

Opinnäytetyö (AMK)
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tuotantojohtaminen
2012

Riku Kedonpää

PASSIIVIOMAKOTITALON TOTEUTUSSUUNNITELMA

– Tiivistetty opas EPS-harkkorakenteisen
passiivipientalon toteutuksesta



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma | Tuotantojohtaminen

Toukokuu 2012 | 47+4

Ohjaajat Esa Leinonen, Rauli Lautkankare

Riku Kedonpää

PASSIIVIOMAKOTITALON TOTEUTUSSUUNNITELMA

– Tiivistetty opas EPS-harkkorakenteisen passiivipientalon toteutuksesta

Passiivitalon määritelmässä tarkastellaan kolmea kriteeriä: rakennuksen lämmitys- ja primäärienergian tarpeita sekä rakennuksen ilmanvuotolukua. Passiivitalo on pitkäaikaisen ja ammattitaitoisen suunnittelun, äärimmäisen eristyskykyisten rakenteiden sekä laadukkaan toteutuksen summa. Passiivitaloja on rakennettu runsaasti Euroopassa, erityisesti Saksassa. Suomessakin uusien hankkeiden määrä on kasvanut tasaisesti. Jatkuvasti kiristyvät rakennusten energiamääräykset sekä energian hinnan nousu, tekevät siitä huomionarvoisen toteutusratkaisun niin uudis- kuin korjausrakentamisessakin.

Tämä opinnäytetyö käsittelee passiivirakenteisen omakotitalohankkeen tuotannon suunnittelua ja ohjausta sekä laadunvarmistusta. Passiivitalon historiaan, sekä arkkitehti- ja rakennesuunnittelun lähtökohtiin tutustutaan alussa lyhyesti. Seuraavaksi käydään läpi yleiset hankkeen suunnitteluvaiheen kohdat, kuten määrälaskenta, tarjouspyynnöt sekä toteutustapojen vertailu. Tämän jälkeen käydään läpi hankkeen toteutus EPS-harkkorakenteista mallikohdetta apuna käyttäen. Kohteen rakentamista ei ole vielä aloitettu, mutta sen toteutusratkaisut on suunniteltu pienin muutoksin sopimaan lähes kaikkiin pohjaolosuhteisiin ja kaavamääräyksiin. Mallikohteesta laaditaan arkkitehti- ja rakennepiirustukset toisessa opinnäytetyössä.

Työhön on pyritty, sen laajuuden rajoissa, kokoamaan pientalohankkeen oleelliset osat alueet. Niistä käsitellään erityisesti passiivitalon asettamia vaatimuksia normaalitaloon verrattuna, sekä kriittisimpiä työvaiheita ja niiden toteuttamista mallikohteessa. Näin työ toimii myös tiivistettynä oppaana EPS-harkkorakenteista passiiviomakotitaloa suunnittelevalle.

Työn lopputuloksena huomataan, ettei passiivi- ja normaalitalon oikeaoppisessa rakentamisessa ole suuriakaan eroja. Ero normaalitaloon syntyy huolellisesta toteutuksesta sekä pitkäaikaisesta suunnittelu yhteistyöstä kaikkien hankkeeseen osallistuvien kesken. Aikataulujen ja budjetin kireyden vuoksi ei tähän toteutuksen tasoon nykyajan rakentamisessa yleensä kyetä.

ASIASANAT:

passiivitalo, matalaenergiarakentaminen, toteutussuunnitelma

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management

May 2012 | 47+4

Instructors Esa Leinonen, Rauli Lautkankare

Riku Kedonpää

PRODUCTION PLAN OF A DETACHED PASSIVE HOUSE

– A compact guide to the construction of a detached passive house using EPS bars

This Bachelor's thesis deals with the production scheduling, production control and quality management of a detached passive house project. The history of passive houses and the basis for architectonic and structural designing are described briefly.

To qualify as a passive house, the building must meet three criteria relating to the building's need of gross primary energy, heating energy and the building's air leakage figure. A passive house has highly insulating structures and is the result of long-term, professional planning and high-quality execution. In Europe, especially in Germany, many passive houses have already been built. The number of new projects in Finland has also been rising steadily. Ever stricter building regulations and soaring energy costs make passive building a sensible solution in new building as well as in reconstruction.

Sections two and three of the thesis deal with the general steps of the designing phase of a detached house project, such as the composition of a bill of quantities and the invitation for bids as well as comparing different methods of execution. Section four deals with the execution phase of the project by using a model house to be made of expanded polystyrene bars. While not yet initiated, the proposed execution methods have been designed to suit almost every type of soil and to follow varying planning regulations, with only minor changes necessary to the designs. The architectonic and structural drawings for the model house are included as part of another Bachelor's thesis.

The essential subareas of any detached house project are described within the limits of the scope of the thesis. The focus is on the differences between a passive house and a regular house, the most critical work phases of the project and how they are to be executed in the model house. This way the thesis also serves as a compact guide to anyone considering building a passive house out of EPS bars.

As a conclusion, there is little difference between building a passive house and building a normal house properly. The tight budgets and schedules in modern construction make reaching the high-quality execution that is required in passive houses difficult.

KEYWORDS:

passive house, low-energy construction, production plan

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	6
1 JOHDANTO	8
2 PASSIIVITALOSTA LYHYESTI	10
2.1 Historia	10
2.2 Passiivitalon määritelmä	11
2.3 Passiivitalon suunnittelu	13
2.4 Passiivitalon LVIS-tekniikka	15
3 TOTEUTUKSEN VALMISTELU	18
3.1 Kohteesta lyhyesti	18
3.2 Määrälaskenta	19
3.3 Toteutustapojen vertailu	20
3.4 Tarjouspyynnöt	22
3.5 Kustannuslaskenta	23
4 PASSIIVIOMAKOTITALON TOTEUTTAMINEN	25
4.1 Perustukset	25
4.2 Runko ja vesikatto	31
4.3 Ikkunat ja ovet	37
4.4 Yläpohja, väliseinät ja pintarakenteet	38
4.5 LVIS-tekniikka	42
5 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	45

LIITTEET

- Liite 1. Mallikohteen pohjakuva
- Liite 2. Tarjouspyyntö puutavarasta
- Liite 3. Tarjous puutavarasta
- Liite 4. IV-kanavoinnin hahmotelma

KUVAT

Kuva 1. Lämmöntalteenotollisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate.	16
Kuva 2. Karkea kuvaus kylmäsiltojen estämisestä.	26
Kuva 3. Lämpöalapohja esimerkki.	27
Kuva 4. Betonivalua odottava LammiTassu-anturamuuri.	29
Kuva 5. Alapohjan liitos katkaistulla harkolla.	29
Kuva 6. Suojalista ja suodatinkankaan asennus.	30
Kuva 7. Vuotokohtia lämpökamerakuvassa.	32
Kuva 8. Harkon nappulapontit ja terästystä.	33
Kuva 9. Päätyharkkojen käyttö aukkojen kohdalla.	34
Kuva 10. Kattoristikko ja aluspuu.	35
Kuva 11. Päätykolmio valuharkoista.	36
Kuva 12. Ikkunan sijoituksen vaikutuksia.	37
Kuva 13. Hahmotelma finnfoamin asennuksesta.	39
Kuva 14. Mallikuva alaslasketusta katosta tekniikoineen.	40
Kuva 15. Rappauksen rajaus muovilistalla.	41

KUVIOT

Kuvio 1. Passiivisten suojauskeinojen vaikutus viilennystarpeeseen.	14
---------------------------------------------------------------------	----

TAULUKOT

Taulukko 1. Kansainvälisen passiivitalon kriteerit.	11
Taulukko 2. Suomalaisen passiivitalon kriteerit.	11
Taulukko 3. Eri talomallien ohjearvoja.	12
Taulukko 4. EPS- ja puurungon hintavertailu.	21

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

EPS	Expanded PolyStyrene. Paisutettu polystyreenimuovi joka on umpisolulinen, ympäristöystävällinen ja 100 %:sti kierrätettävissä oleva materiaali. Se on kevyttä, myrkytöntä ja sillä on hyvä lämmöneristyskyky. (FinnEPS 2012.)
EPS-valuharkko	EPS:stä valmistettu, harkkomallinen kappale, jonka molemmissa reunoissa on mallista riippuen tietyn paksuinen EPS-eristekerros, ja keskiosassa ontelomallinen rakenne raudoitusta ja betonointia varten.
Fuktisol	Pyöreistä polystyreenisolumuovikuulista bitumilateksiliimalla tehty levy, joka toimii sekä lämmöneristeenä, kapillaarikatkona että salaojittavana materiaalina. (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012j.)
Ilmanvuotoluku	Rakennukseen tunnissa vuotavan ilman määrä suhteutettuna rakennuksen tilavuuteen, kun sisä- ja ulkoilman välille aiheutetaan 50 Pascalin paine-ero. Esimerkiksi ilmanvuotoluku 0,6 1/h tarkoittaa, että vaippa vuotaa tunnin aikana 0,6 kertaa rakennuksen tilavuuden verran. (Tiivistalo 2012.)
Kylmäsilta	Rakenteessa oleva kohta, josta kylmyys pääsee johtumaan ulkoa sisäpintoihin hyvin lämpöä johtavan materiaalin, esimerkiksi vaipan eristekerroksen läpi menevän teräspalkin, avulla.
LTO-kone	Lämmön talteenotolla varustettu ilmastointikone, joka varastoi rakennuksen poistoilman sisältämän lämpöenergian esimerkiksi koneen sisällä pyörivän kennostoon. Kennoston varastoimaa lämpöenergiaa käytetään lämmittämään ulkoa otettua tuloilmaa, jolloin tuloilman lisälämmityksen tarve vähenee ja energiaa säästyy. LTO-koneen hyötysuhde kertoo kuinka paljon poistoilman lämpöenergiasta voidaan siirtää tuloilmaan. Passiivitaloissa hyötysuhteen tulee olla yli 80 %.
Lämpökerroin	Esimerkiksi lämpöpumpuissa käytettävä kerroin, joka kuvastaa käytetystä sähköenergian määrästä syntynyttä lämpöenergian määrää. Esimerkiksi lämpökerroin 3 tarkoittaa, että 1 kWh kulutettua sähköenergiaa tuottaa 3 kWh lämpöenergiaa. (Kuluttaja 2012.)
Matalaenergiatalo	Talomalli jonka lämmitysenergian tarve on aikoinaan ollut puolet normaalitalosta. Nykyajan uudisrakentamisessa matalaenergiatalo on jo yleinen toteutustapa. Lämmitysenergian tarve on noin 40-60 kWh/brm ² vuodessa. (Energiehokas koti 2012a.)

Moduulimitta	Kuvitteellinen liittymismitta, joka perustuu kantamoduulin mitan kerrannaisiin. Suomessa kantamoduuli (M) on 100 mm. Esimerkiksi moduulimitta 3M tarkoittaa 3 × 100 mm eli 300 mm. Moduulimitoituksella pyritään vakioimaan rakennusosien ja tarvikkeiden mittoja sekä vähentämään paikallimitoituksen tarvetta. (Suomi Sanakirja 2012.)
Passiivitalo	Passiivitalon lämmitysenergian tarve on noin viidenneksen normaalitaloon verrattuna. Passiivitalolle on olemassa erilaisia standardeja, joiden vaatimuserot ja mittausmenetelmät eroavat toisistaan, mutta mitattavat kolme kriteeriä (rakennuksen lämmitys- ja kokonaisprimäärienergian tarve sekä ilmavuotoluku) ovat samat. (Energiatehokas koti 2012b.)
Polyuretaani-eriste	Pääosin isosyanaatista, polyolista ja punneaineesta valmistettu solumuovieriste. Se on EPS:n tavoin kevyttä ja ympäristöystävällistä ja omaa hyvän lämmöneristyskyvyn. EPS:n ja avosoluisen PU-eristeen eristyskyky on sama, n. 60 % umpisoluisen PU-eristeeseen verrattuna. (PU-eristeet 2012.)
Rakennuksen vaippa	Kuvaa rakennukselle ulkoilman rasituksilta suojaavaa kerrosta, joka koostuu rakennuksen ala- ja yläpohjasta, vesikatosta sekä ulkoseinistä. (Keppo 2010, 6.)
U-arvo	Rakenteen tai sen osan lämmönläpäisykerroin, joka kuvastaa sen kykyä estää lämpöä läpäisemästä itseään. Mitä pienempi U-arvo on, sitä parempi on rakenteen eristyskyky.

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on käsitellä passiivirakenteisen omakotitalon tuotannon suunnittelua ja ohjausta. Rakennesuunnittelua sivutaan lyhyesti, keskittyen pääasiallisesti hankkeen tuotannollisiin töihin, niiden vertailuun ja laadun valvontaan.

Toteutus ja sen valmistelu käydään läpi rakennushankkeen etenemisen mukaisessa järjestyksessä. Toteutuksen valmistelussa käsitellään varsinaista rakentamisen aloitusta edeltäviä asioita, kuten toteutustapojen vertailua ja kustannusarvion laatimista. Varsinaisessa toteutusosassa käydään läpi passiiviomakotitalon rakennusvaiheet käyttäen apuna EPS-valuharkoista rakennettavaa mallikohdetta. Työ toimii näin tiivistettynä oppaana EPS-harkkorakenteisen passiiviomakotitalon rakentamista suunnittelevalle.

Kohteen arkkitehti- ja rakennekuvat laaditaan osana toista opinnäytetyötä, mutta niistä vain pohjakuva on ollut saatavilla tätä työtä laadittaessa. Kohteelle ei ole vielä työtä laadittaessa valittu tonttia. Varsinainen sijainti varmistuu vasta hankkeen todellisessa toteutusvaiheessa, jota ei kokopäivätoimisen opiskelun vuoksi ole vielä voitu saattaa aluille. Passiivitalo on kuitenkin haastava hanke, jonka suunnittelu tulee aloittaa hyvissä ajoin ennen varsinaista rakentamista.

Kaavamääräysten tai tontin maaperän asettamien tulevien rajoitusten vuoksi kohteen toteutusratkaisut on pyritty suunnittelemaan niin, että ne sopivat yleisimpiin kaavamääräyksiin ja pohjaolosuhteisiin tai ovat niihin pienin muutoksiin helposti sovitettavissa. Esimerkiksi perustusratkaisu on suunniteltu maanvaraisena anturana, mutta se voidaan tarvittaessa paaluttaa. Sokkelin näkyvän osan korkeus on säädettävissä. Yksikerroksinen, suorakaiteen mallinen talo sopii hyvin useimpiin kaavoihin. Katon muoto ja materiaali voidaan tarpeen vaatiessa vaihtaa, sillä varsinaiset kattoristikkosuunnitelmat laatii ristikkotoimittaja. Ulkoseinän pinta voidaan tehdä monella tapaa, kuten rappaamalla, puuverhouksella tai muuraamalla.

Lopputuloksena tulisi syntyä toteutussuunnitelma, jonka avulla hanke voidaan tulevaisuudessa toteuttaa laadukkaasti sekä kustannus- ja energiatehokkaasti.

Tätä työtä oppaana käyttävän tulee muistaa, että pientalon rakennushanke on hyvin laaja ja monimuotoinen, eikä sitä ole mahdollista täysin kattavasti käsitellä yhdellä opinnäytetyöllä. Oman talon rakentaminen on usein elämän tärkein, taloudellisesti suurin, raskain ja ikimuistoisin projekti, eikä siihen siis ole syytä lähteä huonosti valmistautuneena.

Saatavana on paljon kirjallisuutta sekä tarkempaa ohjeistusta jokaisesta hankkeen osa-alueesta joihin tulee tutustua, mikäli passiivitaloa lähtee toteuttamaan. Tämän tyyppinen perehtyminen eri työvaiheisiin on edellytyksenä esimerkiksi rakennuttajan omatoimisen työn laadunvalvonnan suorittamiseksi. Pitää tietää, miltä työnteon ja lopputuloksen kuuluu näyttää, jotta sitä pystyy ohjaamaan oikeaan suuntaan.

2 PASSIIVITALOSTA LYHYESTI

2.1 Historia

Matalaenergiarakentamisesta tuli 1980-luvulla lakisääteinen energiastandardi kaikkiin uusiin rakennuksiin Ruotsissa ja Tanskassa. Tohtori Wolfgang Feist teki aiheeseen liittyvää tutkimustyötä Lundin yliopistossa Ruotsissa professori Bo Adamsonin avustuksella. Feist esitteli tutkimuksiensa pohjalta passiivitaloajatuksen vuonna 1988. Ajatuksena oli rakennus, jonka lämmitysenergian tarve olisi niin pieni, että se voitaisiin tuottaa passiivisesti ilman erillistä lämmitysjärjestelmää. Tarvittava lämpöenergia saataisiin hyödyntämällä rakennuksen sisäisiä lämmönlähteitä, auringon lämpöä ikkunoiden kautta sekä lämmittämällä tuloilmaa. (Feist 2006.)

Ensimmäisen passiivitalon rakentamista varten perustettiin työryhmä, joka Hessenin talous- ja teknologiaministeriön avustuksella toteutti kahdeksan eri projektia, joista jokaisessa kokeiltiin jotain passiivitalon rakentamiseen liittyvää ratkaisua. Nämä projektit koottiin yhdeksi kokonaisuudeksi Saksaan, Hessenin osavaltioon, Darmstadin kaupunkiin, Kranichsteinin kaupunginosaan vuonna 1991 valmistuneessa, maailman ensimmäisessä passiivitalossa. Kohteeseen asennettiin rakentamisen aikana useita tallentavia mittalaitteita, joiden avulla lämmön- ja energiankulutusta voitiin tulevaisuudessa seurata. (Feist 2006.)

Feist laati Kraninichsteinin passiivitalon pohjalta tutkielman "Passive Houses in Central Europe" vuonna 1993, jossa tietokonesimulaatioilla selvitettiin rakennuksen energiatasapainoa. Tutkielmasta kävi ilmi, että pelkkä lämmitysenergian tarpeen optimointi ei ollut riittävää, vaan koko rakennuksen energiankulutus tulee optimoida. Muutoin esimerkiksi paljon hukkalämpöä tuottavilla sähkölaitteilla, kuten hehkulampuilla, saataisiin lämmitysenergian tarve pysymään alhaisena, mutta kokonaisprimäärienergian tarve kasvaisi. (Feist 2006.)

2.2 Passiivitalon määritelmä

Passiivitalo määritellään rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeen, tilojen lämmitysenergiantarpeen sekä mittausperusteisen rakennuksen ilmanvuotoluvun mukaan. Näistä kriteereistä on olemassa kansainväliset raja-arvot (taulukko 1), mutta näiden arvojen saavuttaminen Euroopan pohjoisemmissa osissa johtaisi suhteettoman suuriin ulkoseinärakenteisiin ja rajoitettuihin ikkunapinta-aloihin. (Lylykangas & Nieminen 2012c.)

Taulukko 1. Kansainvälisen passiivitalon kriteerit (Lylykangas & Nieminen 2012c).

Tilojen lämmitysenergiantarve	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Kokonaisprimäärienergiantarve	$\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Ilmavuotoluku n50	$\leq 0.6 \text{ 1/h}$

Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa on tästä johtuen muodostettu omat, kansalliset passiivitalomääritelmät (taulukko 2). Nämä määritelmät pyrkivät paremmin huomioimaan pohjoisen ilmaston aiheuttamat haasteet passiivitalorakentamisessa. (Lylykangas & Nieminen 2012c.)

Taulukko 2. Suomalaisen passiivitalon kriteerit (Lylykangas & Nieminen 2012c).

	Etelärannikko	Maan keskiosat	Pohjoisosat
Lämmitysenergiantarve	$\leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Kokonaisprimäärienergiantarve	$\leq 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 135 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$\leq 140 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
Ilmavuotoluku n50	$\leq 0.6 \text{ 1/h}$	$\leq 0.6 \text{ 1/h}$	$\leq 0.6 \text{ 1/h}$

Lisäksi kansainvälisessä passiivitalon määritelmässä pinta-alana käytetään niin sanottua ”nettolattiapinta-alaa”, jossa ei huomioida mitään kiinteitä rakenteita, kuten tulisijoja, kiintokalusteita ja väliseiniä. Kansainvälinen määritelmä edellyttää lisäksi, että energiantarpeen laskenta suoritetaan aina Excel-pohjaisella PHPP-ohjelmalla (engl. Passive House Planning Package). Suomalaisen passiivitalon määritelmän pinta-alana käytetään sen sijaan lämmitettävää brutto-

alaa, joka lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman (RT 12-10277) ohjeistuksen mukaan. Laskentaohjelman valinta on vapaa, mutta energiaselvitys pitää laatia rakennusvalvonnan ohjeistuksen mukaan. (Lylykangas & Nieminen 2012c.)

Passiivitalon kriteereitä on enemmän, ja ne ovat huomattavasti tiukemmat kuin matalaenergia- ja normaalitaloissa. Passiivitalon rakenneosille ei ole olemassa varsinaisia U-arvovaatimuksia, kunhan aiemmin mainitut kriteerit täyttyvät. Taulukossa 3 on esitetty suuntaa-antavia ohjearvoja erilaisille talomalleille.

Taulukko 3. Eri talomallien ohjearvoja (Energiatehokas koti 2012c).

Vaipanosten vertailuarvot	Normitalo 2008	Normitalo 2010	Matalaenergia-talo	Passiivitalo
Seinä (W/m ² ,K) Hirsiseinä (W/m ² ,K)	0,24	0,17 0,40	0,15-0,17	0,10-0,13
Yläpohja (W/m ² ,K)	0,15	0,09	0,10-0,15	0,06-0,08
Alapohja (W/m ² ,K) - maanvarainen - ryömintätilaan rajoittuva - ulkoilmaan rajoittuva	0,24 0,19 0,15	0,16 0,17 0,09	0,15 0,12 0,12	0,10-0,12 0,08-0,10 0,08-0,10
Ikkunat ja ovet (W/m ² ,K)	1,4	1,0	1,0	0,4-0,7
Ilmanpitävyys, n ₅₀ -luku (1/h)	4,0	2,0	<1,0	<0,6
LTO-laitteen vuosihyötysuhde	30 %	45 %	>70 %	> 80 %
Ilmanvaihdon ominaissähköteho (kW/m ³ ,s)	<2,5	<2,5	<2,0	<1,5

Energiankulutus	Normitalo 2008	Normitalo 2010	Matalaenergia-talo	Passiivitalo
Huoneiltojen lämmitys (kWh/m ² ,a)	25-50	100-110	26-50	15-25
Lämmin käyttövesi (kWh/m ² ,a)	30	30	20-25	20-25
Laitesähkö (kWh/m ² ,a)	25-35	25-35	30-35	25-35
Energiatodistuluokka	C-D	B	A	A
Kokonaisenergiankulutus	XXX	160-175	78-115	60-86

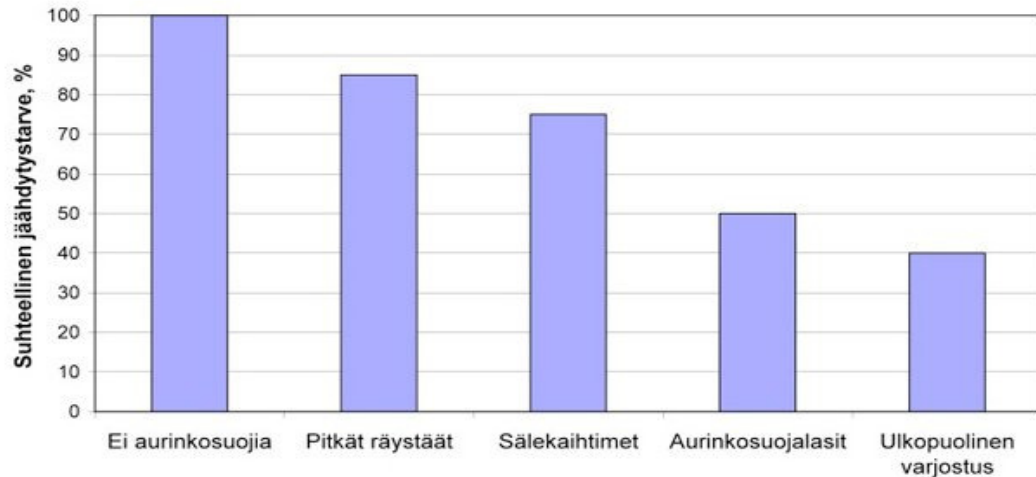
2.3 Passiivitalon suunnittelu

Kun lähdetään toteuttamaan passiivitaloa, on kaikkien hankkeeseen osallistuvien eli suunnittelijoiden, rakennuttajan sekä toteuttavan tahon ymmärrettävä passiivitalon asettamat lisävaatimukset muihin talomalleihin nähden ja sitouduttava toimimaan omassa työssään niin, että ne voidaan saavuttaa. Monet hankkeet ovat osoittaneet sen, että päätös passiivitalon toteutuksesta on syytä tehdä jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Myöhemmin tehty päätös johtaa usein siihen, että energiatehokkuusvaatimukseen on enää vaikea yltää ja hanke epäonnistuu helposti. (Lylykangas & Nieminen 2012a.)

Passiivitalon suunnitteleminen luo arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun uusia haasteita. Energiatehokkaan talon parhaita edellytyksiä ovat yksinkertaiset muodot ja rakenteet, jotka toteutetaan esimerkiksi kulmia minimoimalla. Tämä helpottaa suunnittelua, mutta nostaa rakenteiden toimivuuden, kuten kylmäsiltojen syntymisten ehkäisyn, entistä suurempaan rooliin. Monimutkaisetkaan muodot eivät ole pois suljettuja, mutta vaativat vieläkin huolellisempaa suunnittelua ja toteutusta, sillä jokainen ylimääräinen kulma tai liitoskohta lisää kylmäsilta- ja lämpövuotoriskiä. (Lylykangas & Nieminen 2012b.)

Kaavamääräysten rajoissa tehtävällä talon asemoinnilla on myös vaikutusta energiatehokkuuteen. Ikkunoiden sijoittaminen ja koon suunnittelu kyseisen huoneen vaatimustason mukaan sekä suurimpien ikkunapinta-alojen suuntaaminen etelään lisäävät asumismukavuutta, mutta eivät pohjoisissa olosuhteissa tarjoa suurta energiahyötyä, sillä lämmityskausi on usein hyvin valotonta aikaa.

Sitä vastoin puutteellisella aurinkosuojuuksella varustettu, suuri ikkunapinta-alainen eteläpuoli voi aiheuttaa passiivitalon liikalämpenemistä kesällä. Tämä taas johtaa energiankulutuksen nousuun, koska joudutaan turvautumaan koneelliseen viilennykseen. Tähän ongelmaan on olemassa monia ratkaisuja (kuvio 1). Hyvällä suunnittelulla koneellisen viilennyksen tarve voidaan Suomen olosuhteissa eliminoida kokonaan. (Lylykangas & Nieminen 2012b.)



Kuvio 1. Passiivisten suojauskeinojen vaikutus viilennystarpeeseen (Lylykangas & Nieminen 2012b).

Lisäksi liikalämpenemistä voivat aiheuttaa lattialämmitys, kevyt tulisija tai jopa saunan kiuas. Näihinkin on olemassa ratkaisuja, jotka estävät liikalämpenemisen. Massiivinen varaava takka luovuttaa lämpöä tasaisemmin kuin kevyt tulisija. Vesitakka ja -kiuas hyödyntävät syntyneitä lämpöenergiaa rakennuksen käyttöveden lämmittämiseen. Lattialämmityksen asentaminen koko asunnon sijaan vain märkätiloihin ja neliöteholtaan pienemmän kaapelin käyttäminen ehkäisevät myös liiallisten lämpökuormien syntymistä.

Jotta valmis passiivitalo täyttäisi sille asetetut kriteerit ja sen rakenteet toimisivat niin kuin pitää, tulee kaikkien eri suunnittelijoiden sekä myös toteuttavan organisaation alusta asti keskustella ja kertoa omia näkemyksiään toteutuksen mahdollisista ongelmista sekä oman työnsä laadun varmistamisen edellytyksistä. Esimerkiksi LVIS-suunnittelijoiden tulee esittää omat rakenteelliset toivomuksensa hyvissä ajoin ennen varsinaista rakentamisen aloitusta, jotta arkkitehti tietää ottaa ne huomioon tulevassa suunnittelussa tai tehdä muutoksia aiempiin suunnitelmiin. Rakennuttajan rooli korostuu tässä asiassa, sillä mitä aikaisemmassa vaiheessa hän on varmuudella saanut valittua ainakin valtaosan toteutusratkaisuista ja materiaali- sekä kalustovalinnoista, sitä paremmin ne voidaan suunnitteluvaiheessa huomioida ja saada toimimaan yhtenä kokonaisuutena parhaiten.

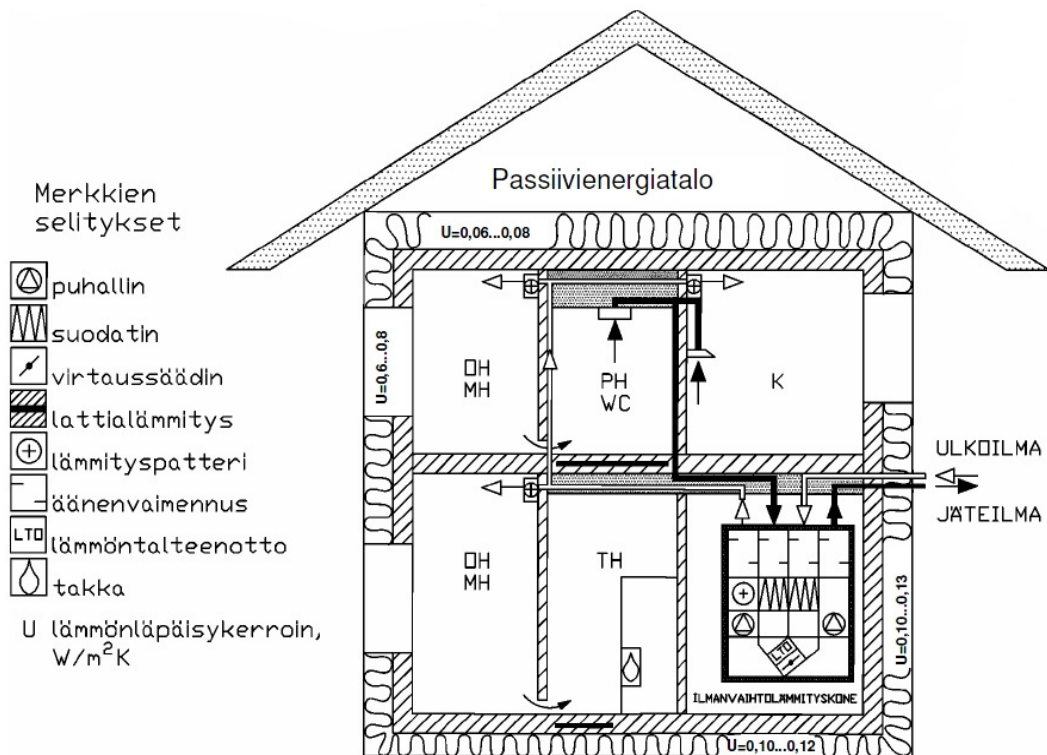
2.4 Passiivitalon LVIS-tekniikka

Koska passiivitalo on Suomessa vielä suhteellisen uutta ja innovatiivista, sorruutaan tämän innostamana etenkin talotekniikan kohdalla usein liiallisuuksiin ja unohdetaan, että koko passiivitalon ajatus pohjautuu yksinkertaisiin, huolella toteutettuihin ratkaisuihin. Kun passiivitalon ulkovaippa toteutetaan oikein, päästään tavoitteeseen eli vähän lämpöenergiaa vaativaan taloon. Huolellisesti asennetut, tavallista paremmat ja paksummat lämmöneristeet, sekä minimoidut ilmapuotokohdat pitävät lämmityskustannukset alhaisina. Asetelma on siis täysin päinvastainen kuin normaalitalossa, jossa energiaa kuluu enemmän ja kustannukset nousevat. (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012j.)

Jos esimerkiksi normaalitalon lämmityskustannuksissa voidaan vaihtoehtoisella, aloituskustannuksiltaan 10 000 € kalliimmalla lämmitysjärjestelmällä säästää vuodessa 1000 €. Yksikertainen laskutoimitus $10\,000\text{ €} / 100\text{ €/a} = 10\text{a}$, paljastaa että tämä vaihtoehto maksaa itsensä takaisin 10 vuoden kuluessa, jonka jälkeen se alkaa säästää selvää rahaa joka vuosi. Jos passiivitaloon, jonka lämmityskustannukset ovat viidenneksen normaalitalon kustannuksista, hankitaan samanlainen lämmitysjärjestelmä, on säästö vuodessa $1000\text{ €/a} \times 0,2 = 200\text{ €/a}$. Tällöin 10 000 € lisäsjöituksen takaisinmaksuun kuluisi $10\,000\text{ €} / 200\text{ €/a} = 50\text{a}$, eli 50 vuotta. Vertailu ei ole täysin kattava, mutta se antaa hyvän kuvan siitä, miten passiivitalon lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa on asiaa lähestyttävä aivan eri näkökulmasta kuin normaalitalossa.

Koska passiivitalon lämmitysenergian tarve on hyvin pieni, ei erillistä lämmitysjärjestelmää tarvita ja jäljelle jäävä lämmitystarve voidaan hoitaa ilmanvaihtolämmityksellä. Muidenkin lämmitysmuotojen käyttö on silti mahdollista. (Lylykangas & Nieminen 2012d).

Ilmanvaihtojärjestelmiä vertailtaessa lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihtokone eli LTO-kone (kuva 1), jonka lämpökerroin maantieteellisestä alueesta riippuen voi olla 5–11, on ilmalämpöpumppua (lämpökerroin 2,5) energiatehokkaampi valinta passiivitaloon. (Saari 2006, 17.)



Kuva 1. Lämmöntalteenotollisen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate (Saari 2011, 15).

Tulo- ja poistoilmakanavien lämpöhäviöiden sekä home- ja kosteusongelmien välttämiseksi kanavat asennetaan kulkemaan lämpimissä sisätiloissa höyrystulun sisäpuolella. Tämä ratkaisu vähentää lisäksi höyrystulun lävistysten tarvetta ja vaipasta tulee tiiviimpi. (Saari & Laine 2009, 40.)

Erillisen lämmitysjärjestelmän tarpeettomuus koskettaa myös lattialämmitystä, sillä passiivitalon vaatima lämmöntarve on niin alhainen, että lattialämmitys kytkeytyy harvoin päälle. Kivipohjainen lattiapinta aiheuttaa kuitenkin kylmyyden tunnetta jaloissa, mutta hyvällä suunnittelulla tämä voidaan ehkäistä. (Malander 2012a.) Esimerkiksi puu, korkki ja linoleumi tuntuvat jalkapohjassa lämpimältä, vaikka lattialämmitystä ei olisikaan, ja sopivat siksi hyvin lattian pintamateriaaleiksi (Saari & Laine 2009, 26).

Kivipohjaisia lattiapintoja on kuitenkin märkätilojen lisäksi usein WC-tiloissa ja kodinhoituhuoneissa. Jotta kivilattian pinta tuntuisi lämpimältä, tulisi lattian lämpötilan olla useita asteita huonelämpötilaa korkeampi ja tämä lisäisi viilennystarvetta passiivitalossa. Siitä syystä passiivitalon märkätiloissa käytettävän mukavuuslattialämmityksen lämpötilan tulisi olla vain asteen verran huoneen lämpötilaa suurempi. (Saari & Laine 2009, 26–27.) Mukavuuden lisäksi lattialämmitys märkätiloissa edesauttaisi kosteuden haihtumista pois seinä- ja lattiapinnoilta suihkun ja saunomisen jälkeen.

3 TOTEUTUKSEN VALMISTELU

3.1 Kohteesta lyhyesti

Luvussa kerrotaan lyhyesti opinnäytetyössä käytettävästä mallikohteesta. Kaikkien rakennusvaiheiden tarkemmat toteutustavat, niitä tukevat kuvat, sekä valintaperusteet on esitetty kohdissa 4.1–4.5.

Mallikohde on yksikerroksinen, passiivirakenteinen omakotitalo, jossa on 5h + k + r + khh + s ja sen huoneistoala on 203 m² (liite 1).

Perustusratkaisuna toimii lämmin tuulettuva alapohja. Pohjalaatta on onteloraakenteinen. Sokkeli- ja runkomateriaalina toimii 450 mm leveä Malander EPS-valuharko, jonka keskellä on 150 mm:n ontelotila betonivalulle ja raudoitukselle, joista muodostuu kantava ulkoseinä, sekä 150 mm EPS-eristettä molemmilla sivuilla. EPS-harkko ei vaadi erillistä höyrysulkua. Harkon ulkopinta rapataan ja sisäpintaan kiinnitetään kipsilevy saneerauslaastin avulla, jonka jälkeen seinä tasoitetaan ja maalataan tai tapetoidaan huoneesta riippuen.

Kattoristikkoina käytetään tehdasvalmisteisia NR-harjakattoristikoita ja vesikatteen pintamateriaalina on pelti. Yläpohjan höyrysulku toteutetaan kattotuolin alapaarteisiin kiinnitetyllä Finnfoam-levyllä, joka toimii samalla lisäeristeenä ja tukena yläpohjan puhallusvillalle. Finnfoamin alapuolelle tehdään koolaukset ja mahdolliset alaslaskut sisäkaton panelointia tai kipsilevytystä varten, joka sen jälkeen tasoitetaan ja sumutetaan.

Lattiamateriaalina asuinhuoneissa on parketti. Suihku- ja WC-tilojen lattiat ja seinät, sekä kodinhoituhuoneen ja saunan lattiat vesieristetään ja laatoitetaan. Saunan katto, seinät sekä kodinhoituhuoneen, suihku- ja WC-tilojen katot paneloidaan.

Kohteen lämmitys hoidetaan LTO-koneen avulla, mutta saunaan, WC-tiloihin ja kodinhoituhuoneeseen asennetaan sähköinen mukavuuslattialämmitys.

Kohteeseen tullaan todennäköisesti rakentamaan myös autotalli katoksella ja varastotilalla. Ne ja piharakenteet jätetään tämän opinnäytetyön ulkopuolelle, koska niillä ei ole olennaista merkitystä passiivitalon rakentamisen kannalta.

Kuitenkin on muistettava, että autotallin lämmityksen vaatima energia tulee huomioida tilojen lämmitysenergian ja rakennuksen kokonaisprimäärienergian tarpeessa. Jos siis autotallista halutaan tehdä puolilämmin tila, on myös sen runko syytä toteuttaa passiivisena, jotta energiantarve ei nouse liian isoksi. Yhtä suurille eristevahvuuksille kuin itse asuinrakennuksessa, ei ole tarvetta, sillä puolilämpimän tilan huoneenlämpö on vuodenajasta riippuen 5–17 °C.

3.2 Määrälaskenta

Kun kohteesta on saatu laadittua vähintään luonnosvaiheen arkkitehtisuunnitelmat, saadaan niistä laskettua alustavia rakenneosien määriä, kuten pinta-aloja, kappalemääriä ja pituuksia. Määrien tarkkuus riippuu suunnitelmien lopullisuudesta. Jos kyseessä on vasta varhainen luonnos, jossa esimerkiksi väliseinien paikat ja huoneiden määrät saattavat vielä muuttua, voivat ne aiheuttaa suuriakin muutoksia lopullisiin määriin ja sitä kautta kustannuksiin. Mikäli osamista löytyy, voidaan esimerkiksi seinä- ja lattiapinta-alat laskea helposti sähköisessä muodossa olevista piirustuksista piirustusohjelmien avulla, mutta ne voidaan yhtä hyvin laskea piirustusten paperiversioista suhdeviivaimen kanssa.

Lasketut määrät kootaan yhteen määräluetteloksi, josta käy ilmi kaikki hankkeen rakenneosat jaoteltuna omiksi suorite-, yksikkö- ja määräkokonaisuuksiksi, tietyn laskentaohjeen perusteella. Määräluettelon laatimiseksi on olemassa useita eri määrälaskentaohjeita, kuten TALO-80- ja TALO-90-nimikkeistöt, joissa perusajatus on sama, mutta rakennusosien ja suoritteiden jaottelu on hieman toisistaan poikkeavaa. Laskentaohjeiden tarkoituksena on tarjota yhtenäinen ohjeistus kaikkiin talonrakennushankkeisiin määräämällä millaisiin kokonaisuuksiin eri määrät jaotellaan, millaisin suurein mitäkin osaa mitataan ja mitä määriä niistä voidaan mahdollisesti vähentää tai lisätä. Laskentaohje ei kuiten-

kaan ole sopimusteknisesti sitova, ellei siihen sopimusasiakirjoissa erikseen viitata. (Talo-80-ryhmä & Rakentajain Kustannus Oy 1989, 7–8.)

Jos hankkeen rakenneratkaisuista (maanvarainen pohjalaatta, puurakenteinen runko, tiilikatto ja niin edelleen) ollaan varmoja, tulisi määrälaskentaa aloittaessa olla käytössä vähintään pääpiirustustasoiset suunnitelmat sekä täydellinen rakennustapaselostus (Talo-80-ryhmä & Rakentajain Kustannus Oy 1989, 10). Kun eri toteutustapoja halutaan vielä vertailla, varhaisista luonnoskuvistakin saadaan hyvin suuntaa antavat määrät eri toteutustapojen ajallisen ja kustannuksellisen vertailun pohjaksi.

Määräluettelon määrät toimivat haluttaessa pohjana tarjouspyynnöille eri materiaaleista ja työsuorituksista. Tarjouspyyntö voidaan myös esittää liittämällä pyyntöön tarjouksen tekemiseen tarvittavat piirustukset, josta tarjouksen tekijä itse laskee tarvittavat määrät.

3.3 Toteutustapojen vertailu

Erilaisia rakennusmateriaaleja ja toteutustapoja on nykypäivänä erittäin paljon ja niitä voidaan yhdistellä monin eri tavoin. Hyvin harvoin on olemassa vain yhtä oikeaa ratkaisua, ja näkemuserot eri ratkaisuista voivat olla jyrkkiä jopa saman alan asiantuntijoiden keskuudessa.

Kaavamääräykset, budjetti ja toisiinsa sopimattomat ratkaisut asettavat tiettyjä rajoitteita, mutta rakennushankkeeseen ryhtyvällä on silti paljon valinnanvaraa ja on pitkälti itsestä kiinni, millaisesta lähtökohdasta hanketta lähtee toteuttamaan. Hankkeen suunnittelun lähtökohdana voivat toimia esimerkiksi rakennusmateriaalien ekologisuus, valmiin kohteen arkkitehtuurinen erikoisuus, elementtiratkaisut rakentamisen nopeuttamiseksi tai arvokkaat pintamateriaalit sisätiloissa. Pitää kuitenkin muistaa, että usein hyvä ja edullinen eivät kohtaa, eli mahdollisimman pienellä budjetilla toteutettavaan kohteeseen on vaikea sovittaa korkealaatuisia lämmöneristeitä ja kalliita pintamateriaaleja. Jostain joudutaan yleensä tinkimään.

Toteutustapoja vertailemalla voidaan näiltä kompromisseilta mahdollisesti välttyä. Jos vaikka rakennusmateriaali itsessään onkin kallista, voivat sen muut edut tuoda suuriakin kustannussäästöjä työajan lyhentymisestä, rakenteen pitkäaikaisen toimivuuden parantumisesta tai muun materiaalin tarpeen vähenemisestä johtuen.

Ratu aikataulukirja 2008 sisältää laajan määrän eri rakennusvaiheiden työsuoritteiden kestoja eli työmenekkejä (tth/yksikkö). Lisäksi tietyn työn menekit eri materiaaleja käyttäen on eritelty, esimerkiksi rakennuksen rungon pystyttämisen työmenekki puurakenteiselle, elementtirakenteiselle tai muuratulle ulkoseinälle. (Mäki & Koskenvesa 2007, 6.)

Taulukon 4 esimerkkilaskelmassa käytetään määränä mallikohteen ulkoseinän pinta-alaa 188 m², vertaamaan EPS- ja puurakenteisen ulkoseinän työ- ja materiaalikustannuksia keskenään. Vertailussa ei ole tarkasteltu sisä- tai ulkopintojen materiaaleja, vaan ainoastaan rungon kantavia osia sekä lämmöneristystä, koska niiden työmenekit ja materiaalihinnat eroavat olennaisesti toisistaan.

Taulukko 4. EPS- ja puurungon hintavertailu.

	Tarve	Työ			Aine			
		määrä	yks	€/h	h / m ²	€/yht	€/ yks	€/ yht
Mallikohteen ulkoseinä EPS-valuharkosta U = 0,09W/m ²	EPS-harkko 450mm + mittaus	188	m ²	40	0,4	3008	65,5	12314
	Raudoitus	460	kg	40	0,05	376	0,88	404,8
	Betonointi	23	m ³	40	0,2	1504	130	2990
	PUR-liima	50	pkt	40	0,05	376	17	850
				Työ		5264	Aine	16559
							Yht. €	21823
Isoverin passiivulkoseinä malli 2 U = 0,10W/m ²	Tuulensuojavillalevy 60mm	188	m ²	40	0,03	225,6	14,5	2726
	TS saumateippi	320	jm	40	0,01	75,2	1,25	400
	Ala- ja yläpuut 198x48 + mittaus	128	jm	40	0,19	1428,8	4,2	537,6
	Puurunko 198x48 k600	320	jm	40	0,18	1353,6	4,2	1344
	Villa isover KL-33 200mm	188	m ²	40	0,08	601,6	17	3196
	Höyrysulkumuovi	187	m ²	40	0,01	74,8	0,7	130,9
	Lisäkoolaus 100x50mm	320	jm	40	0,17	1271,6	1,89	604,8
Lisävilla isover KL-33 100mm	187	m ²	40	0,07	523,6	8,15	1524,05	
				Työ		5555	Aine	10463
							Yht. €	16018

Kaikki hinnat sis. Alv 23%

Työmenekit Ratu aikataulukirja 2008

Puutavaran hinta www.puukeskus.fi

Muut materiaalit www.taloon.com

Lopputuloksesta nähdään, että puurunkorakenne on huomattavasti valuharkkoa edullisempi. On kuitenkin otettava huomioon, että puurunkoisen seinän U-arvo on valmiiksi valuharkkoa huonompi. Lisäksi harkolla saadaan tiivis ja kylmäsiilaton rakenne aikaiseksi varmemmin, varsinkin jos puurunko tehdään paikalla rakentaen eikä elementeistä. Harkkoja on myös kevyempi käsitellä, rakentaminen vaatii vähemmän työkaluja eikä niistä synny työstettäessä pölyä kuten puusta ja villasta.

Monet eri asiat siis vaikuttavat lopulliseen hintaan ja lopputulokseen, eikä kumpikaan vaihtoehto välttämättä ole toista selvästi parempi. Huonolla työn laadulla mikä tahansa vaihtoehto jää vajavaiseksi ja aiheuttaa todennäköisimmin ongelmia jossain rakennuksen käyttövaiheessa. Siksi on tärkeää vertailla myös työn toteuttavia osapuolia keskenään. Urakkakilpailutus on yksi tällainen tapa ja edellä mainitun taulukon tyyppisellä omalla vertailulla saa hyvää käsitystä siitä minkä suuruisia tarjouksien tulisi olla, jotta ei tule maksaneeksi liian kovaa hintaa.

Myös omat kontaktit kannattaa ottaa harkintaan; jos lähipiiristä löytyy taitava ja luotettava kirvesmies, joka saa puutavarasta ihmeitä aikaan, on puurunkoratkaisu todennäköisimmin parempi vaihtoehto kuin tuntemattoman urakoitsijan suorittama valuharkkorunkourakka. Jos taas itsessä on pientä nikkarin vikaa saa valuharkkoista, joita on kevyttä käsitellä yksinkin, varmasti parempaa tee-se-itse-laatua kuin yrittämällä samaa puutavaran kanssa.

3.4 Tarjouspyynnöt

Tarjouspyyntöjä voidaan esittää työsuorituksesta (urakasta), materiaalista tai molemmat sisältävästä kokonaisuudesta eli kokonaisurakasta. Kirjallinen tarjouspyyntö on yleensä yhden A4-sivun pituinen, ja siitä käy ilmi esittäjän yhteystiedot, millaisesta työstä, materiaalista tms. tarjous halutaan sekä kuinka paljon niitä tarvitaan (liite 2). Urakkatarjouspyynnön liitteeksi tulee myös toimittaa rakennustapaselostus ja piirustuksia tarjouspyyntöä tarkentamaan.

Monella toimittajalla ja urakoitsijalla on lisäksi olemassa verkkosivut, joiden kautta tarjouspyyntöjä voi esittää. Niitä on monenlaisia ja pyyntöön vaadittavat tiedot vaihtelevat suuresti. Tarjouksia voi työkalu- ja materiaalihankinnoissa pyytää myös suullisesti esimerkiksi kaupassa asioidessa ja saada tarjouksen heti.

Tarjouspyyntöjä ja tarjousten pohjalta tehtyä hintavertailua voi harvoin tehdä liikaa. Kuitenkin on hyvä miettiä, missä menee raja: jos tarvitset yhden paketin ruuveja, jotka maksavat arviolta 20 €, on varmasti kustannustehokkaampaa hakea ne lähimmästä rautakaupasta kuin suorittaa tarkempaa, ½–1 tunnin mittaista hintavertailua eri kauppoihin soittamalla ja säästää korkeintaan muutama euro.

Tärkeimpiä tarjouspyyntö-kohteita ovat materiaalikustannuksiltaan suurimmat rakennusosat, kuten runkotavara, pintamateriaalit (parketti, laatta, luonnonkivi), kattorakenteet ja lämmöneristeet (EPS, PU, lasi- ja puhallusvilla). Saatujen tarjousten (liite 3) pohjalta voidaan aloittaa toteutustapojen vertailu tai käyttää saatuja tarjoushintoja aiempien vertailujen päivittämiseksi.

3.5 Kustannuslaskenta

Alustavaa kustannuslaskentaa voidaan tehdä jo määräluettelon laadinnan yhteydessä käyttämällä hintoja tavarantoimittajien verkkosivuilta tai kuvastoista, sekä siihen mennessä tiedossa olevista tarjouksista tai suhteiden kautta saaduista hinnoista. Näin saadaan suuntaa antava kustannusarvio, joka antaa käsitystä hankkeen kokonaiskustannuksista, joiden pohjalta voidaan arvioida tarvittavat sekä saatavilla olevat rahoitusmahdollisuudet. Tämä voi muun muassa tarkoittaa pankinjohtajan kanssa käytävää neuvottelua mahdollisuudesta saada tarvittava lainasumma.

Saatavilla on lisäksi erilaisia kokoelmia, joihin on koottu eri rakennustuotteiden hintoja. Esimerkkinä voidaan mainita ”Rakentamisosien kustannuksia” -kirja, josta Rakennustieto Oy julkaisee päivitetyn version vastaamaan kunkin vuoden kustannustasoa. Siitä löytyy eri rakennusosien laskennallisia kustannuksia ylei-

simmistä rakennustyypeistä, eriteltyinä työ- ja materiaalipanoksiin. Kokonaisuuksien jäsentely perustuu vuosikerrasta riippuen eri TALO-nimikkeistöihin, joten siitä on sujuvaa etsiä hintatietoja saman nimikkeistön mukaan laaditulle määräluettelolle. (Rakennustieto Oy 2011, 6–7.)

Kun tarjouspyynnöt on lähetetty, tarjoukset saatu ja toteutusratkaisut, tekijät sekä toimittajat valittu, voidaan näiden hinnat siirtää määräluetteloon tai päivittää aiempaan kustannusarvioon ja saada aikaan tarkka kustannusarvio koko hankkeesta. Tämä arvio tulee toimimaan piirustusten ja muiden suunnitelmien tavoin pohjana hankkeen toteutukselle ja siihen sitoutuminen kannattaa aina, sillä se on parhaimpia tapoja pitää hankkeen kustannukset kurissa.

Tämän tarkennetun kustannusarvion kanssa voidaan lähteä hakemaan hankkeelle rahoitusta. Mitä huolellisemmin arvio on laadittu, sitä paremmat edellytykset on pysyä arvion rajoissa hankkeen aikana. Samalla vältetään myös lisärahoituksen tarve. Kustannuskehitystä seurataan läpi rakennushankkeen litteroimalla, eli kohdistamalla syntyneet laskut niille kuuluviin kokonaisuuksiin eli litteroihin kustannusarviossa. Näin pystytään seuraamaan kustannusten kehitystä sekä reagoimaan ja ehkäisemään mahdollisia ylityksiä eri litteroissa. (Keppo 2003, 54–55.)

4 PASSIIVIMAKOTITALON TOTEUTTAMINEN

Tämän osion luvuissa käydään läpi passiivimakotitalon eri rakennustyövaiheet. Jokaisen luvun alussa käsitellään kyseisen työvaiheen olennaisimpia asioita sekä niiden eroavaisuuksia passiivi- ja normirakentamisen välillä. Tämän jälkeen kerrotaan, miten kyseiset työvaiheet on työn mallikohteessa suunniteltu toteutettavaksi.

4.1 Perustukset

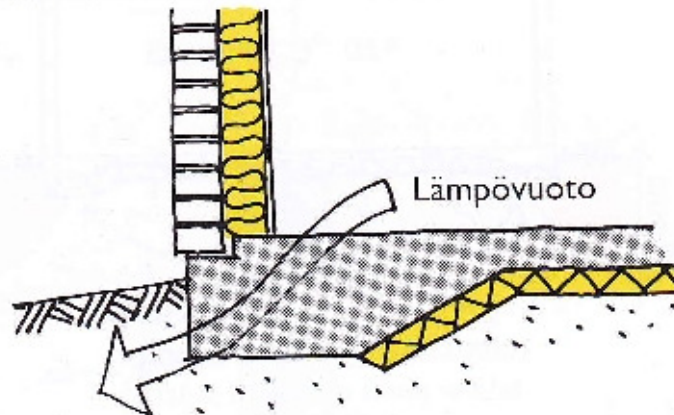
Perustukset antavat nimensä mukaisesti pohjan koko rakennukselle, ja niillä on viisi tärkeää tehtävää:

1. Pysyä tukevasti paikoillaan maaperän muutoksista huolimatta, muodostaen tukevan alustan rakennukselle.
2. Estää homeen ja lahon syntyä, rakenteiden halkeilua ja eristysten heikkenemistä suojaamalla rakenteita kosteudelta.
3. Suojata taloa kylmyydeltä lämmöneristeiden avulla.
4. Omalta osaltaan vaikuttaa rakennuksen ulkonäköön ja toimivuuteen esimerkiksi auttamalla maaperän korkeuserojen tasoittamisessa.
5. Suojata rakennuksen sisätiloja maaperästä vapautuvaa radonia vastaan. (Hemgren 1998, 13.)

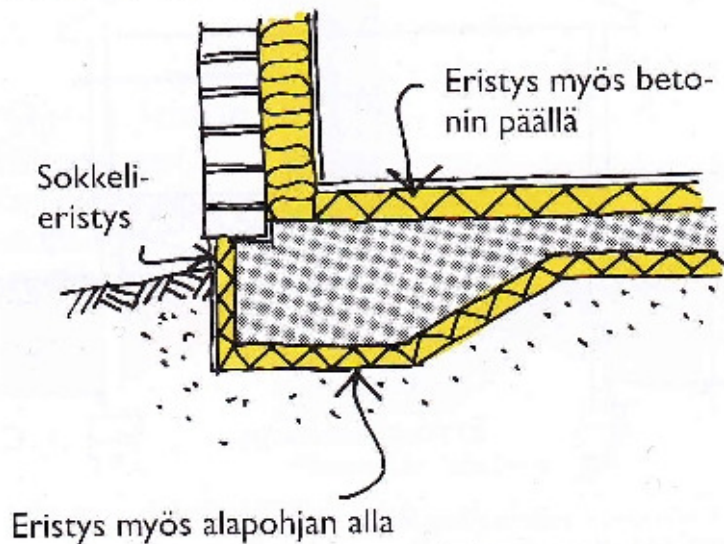
Passiivitalon perustuksia suunniteltaessa ja toteutettaessa energiakulutuksen näkökulmasta tärkeintä on kylmäsiltojen syntymisen estäminen. Kylmäsiltojen estämistä on havainnollistettu kokemattomampia rakentajia ajatellen kuvassa 2.

Passiivitalon rakentaminen ei rajoita perustustaparatkaisua, mutta saattaa asettaa tietyille ratkaisuille lisävaatimuksia. Esimerkkinä maanvarainen laatta, jossa talon alapuoleinen maakerros pysyy normaalitaloissa sulana alapohjan kautta vapautuvan lämmön ansiosta. Kun maanvarainen laatta tehdään passiivitalon vaatimukset täyttävästi, alapohjan lämpövuodot jäävät niin pieniksi, että myös talon alapuoli pitää routaeristää. (Nieminen ym. 2012, 12.)

Ei näin...



Tee sen sijaan näin

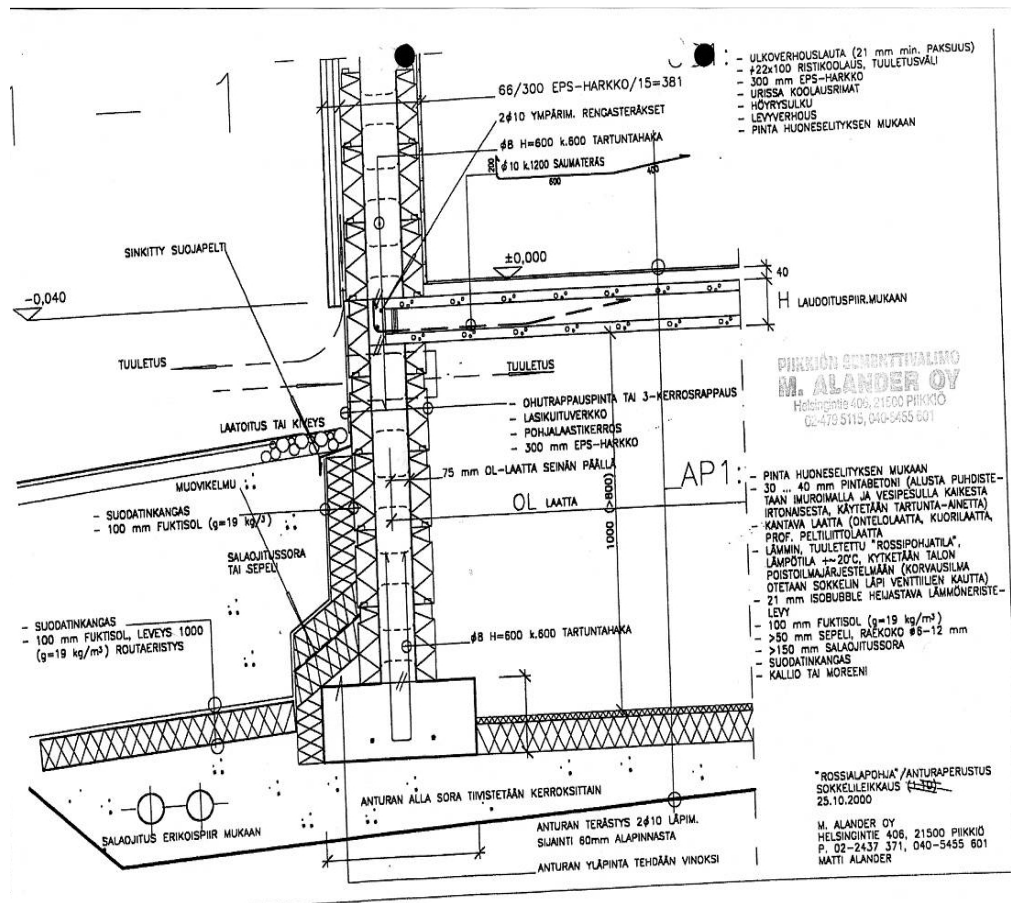


Kuva 2. Karkea kuvaus kylmäsiltojen estämisestä (Hemgren 1998, 18).

Maanperän kosteuden siirtymistä rakenteeseen voidaan parhaiten ehkäistä hyvin toteutetulla salaoitusjärjestelmällä. Se koostuu useista salaoituskerroksista ja kosteuden kapillaarista nousua estävistä materiaaleista, kuten sepelistä, hiekasta tai eristyslevyistä. Näiden materiaalien raekoko on niin suuri, että se estää maaperässä olevan veden kapillaarisen nousun ylöspäin, sallien veden kuitenkin valua maan vetovoiman vaikutuksesta helposti lävitseen. (Hemgren 1998, 29–32.)

Salaojituserrokset ja maaperän muotoilu ohjaavat veden salaojaputkistoon, joka asennetaan vähintään 200 mm perustuksien alapintaa alemmas. Putkistot liitetään mahdollisuuksien mukaan kunnan sadevesiviemäriin. Jos liittyminen ei ole mahdollista, sadevedet voidaan myös johtaa itse asennettavaan imeytyskaivoon, jossa ne imeytyvät maaperään kauempana rakennuksesta. (Hemgren 1998, 34.)

Mallikohteen perusratkaisuna tullaan käyttämään lämmintä tuulettuvaa alapohjaa (kuva 3), jonka ilmanvaihtoa ohjataan yhdessä talon muun ilmanvaihdon kanssa. Ryömintätilan ilma vaihdetaan noin neljän tunnin välein ohjaamalla huonetilojen poistoilma ryömintätilan kautta ja LTO-koneen läpi ulos.

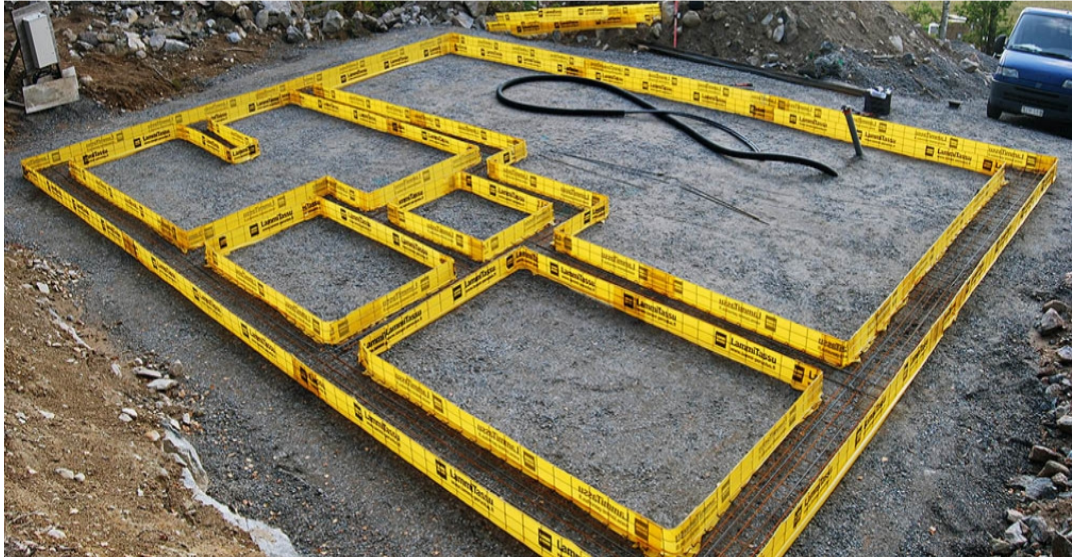


Kuva 3. Lämpöalopohja esimerkki (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012i).

Perustukset suunnitellaan anturamuuriperusteisina, jolloin ne on helppo toteuttaa joko itsekantavina tai paalutettuna rakenteena tulevan tontin pohjaolosuhdeiden asettamien vaatimusten mukaan. Maata poistetaan rakennuksen pohjaa noin 2 m/sivu suuremmalta alueelta hieman perustamissyvyyttä alemmas. Salaojille kaivetaan omat kanaalinsa LVV-suunnitelmien osoittamalle etäisyydelle anturan ulkopinnasta ja ne peitetään salaojasepelillä. Rakennuksen pohjan alueelle tasataan noin 100 mm:n kerros sepeliä (raekooltaan 6–12 mm) niin, että sen päälle asennettavan 100 mm:n Fuktisol-levyn yläpinta on perustamissyvyyden tasalla.

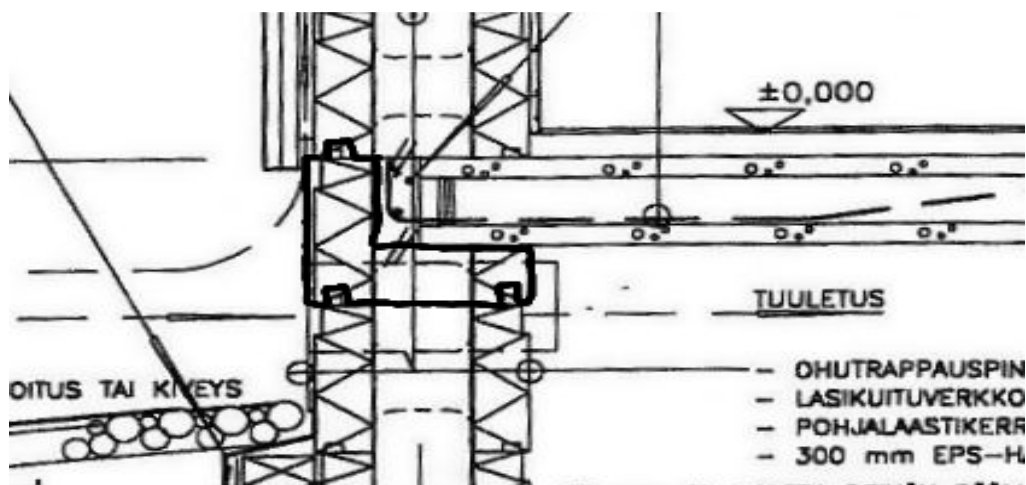
Fuktisol-levyt asennetaan aluksi vain anturan alueelle. Kun antura ja sokkeli on valettu, asennetaan Fuktisol-levyt koko rakennuksen pohjan alueelle sekä metrin ulos anturan ulkopinnan tasosta, jolloin saadaan routaeristys. Anturan alle tulevan Fuktisol-levyn tulee olla puristuslujuudeltaan suurempi kuin muun pohjan alueella käytettävä, jotta se kestää rakennuksen kuormat muuttamatta muotoaan liikaa. Anturan sisäpuolelle jäävälle alueelle lisätään Fuktisol-levyn päälle noin 10 cm:n kerros soraa (raekooltaan 0–8 mm). (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012h.)

Anturamuuuri valetaan käyttäen LammiTassu-anturamuottia (kuva 4), jolla saadaan samassa paketissa anturan muotti sekä raudoitus, ja valu voidaan hoitaa saman päivän aikana. Valuun upotetaan myös mahdollinen lisäeristys sekä tartuntahaat sokkeliä varten. Sokkelin tekeminen voidaan aloittaa jo valun jälkeisenä päivänä. Sokkeli tehdään samasta EPS-valuharkkosta kuin runkokin, joten alapohja saadaan kantavaksi ja eristettyä tiiviisti samalla kertaa. (Lammi 2012.)



Kuva 4. Betonivalua odottava LammiTassu-anturamuuri (TEPU 2000).

Sokkelin ylimmästä harkosta poistetaan sisäpuoli ontelolaatan paksuiselta korkeudelta ja saadaan näin alusta ontelolaatan reunalle (kuva 5). Lisäksi ontelolaattojen asennuksen jälkeen rungon alin harkko voidaan kiinnittää leikatun harkon jäljellä oleviin nappuloihin ja jatkaa siitä ylöspäin. Näin syntyy saumaton ja kylmäsillaton alapohjan ja rungon liitos. Anturan ulkopuolinen yläosa viistetään betonilla viettämän pois sokkelista. (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012f.)



Kuva 5. Alapohjan liitos katkaistulla harkolla (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012i).

Sokkelin ulkoseiniin asennetaan anturan alareunasta alkaen 100 mm:n Fuktisol-levyt, jotka toimivat pystysalaojituksena. Levyt on helppo asentaa painamalla ne käsivoimin kiinni EPS-harkon pintaan muovisilla kiinnikkeillä. Näin levyt pysyvät paikoillaan vierustäyttöihin asti. Levyn yläpinta tuodaan maanpinnan tasalle ja sen päälle asennetaan muovinen suojalista, joka kiinnitetään sokkeliin ruostumattomilla kiinnikkeillä (kuva 6). Lisäksi sokkelin ja listan yläosan väli täytetään sauma-aineella, ja listan alta tuodaan limittäen suodatinkangas peittämään kaikki Fuktisol-levyt. Salaojitus on nyt valmis ja vierustäyttöön voidaan käyttää vanha kaivumaa. Näin säästetään kaivumaiden poisvientikuluissa sekä sala-ojasepelin määrässä, jotka kompensoivat Fuktisolin korkeaa materiaalihintaa. Lisäksi voidaan säästää työkustannuksissa suorittamalla Fuktisolin asennus itse tai talkoovoimin, sillä se on yksinkertaista, mutta vaatii kuitenkin huolellisuutta. (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012h.)



Kuva 6. Suojalista ja suodatinkankaan asennus (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012k).

Kun perustukset on valettu ja eristetty sekä vierustäytöt tehty, on vuorossa ontelolaattojen asennus. Asennuksen jälkeen ontelolaattojen saumat terästetään ja valetaan, ja tämän jälkeen voidaan aloittaa rungon pystytys. Kun rakennuksen vaippa on ummessa, ontelolaatan päälle asennetaan noin 30 mm paksu

EPS-kerros, joka toimii laakerikerroksena ontelolaatan ja pintalattian välissä, sekä lisälämmöneristeenä alapohjalle. Levyn päälle suoritetaan 50–80 mm:n pintalattiavalu. Pintavaluun upotetaan myös lattialämmityskaapelit niille suunniteltuihin huoneisiin.

Lopputuloksena on lämmin, noin 18-asteinen alapohja, jossa tasaisen lämmön lisäksi hallittu koneellinen ilmanvaihto estää kosteuden tiivistymistä rakenteisiin. Ratkaisu vähentää myös mahdollista kylmyyden tunnetta jaloissa niissä huoneissa, joissa ei ole lattialämmitystä.

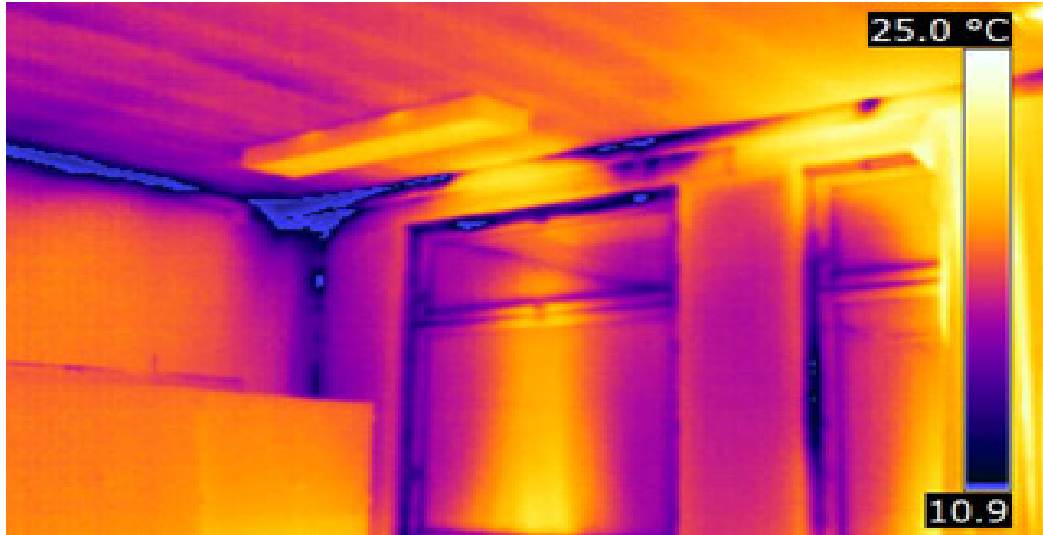
4.2 Runko ja vesikatto

Tavallista parempi lämmöneristys ulkoseinässä tarkoittaa paksumpia eristekerroksia ja sitä kautta myös paksumpia seinärakenteita jotka passiivitaloissa ovat keskimäärin 450 mm. (Nieminen ym. 2012, 11.)

Pelkkä paksu eristekerros ei vielä takaa alhaista energiankulutusta, toimivaa rakennetta, eikä lämpömukavuutta. Näihin vaikuttaa olennaisesti myös rakennuksen ilmatiiviys, jota voidaan mitata koneellisesti ja saada selville rakennuksen ilmanvuotoluku. Kun vaippa on ummessa, asennetaan oviaukkoon kone, joka imee rakennuksen sisältä ilmaa aiheuttaen sisätiloihin alipaineen. Tällöin korvausilmaa alkaa virrata ulkoa sisätiloihin rakenteiden raoista, kuten ikkunanreunoista tai rakenteiden liitoskohdista. Mitä enemmän vaippa vuotaa, sitä enemmän ulkoilmaa pääsee huonetiloihin hallitsemattomasti ilmanvaihdon sijaan ja näin energiankulutus, sekä sisäilman lämpötilaerot kasvavat. Passiivitalon suunnittelussa ja toteutuksessa ilmavuotojen minimointi on siksi ensisijaisen tärkeää. (Nieminen ym. 2012, 11–13.)

Niin ilmavuotojen (kuva 7), kuin kylmäsiltojenkin suurimpia riskikohtia ovat eri rakenteiden liitoskohdat, kuten rungon ja vesikaton/alapohjan liittymät. Hyvällä rakenne- ja detaljisuunnittelulla näiden syntyminen voidaan ehkäistä, mutta viime kädessä siinä onnistuminen riippuu työn toteuttavan osapuolen ammattitaidosta ja huolellisuudesta. Etenkin perustuksiin ja ulkoseinän pintojen alle jääneitä virheitä on jälkikäteen kallista korjata, koska joudutaan yleensä purka-

maan paljon valmista rakennetta ja tekemään se uudelleen. Niinpä huolellinen työskentely ja rakentajan oma työn laadunvalvonta, on ainoa keino välttyä näiltä virheiltiltä.



Kuva 7. Vuotokohtia lämpökamerakuvassa (Suomen Lämpökuvauus 2012).

Vesikatto antaa rakennukselle suojan monenlaista ulkoilman rasitetta vastaan. Sitä kuormittaa sade erisuuruisina ja -suuntaisina määrinä. Auringon aiheuttama ultraviolettisäteily, sekä lämpötila ja sen vaihtelut rasittavat puolestaan katteen pintaa. Talvella satava lumi voi pysyä katteella pitkäänkin, mutta se ei saa tunkeutua sen läpi edes silloin, kun lämpötilan vaihtelut sulattavat osan lumesta ja jäädyttävät uudelleen. Katteen on siis aina oltava tiivis, olosuhteista riippumatta. Vesikatto ei passiivitalossa eroa normaalitalon katosta. Samat kateratkaisut sopivat molempiin taloihin, ja puutteellinen asennus aiheuttaa kummasakin tapauksessa yhtä suuria ongelmia. (Keppo 2010, 6.)

Kuten aikaisemminkin mainittiin, mallikohteen runkomateriaaliksi on valittu 450 mm leveä Malander EPS-valuharkko, jolla ulkoseinän U-arvoksi saadaan 0,09 W/(m²K). Harkon mitat ovat 1200 mm × 300 mm × 450 mm ja kyljessä on 50 mm:n välein mittaviivat helpottamaan mitoitusta ja sahausta. Suositeltava moduulimitta ulkoseinille on 3M, jonka mukaan kohteen ulkoseinänkin on suunniteltu. Harkot limitetään toisiinsa niissä olevien nappuloiden avulla samaan ta-

paan kuin lego-palikat (kuva 8). Ennen uuden kerroksen latomista keskiosa terästetään rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti. Lisäksi nappuloiden päälle levitetään polyuretaaniliimaa kiinnittämään harkot toisiinsa vielä varmemmin. (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012f.)



Kuva 8. Harkon nappulapontit ja terästystä (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012b).

Harkkoja on kahdenlaisia; päistään auki olevia avoharkkoja ja päätyharkkoja, joiden päät ovat umpinaiset. Päätyharkkoja käytetään aukkojen sivuilla, jolloin saadaan karmien ja betoniseinän väli helposti eristettyä (kuva 9). Leveiden aukkojen kohdalla yläosan raudoitusta lisätään, jolloin siitä syntyy valun jälkeen kantava betonipalkki. Aukkojen ala- ja yläosat saadaan eristettyä sivujen tapaan käyttämällä harkoille suunniteltua talvisuojaa. Talvisuoja on myös valmistettu

EPS:stä ja siinä on samanlainen nappulakiinnitys. Eristys voidaan myös tehdä leikkaamalla normaalista EPS-levystä sopivat kaistaleet ala- ja yläosia peittämään. Aukot tuetaan puiden avulla valun ajaksi. (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012f.)



Kuva 9. Päätyharkkojen käyttö aukkojen kohdalla (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012e).

Mallikohteen rungon pystytys alkaa siitä, mihin perustusten tekeminen päättyi ja ontelolaatan kohtaa puoliksi leikattu harkko auttaa yhdistämään rungon ja sokkelin tiiviisti toisiinsa. Harkon nappulat ovat hyvin mittatarkat ja asennus helppoa, mutta ongelmaksi voivat muodostua pienet epätasaisuudet ja sivuttaisheitot aloituskerroksissa, joten rungon pystytystä aloitettaessa on ensimmäisten kerrosten kanssa oltava erittäin huolellinen ja varmistuttava pohjan tasaisuudesta. Tästä syystä runkotyö uskotaan harkkorakentamiskokemusta omaavan ammattilaisen käsiin ja toimitaan yksin tai talkoovoimin aputoissa, vaikka asennustyö yksinkertaiselta tuntuisikin.

Harkkojen kertavalukorkeus on jopa kolme metriä, joka mahdollistaisi koko talon rungon valamisen yhdellä kertaa. Valu tullaan kuitenkin toteuttamaan kahdessa

osassa, jolloin betonia päästään paremmin vibraamaan. Näin varmistetaan betonin riittävä tiivistyminen ja valuaikaisen tuennan riittävyys. Valun aikana napuloiden pitäminen puhtaana, esimerkiksi muovilla suojaamalla, on tärkeää, jotta tulevia kerroksia päästään jatkamaan sujuvasti. (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012f.)

Kun runko on valmis ja kovettunut tarpeeksi, asennetaan sen päälle aluspuu kattotuolien kiinnittämistä varten (kuva 10). Aluspuu kiinnitetään runkoon pika-ankkureilla ja sen alle asennetaan tiivisteeksi solumuovikaistale. Kattoristikkoina käytetään tehdasvalmisteisia, harja-mallisia NR-kattoristikkoita, joiden pitkä jänneväli mahdollistaa sen, ettei kantavia väliseiniä tarvita. Kattoristikot kiinnitetään aluspuuhun kulmarautojen avulla ja reivataan ristikkotoimittajan suunnitelmien mukaisesti.



Kuva 10. Kattoristikko ja aluspuu (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012c).

Keskeltä halkaistuja valuharkkoja latomalla, ja ruostumattomilla nautoilla kattotuoleihin kiinnittämällä, voidaan rakennuksen päätykolmioille ja sivuille saada lisälämmöneristystä sekä tuet puhallusvillaa varten (kuva 11). Päätykolmion harkot leikataan kattotuolin lapetta myöden ja sivuilla harkko katkaistaan niin, että tuuletusaukolle jää sopiva rako.



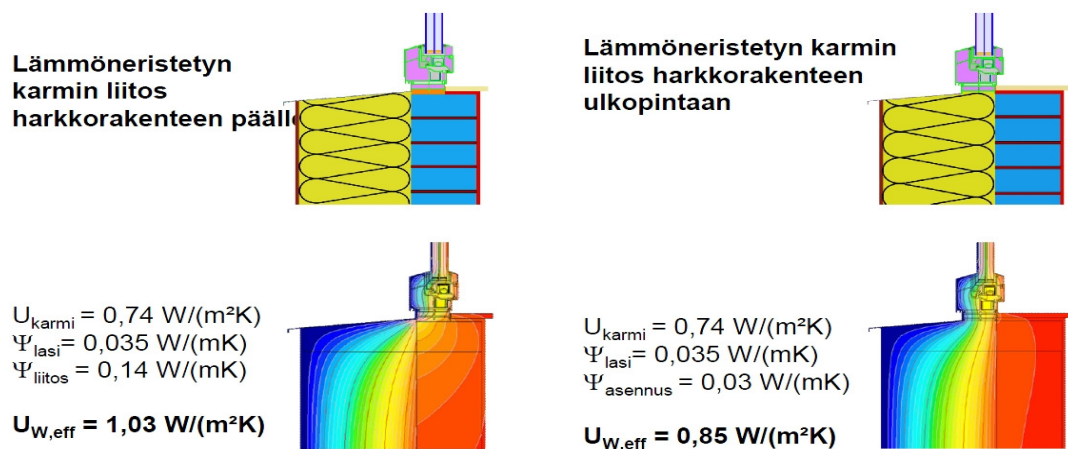
Kuva 11. Päätykolmio valuharkkoista (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012d).

Kattotuolien asennuksen jälkeen asennetaan vesikatto, joka kohteessa tulee olemaan Ruukin peltikatto, jossa ei passiivitalon näkökulmasta ole mitään erityistä huomioitavaa. Vesikatto on silti suurta huolellisuutta ja ammattitaitoa kysyvä työvaihe, ja sen asennuksen saavat hoitaa toimittajan omat asentajat, antaen samalla työlle takuun. Itse keskitytään jälleen työn laadunvalvontaan ja mahdollisiin avustaviin töihin.

4.3 Ikkunat ja ovet

Jo aiemmin käsiteltiin ikkunoiden vaikutusta suunnitteluun. Myös ikkunoiden sijoituksella runkoon on vaikutusta (kuva 12) ja tämä tulee huomioida suunnittelussa tiettyjen runkorakenteiden kohdalla.

Ikkunoiden ja ovien asennus on kriittinen työvaihe, sillä energiatehokkaimpienkin ovien ja ikkunoiden U-arvot ovat huomattavasti muuta ulkoseinää huonommat ja huolimattomalla työsuorituksella hyvin alttiit vuotokohdille. Tämän vuoksi asennustyö kannattaa jättää ammattilaisille, sillä omatoimiselle asennukselle ei ole takuuta jos ongelmia syntyy myöhemmin. Omatoiminen laadunvarmistus työn aikana ja sen jälkeen on silti erittäin suositeltavaa.



Kuva 12. Ikkunan sijoituksen vaikutuksia (Nieminen 2006, 13).

Kun passiivitalon ilmanvaihto on toteutettu hyvin, huoneilma pysyy tasaisen lämpimänä ja hyvälaatuisena, eikä tarvetta tuuletukselle pitäisi syntyä. Tällöin voidaan harkita vain kiinteiden ikkunoiden hankkimista. Kiinteiden ikkunoiden U-arvot ovat avattavia malleja paremmat ja ne voidaan asentaa tiiviimmin. Mikäli käytön aikana kuitenkin syntyy tuuletuksen tarvetta, voidaan se hoitaa ovia avaamalla.

Mallikohteen kaikki ikkunat ovat kiinteitä, 4-kerroksisia matalaenergia-ikkunoita joissa on aurinkosuojalasit ja integroidut sälekaihtimet eli ne sijaitsevat lasipinto-

jen välissä, jolloin ne heijastavat lämpöenergiaa ulospäin tehokkaammin kuin sisäpuoleiset kaihtimet. Tarjouskilpailutus tehdään vasta lähempänä rakentamisen aloitusta, sillä suurin osa ikkunavalmistajista tarjoaa kyseisiä ikkunatyyppejä ja varusteluja mittatilaustyönä, mutta hinnat muuttuvat tiukkenevien energiamääräysten ja uusien innovaatioiden myötä nopeasti.

Pääsisäänkäynnin ja kodinhoitohuoneen ulko-ovet tulevat olemaan metrin levyisiä, pienellä valoaukolla, sillä matalan U-arvon ulko-ovia on ainakin toistaiseksi heikosti saatavilla. Mitään malliston tehokkainta ja kalleinta ovea ei valita. Sillä etenkin ulko-ovi on käytön vuoksi usein auki, ja tiivisteet kuluvat. Ovi tulee siis joka tapauksessa olemaan U-arvollisesti heikko kohta. Tätä pyritään ehkäisemään hyvällä käytön aikaisella huollolla. Parvekkeen ovesa tulee olemaan muita ovia isompi lämpölasielementti ja sälekaihtimet tuomaan lisää valoa olohuoneeseen.

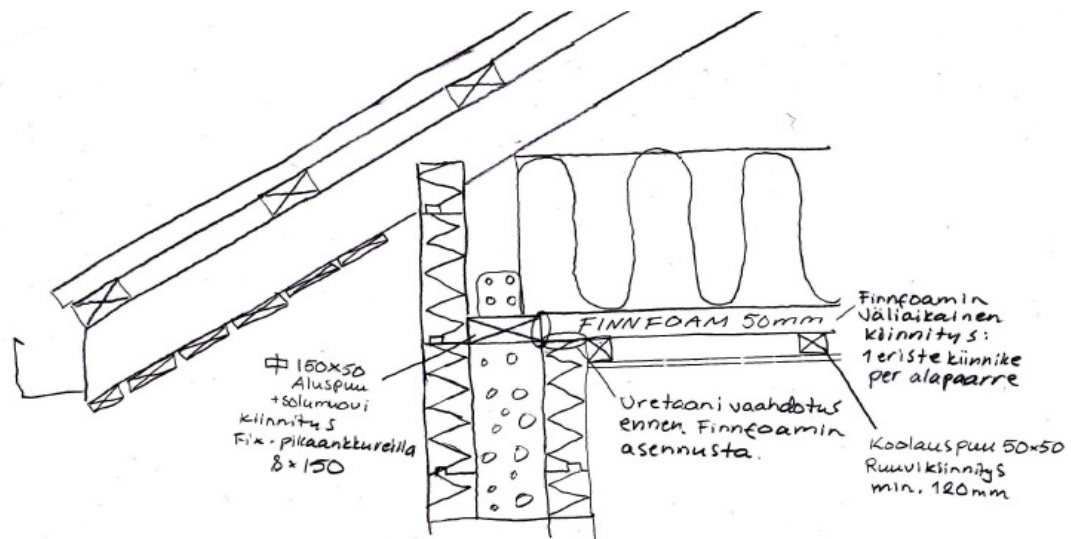
Asennukset pyritään ottamaan toimittajalta etenkin, jos sekä ikkunoiden, että ovien kohdalla päädytään samaan toimittajaan. Muussa tapauksessa tehdään taustaselvitystä hyvistä asentajista ja valitaan niistä ensiarvoisesti paras eikä halvin. Työn tekoa ja laatua tullaan silti valvomaan tarkasti, jotta virheitä ei synny. Lopullinen asennuksen tarkastus suoritetaan lämpökuvauksella, kun rakennuksessa on lämpö päällä ja ulkona reilusti pakkasta, jolloin mahdolliset vuotokohdat näkyvät selvimmin.

4.4 Yläpohja, väliseinät ja pintarakenteet

Yläpohja on passiivitaloissa huomattavasti normaalitaloa paremmin lämmöneristetty. Eristepaksuudet voivat olla jopa 700 mm, sillä yläpohjassa on usein hyvää ylimääräistä tilaa eristeen lisäämiselle ja tällä eristelisäyksen tuomalla U-arvon parannuksella voidaan kompensoida jonkin muun rakenneosan heikkoja arvoja. (Nieminen ym. 2012, 12.)

Väliseinäratkaisuilla tai niiden runko-, levy- tai pintamateriaalivalinnoilla ei passiivi- ja normaalitalon välillä ole suurta merkitystä. Lattioiden lämpömukavuutta voidaan tietyillä materiaaleilla parantaa ja niitä käsitellään seuraavassa luvussa.

Kohteen yläpohja toteutetaan kiinnittämällä kattotuolien alapaarteisiin 50 mm:n paksuinen, puolipontattu Finnfoam-levy saumat vaahdottaen, kuvan 13 hahmotelman tapaisesti. Näin saadaan samanaikaisesti höyrysulku, sekä tiivis eristyskerros, joka toimii pohjana tulevalle puhallusvillalle samalla auttaen parantamaan, sekä ylläpitämään villan eristysominaisuuksia. (Finnfoam 2012.)



Kuva 13. Hahmotelma finnfoamin asennuksesta.

Levyn päälle tehdään koolaukset 50mm x 50mm puutavarasta kipsilevyjen kiinnittämistä varten ja välitilassa tuodaan sähkötekniikkaa eri puolille rakennusta. IV-kanavointi vaatii korkeammat asennustilat, jonka vuoksi osaan yläpohjasta tehdään alaslaskettuja katto-osuuksia (kuva 14), joissa tulo- ja poistoilmakanavat voidaan tuoda niille suunniteltuihin huoneisiin. IV-suunnitelmia ei tätä työtä tehtäessä vielä laadittu, mutta alustavaa kanavointien vaatimaa alaslaskutilaa on hahmoteltu liitteessä 4. Kun tekniikan asennukset ovat alaslaskujen osuissa valmiit, katot paneloidaan tai levytetään kipsillä ja tasoitetaan huoneselostuksen mukaisesti.

Kaikki väliseinät tehdään 13 mm paksusta erikoiskovasta kipsilevystä, joka tasoitetaan, sekä maalataan tai tapetoidaan huoneesta riippuen. Märkätiloissa käytetään niihin suunniteltua Kylppäri-levyä, joka on veden imeytymistä vastaan kyllästettyä erikoiskovaa kipsilevyä. Runkomateriaalina on pääosin peltiranka,

muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta: Muihin kuin ulkoseinään päättyvien väliseinien päätyihin asennetaan kertopuu, joka antaa sille tukea peltirankaa paremmin. Lisäksi oviaukkojen sivut ja yläpuu tehdään kertopuusta, jolloin väliovien karmiasennus on helpompaa. Myös saunan väliseinärunko tehdään kokonaan kertopuusta, jolloin saadaan tukevampi kiinnitys tuuletusrimoille, paneeleille ja lauteille.



Kuva 14. Mallikuva alaslasketusta katosta tekniikoineen (Rakentaja 2012).

Väliseinissä kalusteiden ja pistorasioiden, tai kattoon tulevien valaisinrasioiden, kohdalle tehdään kiinnitystuet kiinnittämällä lauta tai vanerisoiro koolausten väliin. Teknistä tilaa ympäröivien väliseinien koolausten välit villoitetaan 66 mm:n väliseinävilla ääneneristyksen vuoksi.

Ulkoseinä ja sokkeli rajataan toisistaan muovisella listalla (kuva 15) ja ulkoseinän pintaan tulee kolmikerrosrappaus. Ulkoseinän rappauksen jälkeen sokkeliin tehdään kiviroskerappaus. Ikkunat ja ovet suojataan rappauksen ajaksi, jonka jälkeen niihin asennetaan vesi- sekä kynnyspellit. Ulkoseinän sisäpintaan kiinnitetään 8 mm:n saneerauslaastikerroksen avulla kipsilevyt, jotka sitten tasoite-

taan ja maalataan tai tapetoidaan huoneesta riippuen. Sisäseinien pinta voidaan vaihtoehtoisesti paneloida kiinnittämällä paneelien koolauspuut eristeen läpi betoniseinään.



Kuva 15. Rappauksen rajaus muovilistalla (Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012a).

Märkätilat vesieristetään määräysten mukaisesti ja sen jälkeen laatoitetaan. Vesieristys voidaan kiinnittää suoraan EPS:n pintaan, mutta kipsiseinien ruuvi- ja saumakohtat tulee tasoittaa kitillä ennen eristystä. Seinänurkkiin, lattian ja seinän rajoihin, sekä lattiakaivon ja hanakulmien ympärille asennetaan vahvikankaat.

4.5 LVIS-tekniikka

Mallikohteen lämmitys tullaan toteuttamaan LTO-koneen avulla. Tekninen tila on pyritty sijoittamaan niin, että IV-linjat ovat mahdollisimman lyhyet, jolloin niistä ei synny häiritsevää ääntä. Ilmanvaihtolämmityksen lisäksi märkä- ja WC-tiloihin, sekä kodinhoitohuoneeseen asennetaan sähköinen mukavuuslattialämmitys, sillä niissä tulee olemaan kivipintaiset lattiat. Näiden tilojen lattialämmityksen neliötehot tulee sähkösuunnittelijan ottaa huomioon, jotta viilenystarve ei lisäännä kesäaikaan.

Lämmitettävää lattia-alaa voidaan tarvittaessa pienentää entisestään asentamalla lattialämmityskaapelit vain niille kivipintaisille alueille joissa liikutaan. Silloin voidaan jättää pois kaappien aluset WC:ssä ja kodinhoitohuoneessa sekä saunassa kiukaan ja lauteiden aluset. Kohteen lämmin rossipohja vähentää myös osaltaan lattian kylmyyttä ja näin pienelläkin lattialämmityksen teholla saadaan kivipohjaiset lattiapinnat mukavamman tuntuiseksi.

Kaikki hankittavat kodinkoneet tulevat olemaan A+-energialuokkaa, jotta energiankulutus pysyy pienenä ja hukkalämpöä ei synny liikaa. Valaisimet pyritään valitsemaan led-valaisimista, sillä ne kuluttavat vähän energiaa, tuottavat vähän lämpöä ja ovat muutenkin yleistymässä vahvasti, mikä lisää tulevaisuudessa valikoimaa ja laskee hintoja.

5 YHTEENVETO

Käytännössä ero passiivitalon ja oikein toteutetun normaalitalon kesken ole kovin suuri. Eristepaksuudet ja talotekniikkaratkaisut eroavat toisistaan, mutta molempien toteutuspuolta yhdistävät samat asiat: Huolellinen suunnittelu ja laadukas toteutus. Valitettavasti vanhan ajan ammattiyhteisö ja sitä kautta työn laatu on heikentynyt nykypäivän asenteiden, tiukkojen aikataulujen ja kasvavien kustannusten seurauksena.

Normaalitalojen tarkastusten tiukkuuden ja laadun puute usein mahdollistavat virheellisten työsuoritusten hyväksynnän rakennusvaiheessa, ja ongelmat ilmenevät vasta käyttöönoton jälkeen. Passiivitalon standardivaatimuksien edellyttämät toimenpiteet ehkäisevät tätä ongelmaa, sillä esimerkiksi ilmavuotomittaukset ja vaipan lämpökuvaukset paljastavat virheet armotta jo ennen käyttöönottoa ja estävät näin vilpillisiä työsuorituksia.

Omatoimista laadun valvontaa tulee silti suorittaa läpi koko hankkeen ja rohkeasti kyseenalaistaa itseä askarruttavat, mahdolliset ongelmakohtat. Esimerkiksi runkovaiheen mahdolliset rakennusvirheet on huomattavasti helpompi ja halvempi korjata, kun ne eivät vielä ole piilossa pintamateriaalien alla. Ammattimieheen tulee silti voida luottaa, sillä hän omaa paljon sellaista kokemusta, jota ei kirjoista löydy. Hänen jokaista tekoaan ei siis tule heti tuomita, sillä tämän tyyppinen luottamuksen puute aiheuttaa varmasti erinäisiä ongelmia rakentamisen aikana. Liiallinen varmistaminen ja kysyminen ovat yleensä osoitus tiedon puutteesta.

Valmistaudu siis rakennushankkeeseen tutkimalla erilaisia oppaita sekä kirjallisuutta ja käytä niistä saamaasi tietoa apuna tässäkin työssä kuvattujen vertailujen ja laadunvalvonnan tekemiseen. Suunnittele lisäksi kaikkien rakennusvaiheiden tavaroiden ja eri urakoiden toimitus- ja aloitusajankohdat niin, ettei päällekkäisyyksiä tai viivästyksiä pääse syntymään. Käytä rohkeasti suhteita ja suosituksia apunasi parhaiden tekijöiden ja materiaalien valintaan, muistaen samal-

la tietyn kriittisyyden; harvoin suosittelijana tai myyjänä toimiva ystäväsi myöntää veljensä olevan surkea kirvesmies tai tuotteensa olevan keskinkertainen.

Myös työn mallikohteen toteutusratkaisut on valittu tutustumalla moniin eri vaihtoehtoihin, ja niistä on valittu tutkimustulosten tai oman kokemuksen perusteella sopivimmalta tuntuvat ratkaisut. Ne toimivat hyvin, mutta eivät suinkaan ole ainoat oikeat valinnat. Jälleen nousevat esille rakentajan omat arvot ja tarpeet suunnittelun lähtökohtana. Tässä työssä yhtenä lähtökohtana on ollut materiaalien helppo työstettävyys ja yksinkertainen asennus, jotka nopeuttavat rakentamista sekä lisäävät myös oman ja talkootyön mahdollisuuden määrää. Lisäksi on haluttu hyvät ja toimivaksi luotettavin tutkimuksin todetut ratkaisut, jotta rakennuksen käytönaikana ilmenevien ongelmien todennäköisyys on hyvin pieni.

Energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys ovat myös olleet tekijöitä, jotka ovat vaikuttaneet passiivirakenteisen talon valintaan. Huolimatta siitä, että passiivitalostandardin hakeminen toisi mukanaan rakennustöiden laatua parantavia tekijöitä, ei se ainakaan työn laatimisen aikana tarjoa taloudellisesti yhtä suuria hyötyjä kuin lisäkuluja. Joissain maissa standardien mukaan rakennettaviin passiivitaloihin saa avustuksia asuntolainaan tai muuhun verotukseen, mutta Suomessa vastaavia etuja ei ole tarjolla. Tämän vuoksi mallikohteelle ei tulla hakemaan passiivitalostandardia, jos nykyinen tilanne säilyy. Materiaalit, toteutustavat ja valvonta on kuitenkin suunniteltu niin, että standardin vaatimuksiin päästään, joten lopputuloksena on kaikesta huolimatta energiatehokas ja toimiva pientalo, jossa on hyvä asua.

LÄHTEET

Energiatehokas koti 2012a. Matalaenergiatalo. Viitattu 26.4.2012 www.energiatehokaskoti.fi > Perustietoa > Hyvä tietää

Energiatehokas koti 2012b. Passiivitalo. Viitattu 26.4.2012 www.energiatehokaskoti.fi > Perustietoa > Hyvä tietää

Energiatehokas koti 2012c. Suuntaa-antavia ohjearvoja. Viitattu 27.4.2012 www.energiatehokaskoti.fi > Perustietoa > Hyvä tietää

Feist, W. 2006. 15th Anniversary of the Darmstadt-Kranichstein Passive House – Factor 10 is a reality (eng. käännös). Viitattu 19.3.2012 http://www.passivhaustagung.de/Kranichstein/First_Passive_House_Kranichstein_en.html

FinnEPS 2012. EPS – Tuotteet. Viitattu 15.3.2012 www.finneps.fi/ > Tuotteet ja palvelut > EPS - Tuotteet

Finnfoam 2012. Yläpohja, katto. Viitattu 18.4.2012 www.finnfoam.fi > Lämmöneristeet > Käyttökohteet

Hemgren, P. 1998. Pientalon perustukset. Italia: Europrinting.

Keppo, J. 2003. Rakentajan tietokirjat: Talonrakentajan käsikirja 5 - Omakotitalo rakennushankkeena. Saarijärvi: Gummerus

Keppo, J. 2010. Rakentajan tietokirjat: Talonrakentajan käsikirja 4 - Pientalon vesikatto- ja ulko-verhoustyöt. 4. uudistettu painos. Suomi: Rakentajan tietokirjat

Kuluttaja 2012. Lämpöeroin. Viitattu 3.4.2012 <http://www.kuluttaja.fi/fi-FI/ostajan-oppaat/ilmalampopumput/muistilista/>

Lammi 2012. Lammitassun asennusvideo. Viitattu 11.4.2012 www.lammi-perustus.fi > Asennusvideo

Lylykangas, K & Nieminen, J. 2012a. Energiatehokkaan rakennuksen suunnitteluprosessi. Viitattu 20.3.2012 www.passiivi.info > Suunnitteluprosessi

Lylykangas, K & Nieminen, J. 2012b. Passiivitalon luonnossuunnittelu. Viitattu 20.3.2012 www.passiivi.info > Luonnossuunnittelu

Lylykangas, K & Nieminen, J. 2012c. Passiivitalon määritelmä. Viitattu 19.3.2012 www.passiivi.info > Määrittely

Lylykangas, K & Nieminen, J. 2012d. Passiivitalon talotekniikka, rakenteet ja detaljisuunnittelu. Viitattu 3.4.2012 www.passiivi.info > Detaljisuunnittelu

Mäki, T & Koskenvesa, A. 2007. Ratu aikataulukirja 2008. Jyväskylä: Gummerus.

Nieminen, J. 2006. Mikä on passiivitalo. PDF-tiedosto. Viitattu 16.4.2012 <http://passiivitalo.vtt.fi> > Materiaaleja passiivitaloista

Nieminen, J.; Jahn, J & Airaksinen, M. 2012. Passiivitalon arkkitehtisuunnittelu. PDF-tiedosto. Viitattu 3.4.2012 <http://northpass.ivl.se/> > Suomi > Julkaisuja matalaenergia- ja passiivitaloista ladattavaksi.

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012a. EPS-harkkotalon rappaus. Viitattu 3.5.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot > Kuvia EPS-harkkorakentamisesta

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012b. EPS-rakennuskuvia. Viitattu 18.4.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot > Kuvia EPS-harkkorakentamisesta

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012c. EPS-rakenteita. Viitattu 19.4.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot > Kuvia EPS-harkkorakentamisesta

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012d. EPS-seinät ja ikkuna-aukot. Viitattu 18.4.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot > Kuvia EPS-harkkorakentamisesta

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012e. EPS-valuharkko, runkotyövaiheen kuvia. Viitattu 18.4.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot > Kuvia EPS-harkkorakentamisesta

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012f. Esittelyvideo. Viitattu 18.4.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012g. Fuktisol esimerkki kuvia. Viitattu 11.4.2012 www.malander.fi/ > Salaojittavat lämmöneristeet > Esimerkkikuvia

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012h. Fuktisol esittelyvideo. Viitattu 11.4.2012 www.malander.fi/ > Salaojittavat lämmöneristeet > Esittelyvideo

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012i. Lämmin rossipermanto. Viitattu 3.5.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot > Kuvia EPS-harkkorakentamisesta

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012j. Passiivi- vai matalaenergiatalo? Viitattu 3.4.2012 www.malander.fi/ > Matalaenergiatalot > Passiivi- vai matalaenergiatalo?

Piikkiön Sementtivalimo M. Alander Oy 2012k. Perustukset EPS-harkoista. Viitattu 11.4.2012 www.malander.fi/ > EPS-valuharkot > Kuvia EPS-harkkorakentamisesta

PU-eristeet 2012. Mitä polyuretaani on? Viitattu 26.3.2012 www.pueristeet.fi/ > Mitä polyuretaani on?

Rakennustieto Oy. 2011. Rakentamisosien kustannuksia 2011. Tallinna: Kolofon Baltic OÜ

Rakentaja 2012. Jämerä-kivitalo Aino: Alaslasketut katot. Viitattu 18.4.2012 <http://www.rakentaja.fi/indexfr.aspx?s=tv/tvtulostus.asp?id=249>

Saari, M.2006. Passiivitalon lämmitys. PDF-tiedosto. Viitattu 3.4.2012 <http://passiivitalo.vtt.fi> > Materiaalia passiivitaloista

Saari, M. 2011. Talotekniikka osana energiatehokasta rakentamista. PDF-tiedosto. Viitattu 3.4.2012 <http://www.sanomamagazines.fi/mediabank/document/3635.pdf>

Saari, M & Laine, J. 2009. Passiivenergiatalo harkoista – LVI-tekniikan ratkaisumallit ja suunniteluohje. PDF-tiedosto. Viitattu 3.4.2012 www.harkkokivitalo.fi/ > Aineistopankki

Suomen Lämpökuvaus 2012. Kuvia lämpövuodoista. Viitattu 18.4.2012 www.suomenlampokuvaus.fi > Kuvia

Suomi Sanakirja 2012. Moduulimitta. Viitattu 19.4.2012 <http://suomisanakirja.fi/moduulimitta>

Talo-80 – ryhmä & Rakentajain Kustannus Oy. 1989. Määrälaskentaohje Talo-80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan. Jyväskylä: Gummerus.

TEPU 2000. LammiTassu-perustukset. Viitattu 30.4.2012 <http://www.tepu2000.com/#2>

Tiivistalo 2012. Ilmanvuotoluku. Viitattu 17.4.2012 www.tiivistalo.fi > Tiivistalo > Tiivistalowiki > ilmanvuotoluku

TARJOUSPYYNTÖ PUUTAVARASTA

TARJOUSPYYNTÖ 15.04.2012

Lähetäjä / tarjouksen toimitusosoite:

Riku Kedonpää
Kurjenmäenkatu 15 F 25
20720 Turku
Puh: 040 – 521 8686
riku.kedonpaa@gmail.com

Vastaanottaja

Puukeskus Oy / Petteri Saarinen
Vähäheikkiläntie 64
02100 Turku
Puh: 0400 – 263 560
petteri.saarinen@puukeskus.fi

Puutavaratarjouspyyntö

Pyydän tarjoustanne alla mainituista puutavaroista:

- Sahatavara 50x50 täyssärmäinen
- Sahatavara 22x100 täyssärmäinen
- Sahatavara 22x100 täyssärmäinen, ympärimaalattu (1x pohja, 1x pinta), valkoinen
- Mitallistettu, painekyllästetty 48x98
- Väliseinä kertopuu 39x66x3000

Tarjouksen jättö	30.4.2012
Maksuehto	Maksetaan nouettaessa
Toimitusehto	EXW, Noudetaan lähettämöstä

Terveisin

Riku Kedonpää

TARJOUS PUUTAVARASTA



TARJOUS 5508974/01 1

Pvm : 17.04.12

Laskutusosoite:
KÄTEISASIAKAS RK

Toimitusosoite:
RIKU KEDONPÄÄ

LYHTYTIE 1

00750 HELSINKI

20100 TURKU

Asiakasnumero: 500003

Toimitustapa : AS. NOUTAA

Viitteenne :

Toimitusehto : EXW Noudettuna lähettä

Merkki :

Maksuehto : Per heti

Työmaanumero :

Myyjä : PETTERI SAARINEN

Voimassa : 17.04.12 - 30.05.12

Koodi	Tuote Mitat	Veroton Veroll.	Yks	Ale% EUR
054694	AB/ST KUUSI 50X50	0.74 0.91	JM	
052050	AB/ST KUUSI 22X100	0.51 0.63	JM	
090952	22X100 SAHATAVARA ST KUUSI YMP MAALATTU VALK 1x POHJA + 1x PINTA MAALATTU	0.71 0.87	JM	
056358	KYLLÄSTETTY MITAL SHP A VIHREÄ 48X98	1.69 2.08	JM	
060615	KERTOPUU L 3000 39X66X3000	1.58 1.94	JM	

Ystävällisin terveisin
PUUKESKUS OY
Petteri Saarinen
Vähäheikkiläntie 64
00210 TURKU
puh: 0400 263560
petteri.saarinen@puukeskus.fi

IV-KANAVOINNIN HAHMOTELMA

