08	0.88	81.1	0.00
2	18.41	15.76	9.64	61.2	0.00
3	18.49	15.83	11.10	70.1	0.00
4	19.22	16.52	11.23	68.0	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

Lisätiedot:

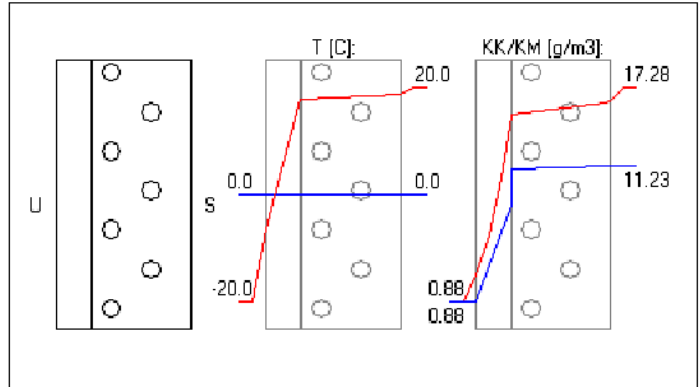
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, sisä alue, eriste 70 mm, pesutilat.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisä tiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-6.28	3.01	0.88	29.1	0.00
2	17.73	15.14	8.33	55.0	0.00
3	17.85	15.24	10.99	72.1	0.00
4	18.89	16.20	11.23	69.4	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

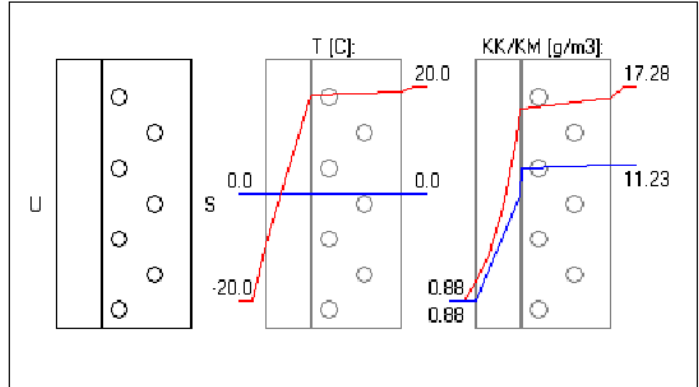
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, sisä alue, eriste 100 mm, pesutilat.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.171 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:
3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-9.09	2.38	0.88	36.8	0.00
2	18.20	15.56	9.01	57.9	0.00
3	18.29	15.64	11.04	70.6	0.00
4	19.11	16.42	11.23	68.4	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

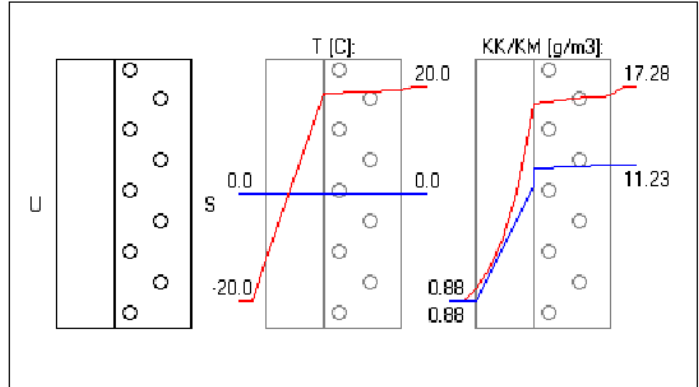
Lisä tiedot:
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betoniseinä, sisä alue, eriste 150 mm, pesutilat.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.127 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	7.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-20.00	0.88	0.88	100.0	0.00
1	-11.86	1.86	0.88	47.2	0.00
2	18.66	15.98	9.64	60.3	0.00
3	18.72	16.05	11.10	69.2	0.00
4	19.34	16.64	11.23	67.5	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

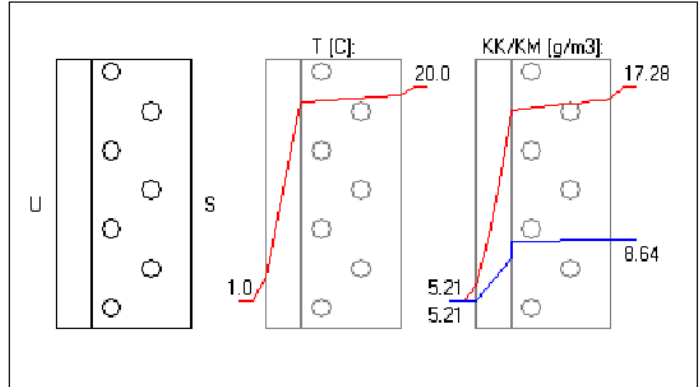
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 3. Lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen maan kuukausittaisilla keskilämpötiloilla.

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. reuna-al. eriste 70mm, maan kk-lämpötilat	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.289 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.464 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	3.19	6.06	5.21	85.9	0.00
2	18.55	15.89	7.68	48.3	0.00
3	18.62	15.95	8.56	53.7	0.00
4	19.29	16.59	8.64	52.1	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

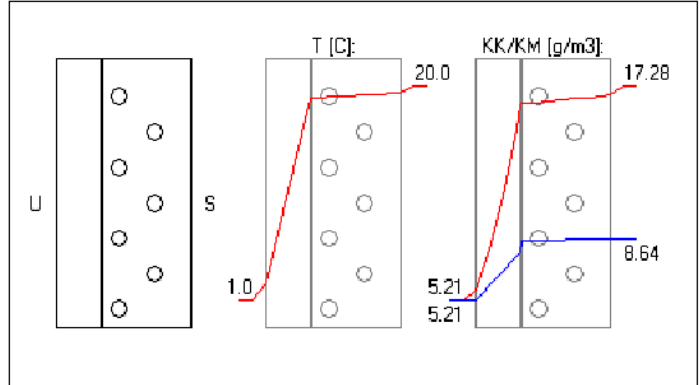
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Opinnäytetyö	Betonis. reuna-al. eriste 100mm, maan kk-lämpötila	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
Jarno Peura	20.5.2012	

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:
3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	2.63	5.83	5.21	89.3	0.00
2	18.92	16.23	7.90	48.7	0.00
3	18.98	16.28	8.58	52.7	0.00
4	19.47	16.77	8.64	51.5	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

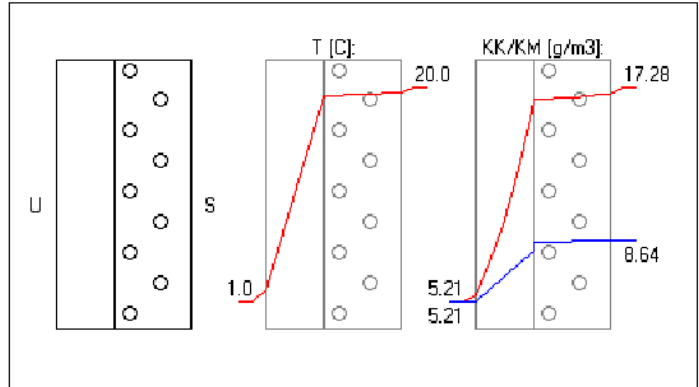
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. reuna-al. eriste 150mm, maan kk-lämpötila	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.150 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	2.14	5.64	5.21	92.3	0.00
2	19.25	16.55	8.11	49.0	0.00
3	19.28	16.58	8.60	51.8	0.00
4	19.63	16.92	8.64	51.1	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

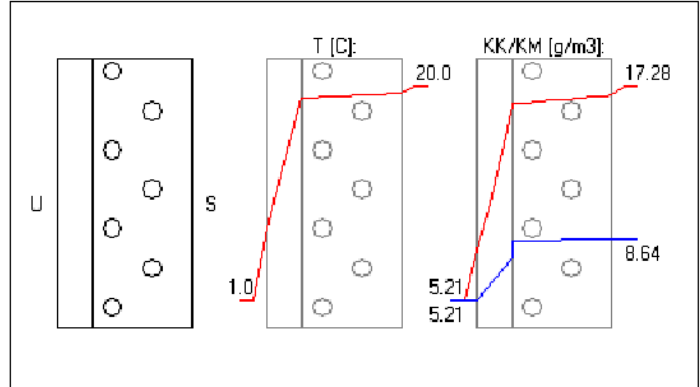
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. sisä al. eriste 70mm, maan kk-lämpötilat	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	7.52	8.07	5.21	64.5	0.00
2	18.92	16.23	7.68	47.3	0.00
3	18.98	16.28	8.56	52.6	0.00
4	19.47	16.77	8.64	51.5	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

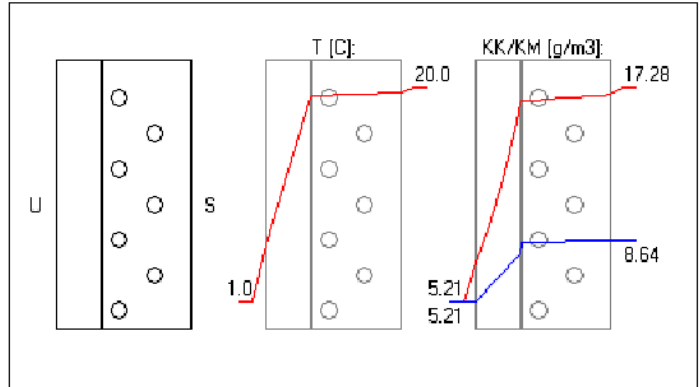
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. sisä al. eriste 100mm, maan kk-lämpötilat	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.171 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:
3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	6.18	7.40	5.21	70.4	0.00
2	19.14	16.44	7.90	48.1	0.00
3	19.19	16.49	8.58	52.0	0.00
4	19.58	16.87	8.64	51.2	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

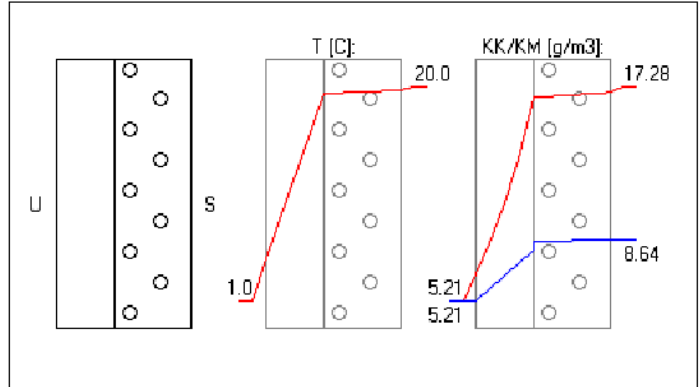
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. sisä al. eriste 150mm, maan kk-lämpötilat	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.127 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	7.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	4.87	6.78	5.21	76.8	0.00
2	19.36	16.66	8.11	48.7	0.00
3	19.39	16.69	8.60	51.5	0.00
4	19.69	16.98	8.64	50.9	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

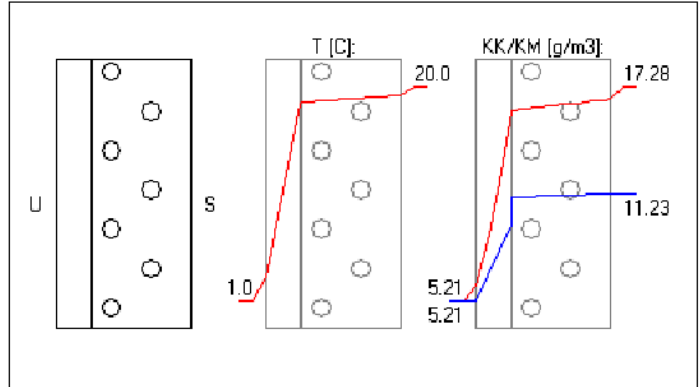
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Liite 4. Lämpö- ja kosteuskäyttäytyminen maan kuukausittaisilla keskilämpötiloilla pesutiloissa.

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. reuna al. maan kk. lämpöt. eriste 70mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.289 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.464 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	3.19	6.06	5.21	85.9	0.00
2	18.55	15.89	9.54	60.1	0.00
3	18.62	15.95	11.09	69.5	0.00
4	19.29	16.59	11.23	67.7	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

Pesutilat.

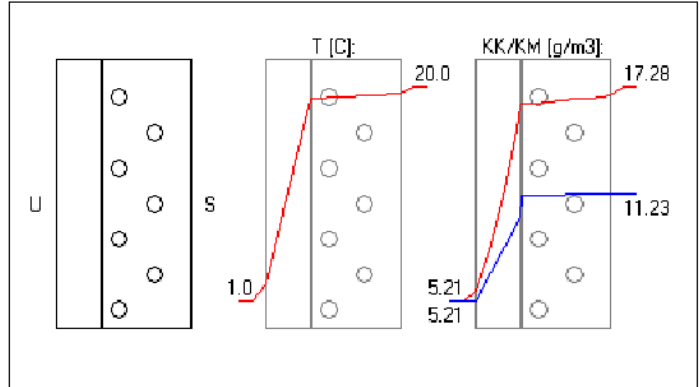
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. reuna-al. maan kk. lämpöt. eriste 100mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	2.63	5.83	5.21	89.3	0.00
2	18.92	16.23	9.94	61.2	0.00
3	18.98	16.28	11.12	68.3	0.00
4	19.47	16.77	11.23	67.0	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

Pesutilat.

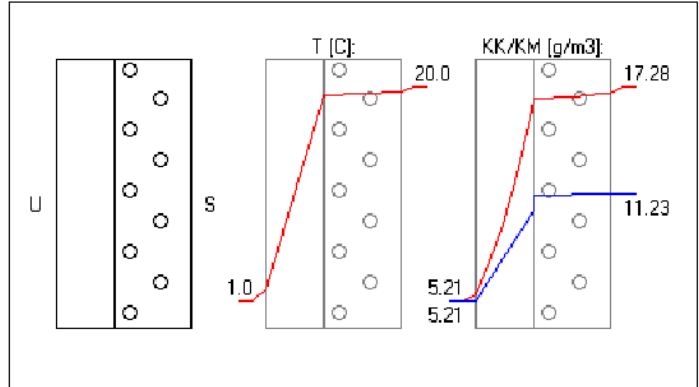
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. reuna-al. maan kk. lämpöt. eriste 150mm,	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.150 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	6.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.400 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	2.14	5.64	5.21	92.3	0.00
2	19.25	16.55	10.31	62.3	0.00
3	19.28	16.58	11.16	67.3	0.00
4	19.63	16.92	11.23	66.4	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

Pesutilat.

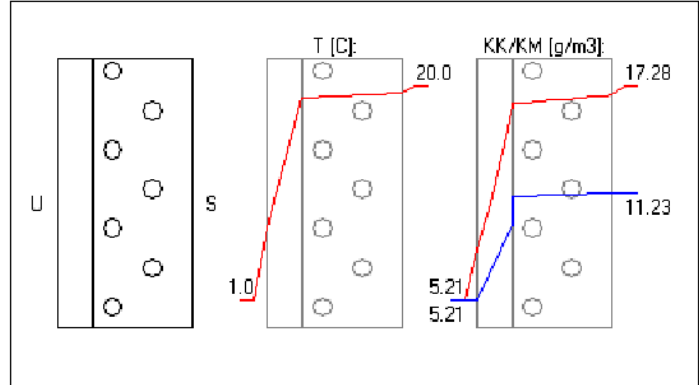
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Opinnäytetyö	Betonis. sisä al. maan kk. lämpöt. eriste 70mm.	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
Jarno Peura	20.5.2012	

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.214 W/m ² K
Paksuus:	273.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	445.54 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	811111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	4.664 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:		T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1	Polyurethane (PU)	70.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2	Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3	Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet: 3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	7.52	8.07	5.21	64.5	0.00
2	18.92	16.23	9.54	58.8	0.00
3	18.98	16.28	11.09	68.1	0.00
4	19.47	16.77	11.23	67.0	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

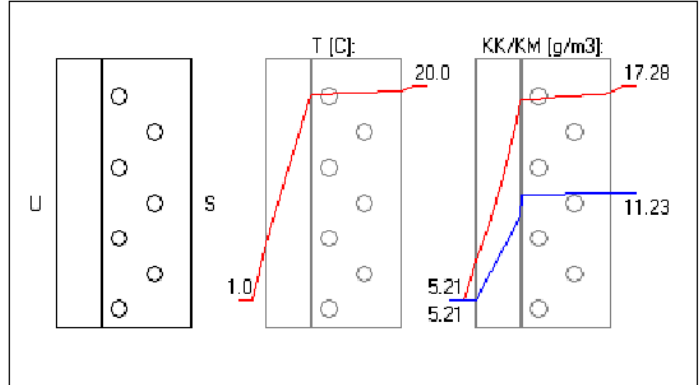
Pesutilat.

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)
T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde:	Sisältö:	
Opinnäytetyö	Betonis. sisä al. maan kk. lämpöt. eriste 100mm.	
Suunnittelija:	Päiväys:	Tunnus:
Jarno Peura	20.5.2012	

Rakenteen pää tiedot:

U-avo:	0.171 W/m ² K
Paksuus:	303.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	446.50 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1061111.138
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	100.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

3:n päivän kylmin (0.0 h)

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	6.18	7.40	5.21	70.4	0.00
2	19.14	16.44	9.94	60.4	0.00
3	19.19	16.49	11.12	67.5	0.00
4	19.58	16.87	11.23	66.6	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

Pesutilat.

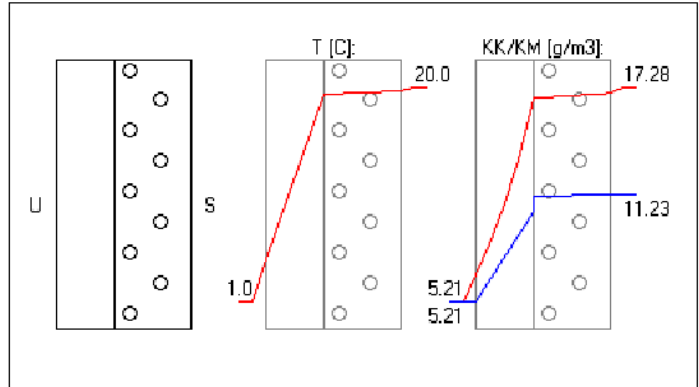
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Opinnäytetyö	Sisältö: Betonis. sisä al. maan kk. lämpöt. eriste 150mm.	
Suunnittelija: Jarno Peura	Päiväys: 20.5.2012	Tunnus:

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.127 W/m ² K
Paksuus:	353.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	448.10 kg
Hinta:	0.00 euro
Vesihöyryn vastus:	1477777.805
Vesih. läpäisykerroin:	0.000001 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	7.864 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	1.600 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Polyurethane (PU)	150.00	0.0250	1.200000e-07	0.00	32.00
2 Bitumen felt / sheet	3.00	0.2300	1.440000e-08	0.00	1100.00
3 Concrete, Medium den	200.00	1.6500	1.028570e-05	0.00	2200.00

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys

Lämpötilat ja kosteudet:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	1.00	5.21	5.21	100.0	0.00
1	4.87	6.78	5.21	76.8	0.00
2	19.36	16.66	10.31	61.9	0.00
3	19.39	16.69	11.16	66.8	0.00
4	19.69	16.98	11.23	66.2	0.00
S	20.00	17.28	11.23	65.0	0.00

3:n päivän kylmin (0.0 h)
Lisä tiedot:

Ulkolämpötiloina käytetään taulukossa 7 olevia maan kuukausittaisia keskilämpötiloja.

Pesutilat

Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus