

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Seppo Talka

HARKKORAKENTEISEN MATALAENERGIARIVI - TALON RAKENNESUUNNITTELU

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

Seppo Talka

Harkkorakenteisen matalaenergiarivitalon rakennesuunnittelu, 23 sivua 5 liitettä
Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta
Tekniikka, Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto
Ohjaaja: lehtori Petri Himmi Saimaan ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyön aiheena on rivitalon rakennesuunnittelu ja laadunvarmistuksen ohjeistus. Työn tavoitteena on laatia kaikki rakennesuunnitelmat ja työpiirustukset, sekä tehdä ohjeistusta laadunvarmistukseen.

Työ tulee opinnäytetyöntekijän itse rakennuttamaan ja omistamaan rivitaloon. Rakennuttaja/opinnäytetyöntekijä toteuttaa itse käytännön rakennustyöt ja johtamisen. Rakennuskohde sijaitsee Lemminkäisen kunnan keskustaa-
jamassa Punaportinkatu 12:sta.

Rakennus on kaksikerroksinen harkkorakenteinen kolme asuntoa käsittävä matalaenergiarivitalo. Rakennus muurataan kevytsoraharkoista, väli ja yläpohjat betonista paikalla valettuna.

Rakennesuunnittelu laskelmat tehtiin Microsoft Excel taulukkolaskenta ja Dof-lämpö 2.2 ohjelmia hyödyntäen. Energiatodistus laadittiin Dof-energia 2.0 ohjelmalla. Piirustukset laadittiin AutoCAD-ohjelmalla. Piirustuksiin kuuluvat rakennetyypit, leikkaukset, taso ja detaljipiirustukset.

Työ on opinnäytetyöksi laaja ja sitä on rajattu siten, että rakennesuunnittelu alkaa perustamistasosta ylöspäin. Suunnittelussa noudatetaan Suomen RakMk:n määräyksiä ja ohjeita ja mitoituslaskelmat tehdään Eurocode määräysten mukaan.

Asiasanat: rivitalo, rakennesuunnittelu, matalaenergia, laadunvarmistus

ABSTRACT

Seppo Talka

Construction of Block structural Low-Energy Terraced House, 23 pages, 5 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Instructor: Senior Lecturer Petri Himmi

The topic of this project was to discuss/study the construction and instructions of quality control of a terraced house. The aim of this study was to create all construction plans and technical designs, and also to draft guidelines of quality control.

The object is owned and built by Seppo Talka. Talka will do all the practical building work and management by himself. The building project is situated in the population center of Lemi, in Punaportinkatu 12.

The building is a two-floor low-energy block-based building of three apartments. The building will be laid of leca-bricks, the floors are made of concrete.

The construction calculations were made with Microsoft Excel- and Dof-lämpö 2.2 programs. The Wear certificate was made with Dof-energia 2.0 program. The drawings were made with AutoCAD. The drawings consist of constructional types, cuts, level drawings and details.

The work is quite wide and it has been limited so that structural begins from the base of the building upward. The planning follows the regulations of Suomen Rakentamismääräyskokoelma and the design calculation will be done by Eurocode.

Keywords: terraced house, construction, low energy, quality control

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	5
2 LÄHTÖKOHTATIEDOT	6
3 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	7
3.1 Ääneneristys	7
3.2 Kosteus.....	8
3.3 Lämmöneristys.....	8
3.4 Energiatehokkuus	9
3.5 Paloturvallisuus.....	11
3.6 Asumisturvallisuus	11
3.7 Kantavat rakenteet.....	12
4 RAKENNESUUNNITTELU	12
4.1 Perustukset.....	12
4.2 Alapohja.....	13
4.3 Ulkoseinät	13
4.4 Välipohja	14
4.5 Yläpohja.....	15
4.6 Parvekkeet ja luhtikäytävä	15
4.7 Betonipilarit.....	15
4.8 Luhtikäytävän portaat.....	16
4.9 Huoneistojen väliseinät	16
4.10 Rungon jäykistys vaakavoimia vastaan	16
4.11 Märkätilojen rakenteet	16
5 LAADUNVARMISTUS	17
5.1 Betonilattian kosteus.....	17
5.2 Lämpökuvaus.....	17
5.3 Ilmanvuotomittaus	18
6 YHTEENVETO	22
LÄHTEET	23

LIITTEET

- Liite 1 Lähtökohtapiirustukset
- Liite 2 Rakennetyypit
- Liite 3 Rakennusosien U-arvot, tasauslaskenta, energiaselvitys ja energiato-
distus
- Liite 4 Rakennelaskelmat ja excel taulukot
- Liite 5 Rakennepiirustukset

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tuli ajankohtaiseksi, koska jo vuonna 2008 oli suunniteltu aloittaa rivitalon rakentaminen. Näin oli mahdollista sovittaa yhteen opiskelu ja käytännön työ yhteen. Työn tavoitteena on tuottaa kaikki rakentamisessa tarvittavat suunnitelmat ja laskelmat. Rakennuspiirustukset on laatinut opinnäytetyöntekijä talonrakennusteknikko Seppo Talka. Koska ympärillä olevat tontit ovat jo rakennettu ja perusmaa on häiriintymätöntä eikä tonttia ole koskaan täytetty ja perusmaa on hyvin kantavaa soramoreenia ei pohjatutkimuksiin ei ole aihetta. Opinnäytetyö painottuu rakennesuunnitteluun ja matalaenergiaratkaisun toteuttamiseen tässä kohteessa perustusten kantavuus mitoitetaan Suomen rakentamismääräyskoelman B4 Pohjarakenteet mukaan, kohteen routaeristystä ei ole mitoitettu. Opinnäytetyö alkaa perustamistasosta ylöspäin ja siihen kuuluu seuraavat työt:

1. Perustussuunnitelma, jossa esitetään perustukset, routaeristys, radonputkisto ja salaojitussuunnitelma.
2. Runkosuunnitelma, jossa esitetään kantavat seinät, pilarit ja aukkopalkit
3. Väli- ja yläpohjasuunnitelmat, jossa esitetään laattarakenteet ja niiden vaatimat raudoitteet.
4. Betonisen luhtikäytävä laatan suunnitelma, jossa esitetään rakenteet ja niiden vaatimat raudoitteet.
5. Puurakenteisen yläpohjan ja vesikattorakenteen suunnitelmat, joissa esitetään rakenteet ja niiden vaatimat materiaalit.
6. Palo-osastoinnin ja äänieristyksen suunnittelu.
7. Rakenteiden U-arvojen laskenta.
8. Energiatasauslaskenta / määräystenmukaisuuden toteaminen.
9. Energiaselvitys.
10. Energiatodistuksen laadinta ja siihen liittyvä laskenta.

Yllämainittuihin suunnitelmiin kuuluu vielä kaikki suunnitelmissa vaadittavat mitoituslaskelmat.

Tilajana toimii opinnäytetyön tekijä itse, joka on tehnyt kuntaan B-luokan rakennesuunnitelmia jo 12 vuotta.

Kohde sijaitsee Lemillä Juvolan kylässä, joka on kunnan keskustaajama. Rakennus on muodoltaan L-mallinen aumakattoinen kaksikerroksinen rivitalo, jossa on neljän auton autokatos. Rakennus toteutetaan matalaenergiaratkaisuna. Suunnittelussa on huomioitu tuotantotekniikka niin hyvin, kuin se on vallitsevat olosuhteet huomioon ottaen on mahdollista.

Arkkitehtisuunnitelmat on laatinut opinnäytetyön tekijä rakennusteknikko Seppo Talka.

Työ koostuu raportista, jossa selostetaan työn lähtötietoja, määräyksiä, suunnittelun kulkua ja tärkeimpiä rakenneratkaisuja. Työ painottuu liitteisiin, joihin kuuluvat rakennelaskelmat, rakennepiirustukset ja tarvittava laadunvarmistuksen ohjeistus.

2 LÄHTÖTIEDOT

Lähtötietona on kohteesta laaditut rakennuslupapiirustukset. Liitteenä 1 on rakennuksen julkisivu, pohja ja leikkauspiirustus. Rakennus on kolme asuntoa käsittävä rivitalo, jossa on autokatos neljälle autolle. Rakennustilavuus on 1042 m³, kerros-ala 337 m² ja huoneistoala 262 m². Rakennus tehdään kuten perinteinen tiilitalo. Ensin muurataan 1-kerroksen runko, jonka jälkeen valetaan välipohja, välipohjan päältä muurataan 2-kerroksen runko, jonka varaan valetaan yläpohja. Kantavanrunгон jälkeen asennetaan lämmöneristeet ja muurataan kuorimuuraus. Rakennukseen tulee sähkölämmitys sekä yhteen asuntoon tulisija. Rakennus liitetään kunnallisiin vesi- ja viemäriverkostoihin.

Suomen rakentamismääräyskokoelman B4 Pohjarakenteet, määräykset ja ohjeet. Ohjeissa sanotaan, että jos on muita laajuudeltaan ja laadultaan riittävinä pidettäviä tietoja, joiden perusteella pohjarakenteiden suunnittelu ja pohjarakentaminen voidaan toteuttaa luotettavasti ja turvallisesti. Pohjatutkimusta ei tarvitse tehdä rakennushankkeen yhteydessä helpoissa (B) ja vaativissa (A) pohjarakennuskohteissa. Alueella ei ole tehty varsinaisia pohjatutkimuksia, mutta naapuritonteille on jo rakennettu ja pohjamaa on hyvin kantavaa sora-moreenia. Koska perusmaa jää pintamaiden poiston jälkeen n.1000 mm kadunpinnan alapuolelle, joten

rakennuspohjaa joudutaan täyttämään n. 700 mm ja rakennus perustetaan täytekerroksen varaan toimii täytekerroksen kantavuus mitoittavana tekijänä. Yleisesti hyväksytty tapa on pienissä rakennuskohteissa, että viisi yliajoajokertaa täryttäjällä ajettuna voidaan perustusten mitoituksessa täyttömaan kantavuutena käyttää arvoa 100 kN/m^2 . Tiedossa on myös alueen pohjaveden pinta, josta ei ole ollut haittaa vesi - ja viemäriiitoksia tehtäessä. Salaojitustarvetta ei välttämättä ole, koska pohjavesi on alhaalla n. 2500 mm syvyydessä valmiista pihan pinnasta ja perusmaa on kohtalaisen hyvin vettä läpäisevä.

3 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Rakennus suunnitellaan Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti, äänen, kosteuden eristyksen hallinnan sekä paloturvallisuuden suhteen vähintään viranomaistason täyttäväksi ja energiatehokkuuden suhteen matalaenergiatason täyttäväksi. Mitoituksessa noudatetaan puurakenteissa Eurocode 5 ja soveltamisohjetta RIL 205-2007N lyhennetty suunnitteluohje (viittaukset ellei toisin mainittu), betonirakenteissa Eurocode 2, muuratuissa rakenteissa kansallinen liite SFS-EN 1996-1-1, Eurocode 6 ja teräsrakenteissa Eurocode 3.

3.1 Ääneneristys

Ääneneristys suunnitellaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C1 määräyksien ja ohjeiden mukaan olennaisena vaatimuksena on, että melutaso pysyy niin alhaisena, ettei se vaaranna rakennuksessa oleskelevien henkilöiden terveyttä ja että se antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. Vaatimustaso saavutetaan tässä rakennuksessa ilman erityisiä toimenpiteitä. Ilmaääneneristysluku on $\geq R'_w 55 \text{ dB}$ ja. Alueen kaavamääräykset eivät aseta vaatimuksia rakennuksen vaipan ääneneristykselle.

3.2 Kosteus

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 mukaan on rakennus toteutettava siten, ettei sen osiin tai sisäpinnoille pääse kertymään hygienia- tai terveysriskiä aiheuttavaa kosteutta. Näiden olosuhteiden tulee säilyä rakennuksessa normaalilla kunnossapidolla taloudellisesti kohtuullisin kustannuksin koko käyttöajan. Kosteusteknisessä toiminnassa on huomioitava sisä- ja ulkopuolisista kosteuslähteistä peräisin oleva kosteus. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että on huomioitava rakennuspohjan kuivatus, kosteuden kapillaarisen nousun estäminen maaperästä, rakennusosien tuulettumistarpeen huomioiminen, märkätilojen vedeneristyksen toimivuus sekä vaipan tiiveys viittaa konvektioon ja diffuusioon.

3.3 Lämmöneristys

Suomen rakentamismääräyskokoelman 1. tammikuuta 2008 voimaantullut osa C3 määrittelee rakennuksen lämmöneristysten vaatimukset. Ilmanpitävyys rakennuksessa tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa $n_{50} = 1$ 1/h, joka tarkoittaa sitä, että rakennuksen vaipan läpi virtaa yksi rakennuksen ilmatilavuus tunnissa paine-eron ollessa sisä- ja ulkoilman välillä 50 Pa. Ilmanpitävyyden on oltava riittävän hyvä sisäilmaston, rakenteiden sekä lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän toiminnan kannalta. Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskennassa vertailuarvoina käytetään rakentamismääräyskokoelman D3 mukaan vaipan rakennusosien lämmönläpäisykertoimien U-vertailuarvoja. Arvot ovat ulkoseinälle $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, yläpohjalle $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, maata vasten rajoittuvalle alapohjalle $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ sekä ikkunalle ja ovelle $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ilmanvuotoluvun vertailuarvo on 4 ja lämmön talteenottolaitteen hyötysuhde 30 %. Rakennuksen vaipan lämpöhäviö saa olla enintään yhtä suuri, kuin vertailuarvoilla laskettu rakennuksen vaipan lämpöhäviö. Lämpöhäviö saa kuitenkin olla enintään 20 % suurempi kuin vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö, jos lämpöhäviön ylitys tasataan parantamalla ilmanvaihtojärjestelmän poistoilman lämmöntalteenottoa (LTO) tai rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä. Vaipan ilman vuotoluvun n_{50} suunnitteluarvon ollessa lämpöhäviölaskelmissa alle 4 1/h on ilmanpitävyydestä esitettävä lisäselvitys. Jos läm-

pöhäviölaskelmissa ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen suunnitteluarvo on suurempi kuin 30 %, on vuosihyötysuhteesta esitettävä lisäselvitys. Rakennuksen vaippaan kuuluvien rakennusosien lämmönläpäisykertoimet U saavat olla enintään seinällä, ylä- ja alapohjalla 0,60 W/m²K, sekä ikkunalla ja ovella 1,8 W/m²K. Liitteessä 3 on esitetty vaipan rakenteiden U-arvo laskelmat sekä rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma. Tasauslaskelman tulokseksi saatiin, että rakennuksen lämpöhäviö on pienempi kuin 60 % vertailutasosta. Rakennus täyttää matalaenergiaratkaisulta vaadittavan lämpöhäviötason. Suunnitteluratkaisu täyttää myös 1.1.2010 voimaan tulevat tiukemmat U-arvovaatimukset myös matalaenergiaratkaisuna, joka on 85 % vertailutasosta. Matalaenergia ratkaisuun päästään parhaiten ja mahdollisimman pienillä rakennuskustannuksilla, kun käyttää laskemissa ilmanvuotolukua 1 1/h ja lämmön talteenottolaitetta, jonka vuosihyötysuhde on 74 prosenttia, joka on Enerventin valmistaman Pingviini LTO laitteen vuosihyötysuhde. Toiseksi edullisinta ja järkevintä on lisätä yläpohjan eristepaksuutta. Myös alapohjan eristepaksuuden lisääminen on kustannuksiltaan melko kohtuullista. Kaikkein kalleinta on lisätä seinien eristevahvuuksia, milloin seinistä tulee tarpeettoman paksuja. Seinän leveneminen aiheuttaa usein myös perusmuurin leventämisen, mistä taas syntyy lisäkustannuksia. Ilmanvuotoluku 1:n käyttö edellyttää erityistä huolellisuutta rakennuksen ilmatii- viiksi saattamisessa. Tämä on myöhemmin myös pystyttävä mittauksella näyttämään toteen. U-arvot on laskettu tyyppihyväksytyjen materiaalien valmistajien ilmoittaman normaalin lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoja käyttäen, jotka löytyvät tuotevalmistajien teknisistä esitteistä.

3.4 Energiatehokkuus

Suomen rakentamismääräyskokoelman D3 osassa annetaan määräyksiä ja ohjeita rakennusten energiatehokkuudesta. Yleisenä energiatehokkuusvaatimukse- na on, että rakennus ja siihen kiinteästi liittyvät laitteet suunnitellaan ja rakenneta- taan siten, että tarpeetonta energiankäyttöä ja energiahäviöitä rajoitetaan hyvän energiatehokkuuden saavuttamiseksi.

Haettaessa rakennuslupaa on lupahakemukseen liitettävä energiaselvitys. Ennen rakennuksen käyttöönottoa on energiaselvitys päivitettävä ja pääsuunnittelijan on

varmennettava se allekirjoituksellaan. Energiaselvitys sisältää yleensä seuraavat kohdat rakentamismääräyskokoelman osan D3 kohdan 4.1.1.1 mukaan:

- rakennuksen lämpöhäviön määräysten mukaisuus
- ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho osan D2 mukaan
- rakennuksen lämmitysteho
- arvio kesäaikaisesta huonelämpötilasta ja tarvittaessa jäähdytysteho
- energian kulutus
- rakennuksen energiatodistus

Energiatodistuksessa on ilmoitettu rakennuksen energiatehokkuusluvun perusteella määräytyvä energiatehokkuusluku. Energiatehokkuusluokat ilmoitetaan kirjaimella A:sta G:hen. A-luokka on paras eli vähän kuluttava ja G-luokka huonoin eli paljon kuluttava. Taulukossa 1 on esitetty pienten, enintään kuusi asuntoa asuinrakennusryhmässä käsittävien asuinrakennusten energiatehokkuusluokat ja niitä vastaavat energiatehokkuusluvut.

Taulukko 1. Pienten asuinrakennusten energiatehokkuusluokat (Asetus rakennuksen energiatodistuksesta).

Energialuokka	Energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm ² /vuosi)
A	ET < 150
B	151 – 170
C	171 – 190
D	191 – 230
E	231 – 270
F	271 – 320
G	ET > 321

Energiatehokkuusluku saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema energiamäärä rakennuksen lämmitettävällä bruttopinta-alalla. Vuotuinen energiamäärä sisältää lämmitysenergian, sähköenergian ja mahdollisen jäähdytysenergian.

Laki rakennuksen energiatodistuksesta (487/2007) edellyttää, että

- *rakennusta tai sen osaa, taikka niiden hallintaoikeutta myytäessä tai vuokrattaessa myyjän tai vuokranantajan on asetettava mahdollisen ostajan tai vuokralaisen nähtävillä voimassa oleva rakennuksen energiatodistus (5§)*

- haettaessa maankäyttö- ja rakennuslaissa tarkoitettua rakennuslupaa uudisrakentamista varten on hakemukseen liitettävässä energiaselvityksessä oltava pääsuunnittelijan antama rakennuksen energiatodistus (6§)
(Energiatodistusopas 2007, 9.)

Energiatodistus auttaa kuluttajaa vertailemaan rakennusten energiatehokkuutta. Todistuksesta käy ilmi rakennuksen energiatehokkuus muihin vastaaviin rakennuksiin verrattuna. Energiatehokkuus määritellään laskennallisesti tai toteutuneen energiankulutuksen perusteella. Kohteesta on tehty energiaselvitys.

3.5 Paloturvallisuus

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 annetaan määräyksiä ja ohjeita rakennusten paloturvallisuudesta. Tämä rakennus kuuluu matalimpaan paloluokkaan P3. Rakennuksella on EI30 osastointivaatimus huoneistojen väliseinissä ja yläpohjassa. Kantavuusvaatimuksia ei ole palonkeston ajalta. Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset ovat seinillä ja katoilla D-s2, d2, mikä tarkoittaa, että pintamateriaalien on oltava vähän savua tuottavia. Poistuminen palon sattuessa tapahtuu uloskäytävänä toimivasta ulko-ovesta ja ikkunasta.

3.6 Asumisturvallisuus

Asumisturvallisuuden totuttamisessa noudatetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa F2 annettuja määräyksiä ja ohjeita, joiden mukaan suunnitellaan lumiesteet, portaat, porras- ja parvekekaiteet.

3.7 Kantavat rakenteet

Muurattu harkkorunko suunnitellaan Kansallinen liite SFS-EN 1996-1-1, Eurocode 6:n mukaan. Perustukset suunnitellaan Eurocode 2:n ja Eurocode 6:n mukaan.

Ylä- ja välipohjat suunnitellaan Eurocode 2:n mukaan. Puurakenteet suunnitellaan Eurocode 5:n ja soveltamisohjetta RIL 205-2007N lyhennetty suunnitteluohje (viittaukset ellei toisin mainittu), mukaan. Teräsrakenteet suunnitellaan Eurocode 3:n mukaan.

4. RAKENNESUUNNITTELU

Rakennelaskelmien teossa on käytetty Microsoft Excel ohjelmaa. U-arvojen laskennassa on käytetty DofTechin Dof-lämpö ohjelmaa. Rakennelaskelmat on esitetty liitteessä 4. Rakennepiirustukset on piirretty AutoCAD ohjelmalla. Rakennepiirustukset on esitetty liitteessä 5.

4.1 Perustukset

Rakennukseen tehdään maavarainen betonilaatta ja 300 mm salaojituskerros, johon tulee 100mm salaojaputkisto, joka toimii radonkaasun poistoputkistona. Perustukset tehdään n. 700 mm paksun soratäytön varaan. Pilarianturoiden ja sokkelianturoiden koko määritetään jakamalla anturoille tulevat ominaiskuormat sallitun pohjapaineen arvolla. Ulkoseinien antura on 200 mm korkea ja sen leveys on yleensä 700mm. Pitkittäisenä kutistumaraudoituksena käytetään kahta 10 mm A500HW harjaterästankoa. Perustusbetonin lujuusluokka on C28/35-2. Mitoittava kohta anturalle on luhtikäytävän portaiden kohta ulkoseinän kohdalla. Tähän kohtaan vaikuttavat välipohjalta ja yläpohjalta tulevat kiinteät ja muuttuvat kuormat. Alakerran huoneistojen välisen seinän antura on 200*400 mm, jonka varaan tulee seinän oma paino, välipohjan paino ja välipohjalta tulevat kiinteät ja muuttuvat kuormat. Pitkittäisraudoituksena kaksi 10 mm harjatankoa. Perusmuurit tehdään kevytsoraharkkoista paikalla muuraamalla. Ulkoseinien perusmuuri on 400 mm leveää, joka tehdään kahdesta RUH-200 mm harkosta rinnakkain. Autokatoksen anturat ovat 200*400 mm ja perusmuuri 125 mm leveää RUH-125 harkkoa. Harkkojen laatu on 3/650. Perusmuureihin asennetaan ylimmäisiin ja alimmaisiiin saumoihin 8 mm:n harjateräkset. Ensimmäisen kerroksen teräspilareille tulee 200*600*600 mm anturat ja takalle ja hormille tulee 200 mm paksu antura.

Rakennuspohjan kuivatus on huomioitu maanpinnan kallistuksilla ja salaojituksella. Näin estetään sade- ja sulamisvesien pääsy rakenteisiin. Maavaraisen laatan eristeiden alapuolelle tehdään 300 mm paksu salaojituskerros. Perusmaa kallistetaan rakennuksen ulkopuolelle 1:100, jotta mahdollinen rakennuksen alla oleva vesi ei kerääny rakennuksen alle, koska rakennus tehdään soratäytön vaaraan asennetaan salaojaputket perustusten ulkopuolelle noin 400 mm anturan reunasta ja noin 100mm perustamistason alapuolelle. Salaojien kaadot ovat 1 %. Rakennuksen joka kulmaan tulee tarkastuskaivo. Alueella ei ole kunnallista sadevesiviemärointiä, joten salaojavedet joudutaan johtamaa tontin rajalle avo-ojaan.

Perustusten routaeristeenä käytetään tyyppi hyväksytyjä 75 mm paksuja solupolystyreenilevyjä. Routaeristyksen leveys on rakennuksen lämpimällä osalla 1200 mm ja ulkonurkissa 100 mm paksu ja se ulottuu 1500 mm etäisyydelle perusmuurista. Autokatoksen osalla routaeristys tulee koko katoksen sisäpuolelle. Katoksen ulkopuolelle tulee 100 mm paksu ja se ulottuu 1500 mm etäisyydelle perusmuurista. Perustuspiirustus ja perustusleikkaukset ovat liitteessä 5.

4.2 Alapohja

Alapohjaksi tulee 80 mm paksu teräsbetoni-laatta, jonka alle tulee lämmöneristeeksi 200 mm paksu solupolystyreenikerros. Laattaan tulee 4# 150 A500HW verkko. Laatan valun yhteydessä tehdään kaadot lattiakaivohin 1:50. Lattia betonin lujuusluokka on C25/30-2. Alapohjan rakennetyypit ovat liitteessä 2. Autokatoksen alapohjaksi tulee 100 mm paksu teräsbetoni-laatta, jonka alle tulee routaeristeeksi 100 mm paksu solupolystyreenikerros. Laattaan tulee 4# 150 A500HW verkko. Laatta valetaan kaltevaksi ulospäin 1:100. Betonin lujuusluokka on C28/35-2 säänkestävä. Alapohjan rakennetyypit ovat liitteessä 2.

4.3 Ulkoseinät

Korkean osan ensimmäisen kerroksen kantava runko muurataan UH-125 ja UH-100 harkoista täysin saumoin, myös yksikerroksisen osan runko muurataan UH-

125 harkoista. Ikkuna-aukkojen ylitykset tehdään 125*200 betonipalkeista. Muuraustyön yhteydessä asennetaan joka kolmanteen harkkosaumaan 8 mm kutistumisteräkset. Muuraustyön tullessa kerroskorkeuteen suoritetaan välipohjan- ja yläpohjan muotitus, raudoitus ja betonivalu. Korkean osan toinen kerros muurataan välipohjan päältä samoin, kuin ensimmäinen kerros. Viimeisen harkkokerroksen saumaan asennetaan teräkset. Ikkunoiden ja ovien pielien ympärille asennetaan 50*150 painekyllästetyt lankut, jotka asennetaan n. 20 mm leveämmälle, kuin mitä aukkoon tuleva ovi- tai ikkuna on. Sisäkuori tasoitetaan ja pinta käsitellään, seinärakenteeseen ei asenneta höyrysulkua, koska tasoitettu ja pintakäsitelty harkko on riittävän tiivis estämään haitallisen vesihöyryn pääsyn seinärakenteeseen, joka on todettu U-arvojen laskennan yhteydessä Dof-lämpö ohjelmalla.

Muuraustyön yhteydessä asennetaan myös ruostumatonta terästä olevat 4 mm paksut siteet k. 600, joiden avulla ulkokuori sidotaan sisäkuoreen. Ulko- ja sisäkuoren väliin asennetaan 150 mm:n lasivilla ja 20 mm paksu tuulensuojaeriste. Eristeen ja ulkokuoren väliin tulee 25 mm:n tuuletusväli. Ulkokuori muurataan UH-100 harkoista ja joka kolmanteen saumaan asennetaan 6 mm kutistumisteräkset. Alimmaisen harkkokerroksen joka toiseen pystysaumaan jätetään 15*100 mm aukot, jotta ilmaa pääsee riittävästi tuuletusrakoon. Ulkokuori rapataan joko käsin tai koneellisesti, jonka jälkeen se pinnoitetaan kosteuden läpäisevällä pinnoitteella. Autokatoksen seinät muurataan UH-125 harkoista täysin saumoin, ja 8 mm kutistumisteräkset asennetaan muuraustyön yhteydessä joka kolmanteen saumaan. Myös ylimmäiseen saumaan tulee 8 mm teräs. Ulkoseinien rakennetyypit ovat liitteessä 2.

4.4 Välipohja

Välipohjan kantavarakenne on 160 mm paksu ristiin kantava betonilaatta. Muottina käytetään liittolevyä laattabetoni on C25/30-2, teräkset A500HW ja liittolevy 0,7mm teräslevy. Laatan alapintaan kiinnitetään 22*100 mm harvalauta k 300 ja pintaverhouspaneeli 14*125 mm. Välipohjan yläpintaan tulee alushuopa ja laminaattiparketti. Välipohjan valutyön yhteydessä tehdään märkätilojen kallistukset 1:50. Välipohjan rakennetyypit ovat liitteessä 2.

4.5 Yläpohja

Asunto-osan yläpohja on n. 160 mm paksu teräsbetonilaatta, jonka kantavara-kenne ja alapinta ovat samanlaisia, kuin välipohjassa. Kantavan betonirakenteen varaan rakennetaan puiset vesikattorakenteet. Betonilaatan päälle tulee 500 mm paksu ekovillaeriste. Laatan päälle rakennetaan 50*100 soiroista pukit k 2000, joiden päälle kiinnitetään sahatavarapalkit 50*125k. 900 kantavienrakenteiden lujuusluokka on C24/T2. Vesikaton ruodelaudoitus on 25*100 k 350 ja aluskatteenä on kondensio suojattu esim. Rankka aluskate. Vesikatteeksi tulee tehdasmaalattu teräsmuotokate. Autokatoksen vesikattorakenteet ovat myös paikalla tehdyt ja sahatavaran dimensiot samat, kuin asunto-osalla vesikattorakenne ja materiaalit ovat samat, kuin asunto-osassa. Autokatoksen yläpohjan alapinta päällystetään kipsikartonkilevyllä. Yläpohjan rakennetyypit ovat liitteessä 2.

4.6 Parvekkeet ja luhtikäytävä

Teräsbetoninen luhtikäytävä valetaan betoni- ja teräspilarien varaan. Luhtikäytävä vesieristetään yläpuolelta. Valutyön yhteydessä tehdään käytävälle kaadot ulospäin 1:100. Käytävä ja parvekkeet varustetaan teräskaitteilla, joiden yläpinnan korkeus käytävän pinnasta on 1000 mm kaiteiden pystypinnojen väli saa olla enintään 100 mm. Alakerran parvekekäytävät tehdään maavaraisin teräsbetonilaattoina. Kaiteet ovat samanlaiset, kuin yläkerrassa. Parvekepilareissa, laatoissa ja luhtikäytävän laatoissa käytettävä betoni on C28/35-2 säänkestävä.

4.7 Betoni pilarit

Luhtikäytävä, parveke ja autokatoksen betonipilarit (Ø 240 mm) valetaan paikalla. Betonin lujuusluokka on C28/35-2 säänkestävä. Muotti on tehdasvalmisteinen.

4.8 Luhtikäytävän portaat

Luhtikäytävän portaat voidaan valmistaa joko betonista, jonka lujuusluokka on C32/40-2 P40, tai kuumasinkitystä teräksestä, tai painekyllästetystä puusta, jon-

ka lujuusluokka on C24/T2. Tässä kohteessa portaita ei ole suunniteltu eikä mitoitettu.

4.9 Huoneistojen väliseinät

Huoneistojen välinen seinä on kaksinkertainen puurunko 50*75 k 600 jaolla limitäin tehty ja molempiin runkoihin asennetaan eristys esim. 75 mm mineraalivilla. Molemmiin puolin seinää tulee kaksinkertainen kipsikartonkilevytys, jossa saman puolen levykerrosten saumat eivät ole samalla kohtaa. Ilmääneneristysluku $\geq R'_{w}$, 55 dB ja seinä täyttää osastointivaatimuksen EI 120. Kohteessa vaatimustaso on EI 30. Huoneistojen väliseinän rakennetyypit ovat liitteessä 2.

4.10 Rungon jäykistys vaakavoimia vastaan

Vaakakuormia rakennukseen aiheuttavat seiniin ja kattoon kohdistuvat tuulikuormat. Tuulikuormien laskennassa sovelletaan RIL 205-1-2007 ohjeita. Ensimmäisen ja toisen kerroksen kantavat harkkoseinät toimivat jäykistävinä seininä ja johtavat vaakakuormat perustuksille. Ensimmäisen kerroksen betoni väli- ja yläpohja toimivat rakennusta jäykistävinä levyinä, samoin kuin toisen kerroksen betoninen yläpohja, milloin ne siirtävät tuulen aiheuttamat vaakakuormat jäykistäville seinille. Koska jo rakennuksen väli ja yläpohjien betonilaatoista aiheutuva paino on noin 1232 kN ja tuulenpaineresultantti 117 kN ei tarkempiin vakavuustarkasteluihin ole aihetta.

4.11 Märkätilojen rakenteet

Märkätiloissa seiniin asennetaan vedeneristys harkon sisäpintaan. Lattian vedeneristys asennetaan betonilattian pintaan ja tehdään samasta materiaalista, kuin seinän eriste. Seinän ja lattian vedeneristeet liitetään toisiinsa saumattomasti. Jos käytetään telattavia vesieristeitä, laitetaan nurkkiin sekä seinän ja lattian rajaan tuotevalmistajan suosittelema vahvikemateriaali. Myös lattiakaivon yli kiinnitetään eristeen teon yhteydessä vahvike, johon leikataan sopivan kokoinen rei-

kä, joka painetaan kaivon korokerenkaalla tiiviisti lattiakaivoon. Märkätilojen rakennetyypit ovat liitteessä 2 ja detaljit liitteessä 5.

5 LAADUNVARMISTUS

Tässä osiossa tarkastellaan niitä rakenteiden kohtia, joiden voidaan oleellisesti todeta vaikuttavan laadunvarmistukseen. Radonkaasu tulee huomioida suunnittelussa ja rakentamisessa. Radonin poistoputkisto esitetään perustussuunnitelmien yhteydessä. Työssä tulee tarkoin noudattaa kaikkia suunnitelmissa esiintyviä yksityiskohtia. Laadunvarmistuksen tärkeimpiä asioita ovat radonputkistojen ja lattian läpivientien tiivistysten tarkastaminen, märkätilojen vesieristeiden tarkastaminen sekä mahdollisten ulos menevien läpivientien tiivistysten tarkastaminen. Myös ulos menevien sähköputkitusten päiden tulppausten tarkastaminen on tärkeää rakennuksen vaipan tiiviiden varmistamiseksi. Edellä mainituista tarkastuksista laaditaan tarkastuspöytäkirjat. Myös maapohjan kautta tulevien kaapeleiden yms. suojaputket, tulee tarkastaa, kuten sähköputkituksen osalta on mainittu. Kaapeleiden suojaputket eivät saa olla salaojaputkea. Ilmanvuotomit-tauksen suoritus on yksi tärkeimmistä toimenpiteistä. Betonointitöiden jälkeen tulee varmistaa, että betoni säilyy riittävän kosteana tarpeeksi pitkän ajan.

5.1 Betonilattian kosteus

Betonilattian suhteellista kosteutta ei ole tarpeellista mitata tässä kohteessa, koska rakennustyö kestää ainakin kaksi vuotta. Tästä ajasta rakennus on lämmitettynä vähintään yhden vuoden (lämpötila on noin +20°C) minkä takia betonin kosteus tasaantuu normaaliin kosteuteen.

5.2 Lämpökuvaus

Lämpökuvaajan on tunnettava hyvin laitteen käyttö ja toimintaperiaate, sekä hallittava rakennusfysiikkaa ja rakenteita. Olennaisin osa lämpökuvauksessa on tu-

losten tulkinta. Lämpökuvauksen suorittajalla on oltava riittävä ammattitaito kuvauksen suorittamiseen.

Lämpökuvauksella voidaan nopeasti ja tarkasti määrittää rakennuksen vaipan lämpötekniinen kunto. Lämpökuvauksella on hyvä laadunvarmistustyökalu jolla voidaan havaita viat ja puutteet jo työn aikana. Tällöin korjaaminen on vielä helppoa ja edullista. Työn aikana kuvattaessa ongelmaksi voi muodostua se, ajoittuuko työmaa aikataulullisesti kylmälle vuodenaikalle, jolloin lämmityksen on oltava rakennuksessa riittävän pitkään kytkettynä. Tässä kohteessa lämpökuvauksella voidaan sovittaa ongelmitta kylmään vuodenaikaan.

Tässä kohteessa kannattaa huomioida erityisesti seuraavat ulkovaipan kohdat, joissa voi olla lämpötekniisiä puutteita:

- ovien ja ikkunoiden tiivistykset
- seinien läpiviennit, korvausilmaventtiilit, vesipostit, sähkökaapelit
- yläpohjasta läpi menevät IV-putket
- sokkelin ja seinän liitokset
- rakenteiden läpi menevät tukirakenteet
- lattian ja seinän liitokset.

Tarvittaessa lämpökuvauksen yhteydessä voidaan tehdä tiiveysmittaus. Tiiveysmittaus suoritetaan niin sanotulla alipainemenetelmällä, jossa tutkittavaan tilaan aiheutetaan 50 Pa:n alipaine ulkoilmaan nähden. Menetelmästä on kerrottu tarkemmin luvussa 5.3. Lämpökuvauksella suoritetaan sisäpuolelta ennen alipaineistamista sekä 50 Pa:n alipaineessa. Ilmanvuotokohdat havaitaan alipaineessa, ja kylmäsillat voidaan erottaa ilmanvuotokohdista.

5.3 Ilmanvuotomittaus

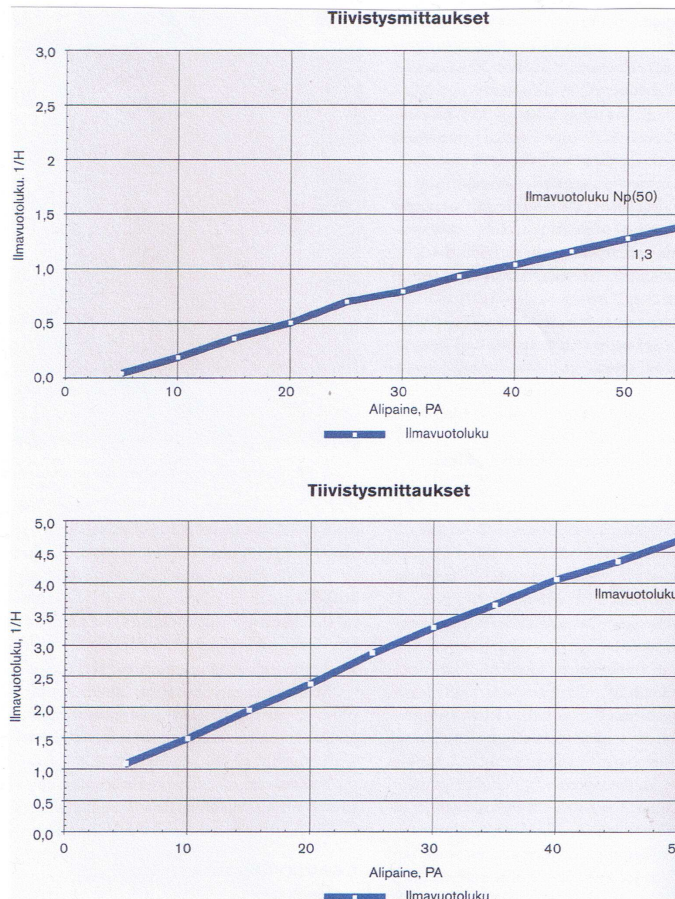
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennuksen vuotoilmavirran suunnittelu-arvoa $0,0081 \text{ m}^3/\text{s}$, mikä vastaa ilmanvuotoluokkaa $n_{50} = 1 \text{ 1/h}$. Tätä arvoa voidaan käyttää ainoastaan silloin, kun se on mittaus-tuloksilla osoitettu. Ilmanvuotomittauksessa selvitetään vaipan ilmanpitävyys. Mittaus perustuu standardiin SFS-EN 13829. Tutkittavaan tilaan aiheutetaan 50 Pa:n alipaine ulkoilmaan nähden ikkunan tai oven tuuletusluukun tilalle asennet-

tavalla puhaltimella (kuva 1). Rakennuksen vaipassa olevat aukot suljetaan tiiviisti mittauksen ajaksi.



Kuva 1.

Vuotokäyrä ajetaan 5 -10 Pa:n välein 0 – 55 Pa:n välillä. Alipaineen ylläpitämiseksi tarvittava ilmamäärä mitataan. Kuvassa 2 on esimerkki tiiviysmittauksen tuloksista. Ilmanvuotoluku n_{50} saadaan jakamalla mitattu ilmamäärä tutkittavan tilan ilmatilavuudella, tai muulla vaipan alaa kuvaavalla suureella.



Kuva 2. Esimerkki tiivistysmittauksen tuloksesta. Kuvassa 2 ylempi käyrä: ilmanvuotoluku $n_{50} = 1,3$ 1/h. Kohteena ollut pientalo on tiivis. Alempi käyrä: Ilmanvuotoluku $n_{50} = 4,7$ 1/h. Kohteena ollut pientalo on edelliseen verrattuna selvästi epätiivimpi (Kauppinen & Paloniitty, 60).

Rakennuksilla ei ole Suomessa tiiviyysvaatimuksia, mutta energiankulutuksen pienentämisen takia on syytä pyrkiä ilmanvuotolukuun 1 1/h Ilmanpitävyyden tavoitetasot esitetään sisäilmaluokituksessa. Hyvin tehtyjen uusien pientalojen il-

Ilmanvuotoluvun tulisi olla sen mukaan pienempi kuin 3 1/h. Ilman mittausta ei suunnitelmissa saa käyttää pienempää ilmanvuotolukua, kuin 4 1/h. Samaa lukua käytetään myös hirsitalossa. Suomen rakentamismääräyskokoelman C3 mukaan tulisi ilmanvuotoluvun olla lähellä 1 1/h.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä rakennesuunnitelmat itse toteutettavaan rivitaloon sekä tehdä laadunvarmistusohjeistus ko. kohteeseen. Suunnitelmien laadussa oli tarkoitus päästä hyvää ammattilaistasoa vastaavaan lopputulokseen, jossa mielestäni kyllä onnistuttiin. Jo tämänkin kokoisen kohteen rakennesuunnitelma on ensikertalaiselle liian vaativa toteutettavaksi opinnäytetyönä, mutta on oikeastaan hyvä, että taso on korkealla. Rakennusalalla pitkään toimineena olen joutunut näkemään liian paljon suunnitelmia, joissa taso on alitettu todella reippaasti. Näin jälkikäteen arvioituna työtuntimäärä rakennussuunnitteluun mukaan luki oli noin 560 tuntia. Olen itse laatinut viranomaisten vaatimat rakennuspiirustukset, vaikka rakennusteknikko ei ole varsinainen rakennussuunnittelija, on se kuitenkin lakien ja määräysten puitteissa mahdollista. Toimin rakennuskohteessa myös pääsuunnittelijana ja vastaavana työnjohtajana. Esisuunnittelun aloitin joulukuussa 2008, jolloin runkoratkaisu lyötiin lukkoon. Kohteessa haastetta lisäsi sen toteutus matalaenergia ratkaisuna, kantavat betonirakenteet, rakennuksen kaksikerroksisuus ja asuntojen määrä (3 asuntoa). Myös Eurocode pohjainen suunnittelu on monelta osin haastavampaa, mutta tässä tapauksessa järkevää. RakMK:n mukainen suunnittelu tulee poistumaan käytöstä aivan lähitulevaisuudessa. Kohteessa mitoitus suoritettiin Eurokoodeja käyttäen, mutta myös RakMK:n mukaan toteutettu mitoitus olisi vaatimusten mukainen.

LÄHTEET

B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Pohjarakenteet. Määräykset ja ohjeet 2004. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Eurocode 2 betonirakenteiden suunnittelu kansallinen liite SFS-EN 1992-1-1

Eurocode 6 muuratut rakenteet kansallinen liite SFS-EN 1996-1-1.

Eurocode 3 teräsrakenteiden suunnittelu kansallinen liite SFS-EN 1993-1-1.

Eurocode 5 puurakenteet RIL 205-2007N lyhennetty suunnitteluohje.

C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö. Helsinki.

C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Ympäristöministeriö. Helsinki.

C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen lämmöneristys. Määräykset 2008. Ympäristöministeriö. Helsinki.

C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Lämmöneristys. Määräykset 2008. Ympäristöministeriö. Helsinki.

D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2007. Ympäristöministeriö. Helsinki.

E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. Ympäristöministeriö. Helsinki.

E3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Pienet savuhormit. Ohjeet 1988. Ympäristöministeriö. Helsinki.

E4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Autosuojien paloturvallisuus. Ohjeet 2005. Ympäristöministeriö. Helsinki.

F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten käyttöturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2001. Ympäristöministeriö. Helsinki.

Energiatodistusopas 2008. Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen. Ympäristöministeriö. Helsinki.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=84292&lan=FI>

Kauppinen, J & Paloniitty, S. 2006. Rakennusten lämpökuvaus. Helsinki: Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy

RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.