



PIENTALON RUNKORAKENTEIDEN JA -MATERIAALIEN VERTAILU

Juho Sipponen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Rakennustekniikka
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikan

JUHO SIPPONEN:

Pientalon runkorakenteiden ja -materiaalien vertailu

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Toukokuu 2013

Opinnäytetyössä laadittiin pientalon runkorakenneratkaisua helpottava vertailutaulukko. Vertailutaulukon painoarvoja muuttamalla saadaan valittua oikea rakenneratkaisu eri kohteisiin. Runkomateriaaleiksi valittiin perinteiset materiaalit, kuten puu, betoni, kevytbetoni-, valueriste- ja kevytsoraharkot. Tutkimuksessa otettiin huomioon materiaalien vaikutuksia rakennuksessa asuvien ihmisten asumisviihtyvyyteen. Kustannukset ja ominaisuudet pisteytettiin lopuksi ja arvioitiin taulukkoa käyttäen valittava rakenne pientaloon.

Opinnäytetyössä vertailtiin rakenteiden rakentamisesta aiheutuvia ja rakentamisen jälkeisiä kustannuksia sekä rakenteiden arvon säilymistä. Materiaaleja vertailtaessa otettiin huomioon niiden vaikutus asumisviihtyvyyteen. Asumisviihtyvyydessä vertailtiin materiaalien vaikutuksia vetoisuuteen, lämmön jakautumiseen asunnossa, ilmankosteuteen ja ääneneristävyyteen.

Puurunkoinen vaihtoehto oli selvästi muita vaihtoehtoja halvempi ja teräsbetonelementtirunkoinen oli selvästi muita kalliimpi vaihtoehto. Elementtirakentaminen oli kuitenkin huomattavasti muita tapoja nopeampi. Tarkasteltava rakennus on yksikerroksinen, joka on helppo toteuttaa puurakenteisena. Muut materiaalit eivät päässeet esille eduillaan tässä rakennuksessa. Teräsbetonelementtirunkoinen sai kuitenkin eniten pisteitä nopeasta asennuksesta ja hyvistä ominaisuuksistaan. Vähiten pisteitä saanut materiaali oli kevytbetoniharkko. Kevytbetoniharkkoinen runko oli hitain rakentaa ja vaati eniten työntekijätunteja. Valueristeharkko- ja kevytsoraharkkorunkoinen olivat samalla tasolla puurunkoisen kanssa, mutta molemmat olivat puurunkoista kalliimpia rakentamiskustannuksina laskettuna.

Opinnäytetyössä ollut rakennus kannattaa rakentaa teräsbetonelementeistä. Taulukko ei kuitenkaan ottanut huomioon rakentamisessa tarvittavia koneita ja laitteita. Rakennukselle voi olla myös kaavamääräyksiä, joita ei otettu huomioon opinnäytetyössä.

Asiasanat: runkorakenne, pientalo, vertailu, materiaali.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Civil Engineering
Option of Structural Engineering

JUHO SIPPONEN:

Comparing Detached House's Frame Structures and Frame Materials

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 2 pages
May 2013

The aim of this thesis was to create a comparison table to facilitate frame structure solution of the detached house. Comparison table can be used to different houses by changing the weighting coefficient. Chosen materials were traditional such as wood, concrete, aerated concrete block, insulated casting block and light concrete block. Properties and effects to people of the materials were studied in this thesis. Costs and properties were scored in to the comparison table and the optimum solution had most points.

Costs of the building and costs after the building is built were studied in this thesis. Materials effects to pleasant environment to live were studied in this thesis.

Wooden frame was the cheapest to build and the reinforced concrete element was the most expensive to build. Building with elements was much faster than any other solution. The building was one story which was easy to build from wood and the other materials did not have a change to use all their capability of bearing. Prefabricated reinforced concrete-frame had the most points for rapid installation and good properties. By far the weakest material was aerated concrete blocks. Aerated concrete block was slowest to build and it required the most employee hours. Insulated casting block-frame and light concrete block was as good as wooden frame, but they were more expensive to build.

The building in this thesis should be built with reinforced concrete elements. The comparison table did not take account machines or equipment needed.

Key words: frame construction, detached house, comparison, material.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	RUNKORAKENTEET	6
2.1	Paikalla rakennettu puurunko	7
2.2	Harkkorunko	9
2.2.1	Valueristeharkko	10
2.2.2	Kevytsojaraharkko	11
2.2.3	Kevytbetoniharkko.....	13
2.3	Teräsbetonielementtirunko	14
3	RAKENTAMISEN AIKAISET KUSTANNUKSET	16
3.1	Aikataulusta johtuvat kustannukset	16
3.2	Materiaalikustannukset	17
4	VALMISTUMISEN JÄLKEISET KUSTANNUKSET	18
4.1	Huoltokustannukset	18
4.2	Ylläpitokustannukset	19
4.3	Asumisviihtyisyys.....	20
4.3.1	Vetoisuus.....	20
4.3.2	Lämmön jakautuminen.....	21
4.3.3	Ilmankosteus	24
4.3.4	Ääneneristävyys	25
4.4	Arvon säilyminen.....	29
5	VAIHTOEHTOJEN VERTAILU	31
6	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	35
	Liite 1. Materiaali- ja työntekijäkustannukset.....	35
	Liite 2. Vaihtoehtojen vertailu.....	36

1 JOHDANTO

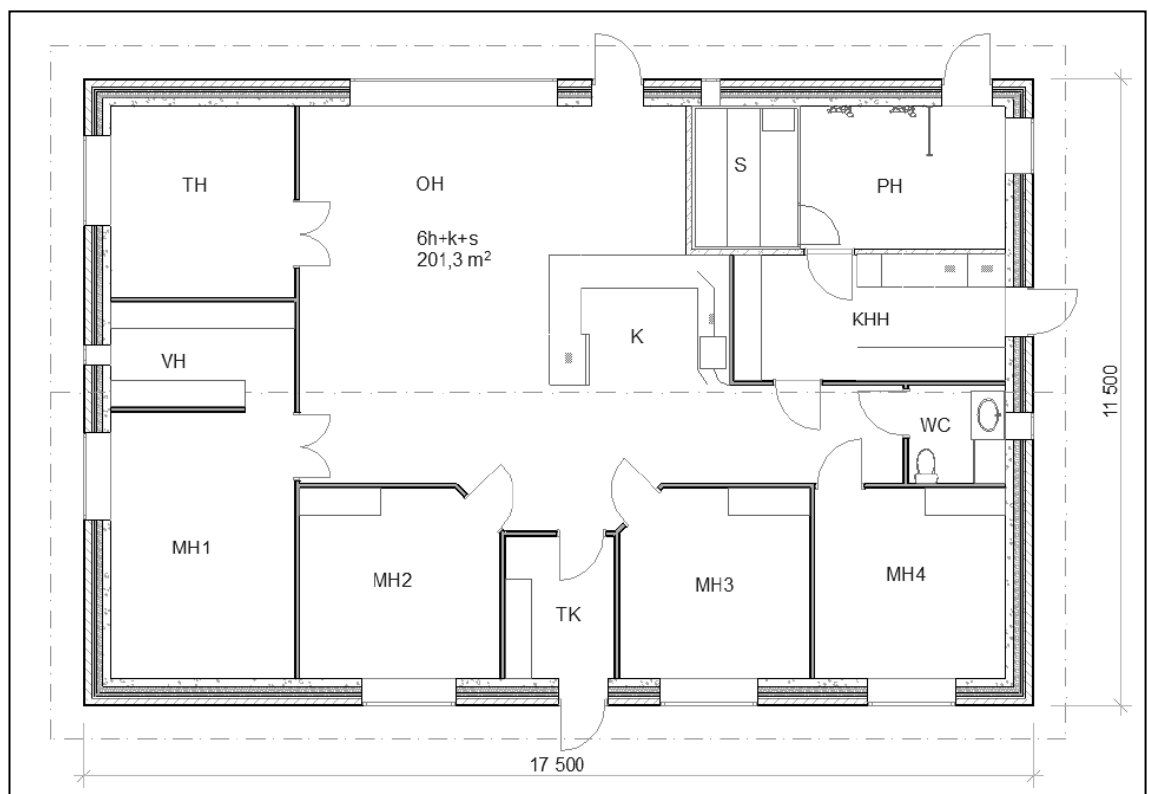
Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää pientalon runkoratkaisuun liittyviä kustannuksia sekä runkorakenteiden ja -materiaalien vaikutuksia asumisviihtyisyyteen. Rakentamisessa käytettävillä materiaaleilla on niille ominaisia ominaisuuksia, joita pyritään hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla. Jotta voidaan valita oikeat materiaalit, on rakenteiden ominaisuuksista tehtävä vertailutaulukko, jossa vertaillaan rakenteita keskenään. Ihmiset arvostavat eri asioita ja ominaisuuksia erilailla. Esimerkiksi vedontunne koetaan epämiellyttävänä, mikä voi johtua rakenteen pinnan ja sisäilman lämpötilaerosta. Lämpötilaerot ja melu vaikuttavat ihmisen terveyteen ja hyvinvointiin. Joillekin asioille, kuten arvon säilymiselle, on vaikea määritellä hintaa, mutta ne on huomioitava rakennusta suunniteltaessa.

Opinnäytetyössä olevan pientalon pohjaratkaisu on suunniteltu perheelle, jossa on kaksi aikuista ja kolme lasta. Opinnäytetyöhön valitut runkorakenteet ja materiaalit ovat yleisesti Suomessa käytettyjä. Runkorakennevaihtoehtoina ovat puinen tolpparunko, valueristeharkko, kevytsoraharkko, kevytbetoniharkko sekä teräsbetonielementti. Runkorakenteilla käsitetään ulkoverhousta vailla olevia rakenteita, koska asemakaava voi määrätä julkisivumateriaalin. Rakenteet ovat sisäpuolelta tasoitettuna olevia ulkoseinärakenteita. Opinnäytetyössä ei oteta huomioon kattorakenteita. Nykyisillä energiamääräyksillä (RakMK C4) seinän U-arvo tulee olla $\leq 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kaikki tässä opinnäytetyössä käsitellyt runkorakenteet saavuttavat laskennallisesti tuon rajan. Pientalo kuuluu paloluokkaan P3. Pientalolle ei määritellä sijaintia, mikä osaltaan vaikuttaa rakentamisen kustannuksiin, koska ei voida määritellä kuljetuksista määräytyviä kustannuksia. Oletetaan myös, että rakenteet ovat oikein rakennettuja, eikä niissä ole rakennusvirheitä, kuten tiivistämättömiä läpivientejä tai kylmäsiltoja.

Jotta saadaan asumisviihtyvyyteen liittyviä ominaisuuksia vertailtua runkorakenteiden kesken, on pisteytettävä aistein tunnettavat asiat, kuten vedontunne ja lämmön jakautuminen. Pisteyttämällä tämän kaltaisia ominaisuuksia ei voida tehdä vertailua, joka olisi jokaisen mielestä oikein, mutta taulukossa on helppoa muuttaa painoarvoja ja saada näin tapauskohtaisesti oikeita tuloksia. Opinnäytetyössä on myös pisteytetty rakennus-aikaiset kustannukset, joihin huomioidaan materiaali- ja työntekijäkustannukset. Opinnäytetyön vertailutaulukkoa voidaan käyttää valittaessa pientalon runkorakennerratkaisua.

2 RUNKORAKENTEET

Runko on rakennuksen osa, jonka tehtävänä on kuormien siirtäminen rakennuksen perustuksiin. Runko muodostaa tilan, jonka sisällä on mahdollista elää terveellisesti ja turvallisesti. Runkoon kiinnitetään muun muassa rakennuslevyt, lämmöneristeet ja rakennusosat, kuten ikkunat ja ovet. Kun runkoon on liitetty valitut materiaalit, saadaan runkorakenne. Runkorakenteilla on erilaisia ominaisuuksia, joita täytyy vertailla ennen rakentamista. Valmiin runkorakenteen muuttaminen voi olla todella kallista. Opinnäytetyössä käytetyn pientalon pohjapiirros on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Pohjapiirros

2.1 Paikalla rakennettu puurunko

Paikalla rakentaminen tarkoittaa nimensä mukaisesti sitä, että rakennuksen runko rakennetaan työmaalla erilaisesta ja erimittaisesta sahapuutavarasta niin sanotusta ”pitkäs-tä tavarasta”. Tämä menetelmä poikkeaa muista paikalla rakennetuista menetelmistä siten, että puutavara tulee työmaalle tehdasmittaisena sahatavarana ja rungon osat katkaistaan ja lovetaan yksilöllisinä kappaleina paikan päällä. Puutavara voi kohteen mukaan vaihdella suuresti, rakennesuunnitelmien mukaisesti. Perusmuurin päälle tuleva tolpparunko muodostaa yhdessä perustusten kanssa rakennuksen kantavat rakenteet. (Talonrakentajan käsikirja 1. 2011, 48.)

Rakentaminen tapahtuu työpiirustusten ja työselostusten mukaisesti. Tarvittava puutavara tilataan ja toimitetaan työmaalle sovitun aikataulun mukaisesti. Rungon pystyttäminen aloitetaan alasidepuiden kiinnittämisellä perusmuuriin. Tämän jälkeen alasidepuuhun merkitään pystyrungon tolppien sekä ovien että ikkunoiden paikat. Alasidepuun päälle pystytetään talon kantavat seinät, jotka muodostuvat runkotolpista. Yleisimmin käytettävä runkomateriaali on paksuudeltaan 50 mm ja leveydeltään 100-200 mm. Vuoden 2010 alusta 200 mm mineraalivillaa ei enää yksistään riitä uusien U-arvojen määrittämiseen raja-arvoon asuinrakennuksissa, joten runkoon täytyy tehdä lisäkoolaus esimerkiksi 50 mm x 50 mm:n kokoisesta puutavarasta. Aukkojen ylitykseen käytettävien sahatavarapalkkien leveydet ovat yleensä 50 mm ja 75 mm. Korkeudet vaihtelevat aukon koon mukaan 150 mm ja 225 mm välillä. Pitkät ylitykset voidaan tehdä myös liimapuusta tai kertopuusta, jolloin puutavaran korkeus on matalampi. Rungossa käytettävä sahatavara tulee olla lujuusluokiteltua. Liitokset tehdään yleisimmin naulaamalla. (Talonrakentajan käsikirja 1. 2011, 48.)

Paikalla rakentamistekniikan kustannuksiin voidaan jossain määrin vaikuttaa materiaaleja hankittaessa. Puutavara voidaan tilata työmaalle käytettävien pituuksien mukaisesti, jolloin työmaalla syntyvä hukka pienenee. Työvaiheen aikana kustannuksiin voidaan vaikuttaa muun muassa taloudellisella ja harkitulla puutavaran käytöllä. Myös oikeanlainen varastointi tai välivarastoinnin välttäminen synnyttää säästöjä. Tällöin puutavara pysyy kuivana eivätkä esimerkiksi runkotolpat pääse kieroutumaan kosteuden vaikutuksesta. (Talonrakentajan käsikirja 1. 2011, 48.)

Opinnäytetyössä käytetyn puurungon rakenneleikkaus on esitetty kuvassa 2. Puurunko on nopea pystyttää ja siinä voi rakennushankkeeseen ryhtyvä työskennellä avustajana. Rakentajana tulee toimia kokenut ammattilainen, jolloin rakentaminen on nopeaa ja virheet vähenevät. Puu on myös suhteellisen kevyttä kestävyyteensä nähden ja sitä on helppoa työstää. Suomessa on jo kauan rakennettu puusta ja se on rakentajille tuttu materiaali, jolloin myös virheet vähenevät. Heikkoja puolia puulla on, että se syttyy herkästi palamaan.

Typpi Ulkoseinä			
Sisältö PUURUNKO	Tekijä		Nro:
	Päiväys		
PERIAATEDETALJI			
1:10			
22 mm 12 mm 175 mm 175x50mm, k600 50 mm 13 mm	1 JULKISIVUVERHOUS, rakennuslityksen mukaan 2 TUULETUSVÄLI, lauta 22x100mm, k600 3 TUULENSUOJALEVY, kuitulevy 4 LÄMMÖNERISTE, kivivilla (PAROC eXtra) ja KANTAVA RUNKO 5 ILMAN- TAI HÖYRYNSULKU rungon ja koolauksen väliin 6 LÄMMÖNERISTE, kivivilla (PAROC eXtra) ja koolaus 50x50mm, k600 7 RAKENNUSLEVY, kipsilevy 8 PINTAMATERIAALI TAI -KÄSITTELY, huoneselityksen mukaan		
U-arvo	0,17 W/m ² K		

KUVA 2. Puurunkoisen rakenneleikkaus

2.2 Harkkorunko

Kun seiniä ja perustuksia muurataan harkoista, vaihtoehtoina ovat kevytsora-, betoni-, tiili- ja karkaistut kevytbetoniharkot. Työmenetelmältään harkot voidaan jakaa muurataviin, ladottaviin ja valettaviin sekä liimattaviin harkkoihin. Harkot ovat eristämättömiä tai eristeharkkoja. (Kivitalo info 2012.) Kuvassa 3 on esitetty erilaisia harkkoja.



KUVA 3. Erilaisia harkkoja (Kivitalo info 2012.)

Solumuovipohjaisilla lämmöneristeillä, joita ovat esimerkiksi eps, xps ja pu, on tyypillisesti suuri vesihöyrynvastus verrattuna mineraalivilloihin. Solumuovieristeitä käytettäessä on rakenteiden kuivatukseen kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta rakenteisiin ei jää haitallisia kosteuskertymiä. (Lahdensivu, Suonketo, Vinha, Lindberg, Manelius, Kuhno, Saastamoinen, Salminen, Lähdesmäki 2012, 34.)

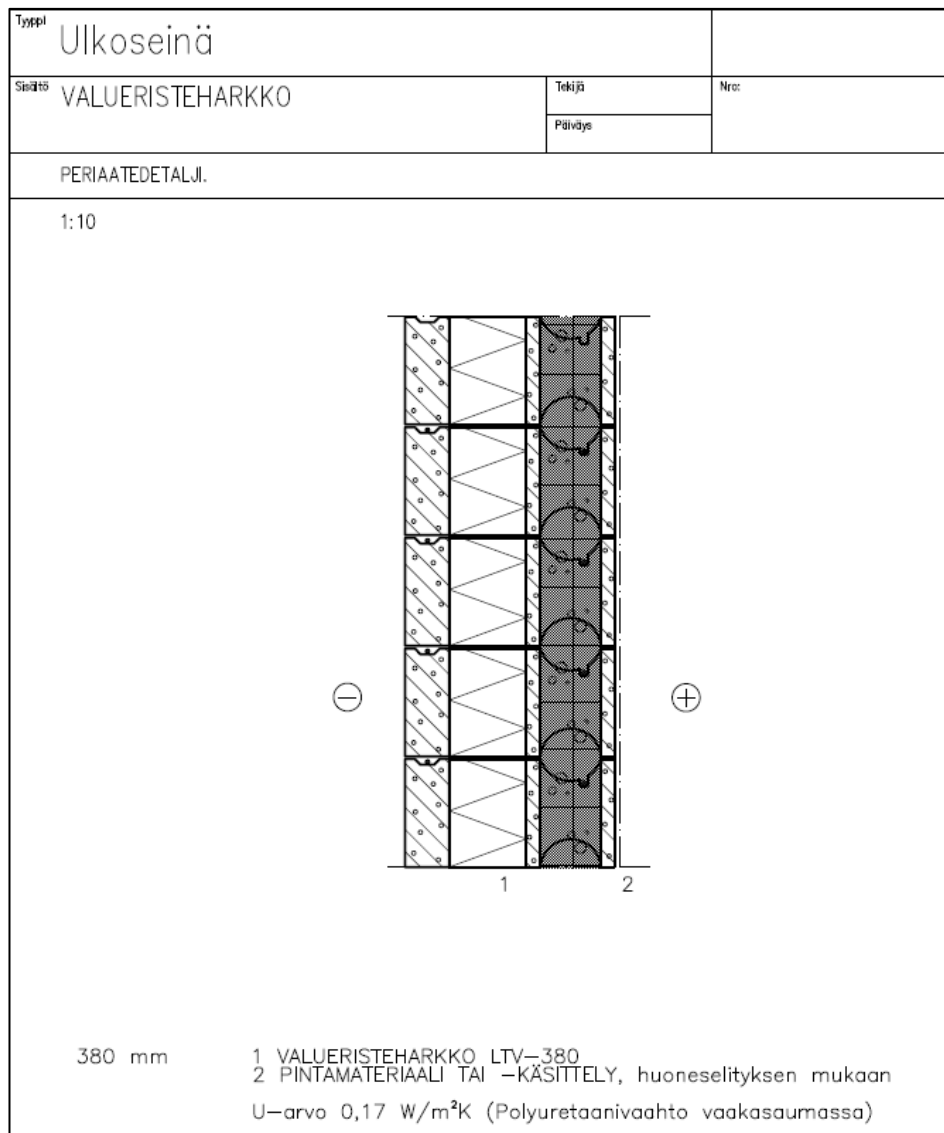
Harkkomateriaalin valinnan ratkaisee lähinnä tapauskohtainen edullisuus ja käyttötarkoitus. Eri harkoilla on omia ominaispiirteitä kosteuskestävyyden, lämmöneristävyuden, kestävyuden, ominaispainon ja käsiteltävyyden suhteen. Myös harkkojen valmistusprosessit eroavat jonkin verran toisistaan. (Kivitalo info 2012.)

Jos yksiaineinen ulkoseinä eristetään sisä- tai ulkopuolelta, on tunnettava harkon ja käytettävän lämmöneristeen vesihöyrynläpäisevyydet, jotta kivimateriaalin ja eristyksen väliseen rajapintaan ei kondensoidu kosteutta tai synny homeen kasvulle otollisia olo-

suhteita. Ilmatiiviys on rakenteen kosteusteknisen toiminnan kannalta ensiarvoisen tärkeä.

2.2.1 Valueristeharkko

Opinnäytetyössä käytetyt Weberin Leca valueristeharkot koostuvat valuontelollisesta harkkosisäkuoresta, polyuretaanieristeestä sekä umpinaisesta, raudoitusurallisesta harkkokuoresta. Eriste on sidottu harkkokuoriin lohenpyrstöliitoksixin. Kuvassa 4 on esitetty valueristeharkon rakenneleikkaus. Valueristeharkkoisen seinän rakentaminen on kohtalaisen nopeaa, koska ne ladotaan, raudoitetaan ja valetaan täyteen. Parhaan hyödyn valueristeharkoilla saadaan, kun ulkoseinille tulevat kuormat ovat suuria, esimerkiksi ontelolaatastosta.



KUVA 4. Valueristeharkon rakenneleikkaus

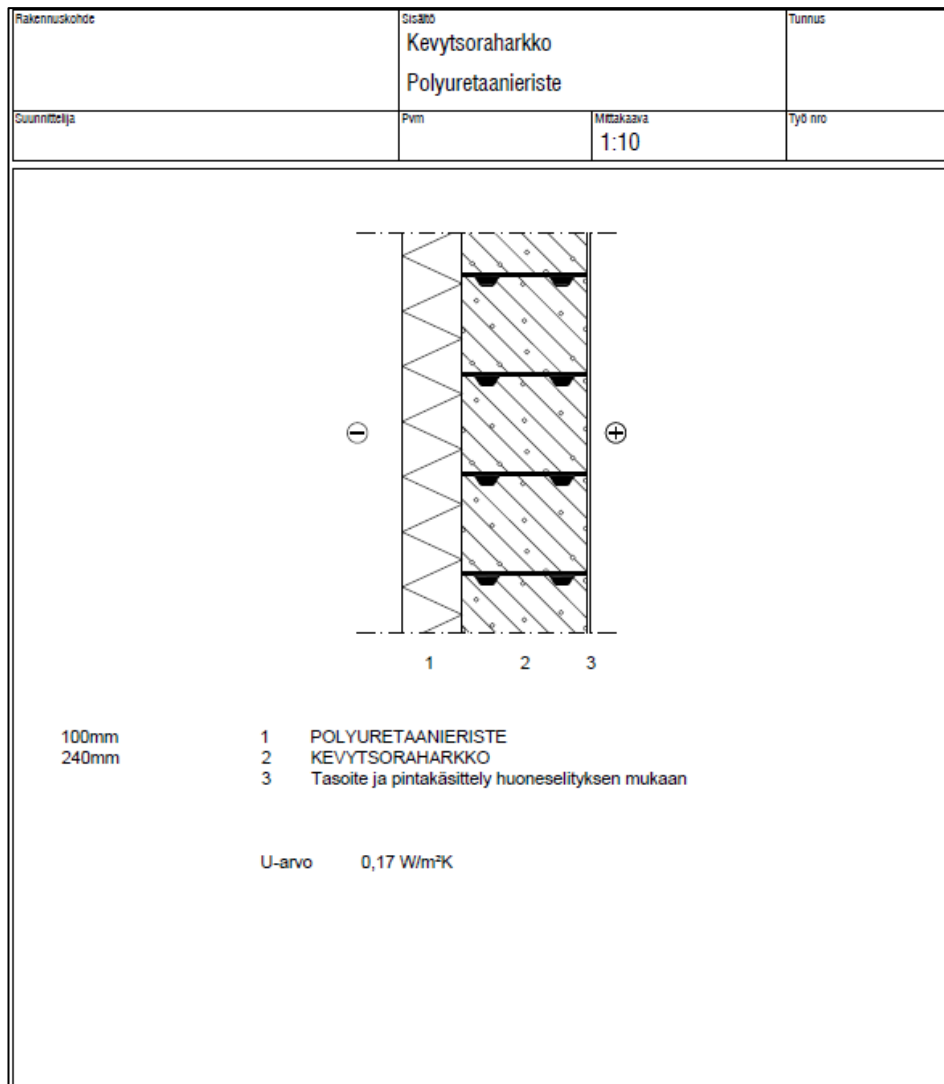
Valuharkkoseinässä sisäkuori pääsee kuivumaan ainoastaan sisäänpäin, mikä on otettava huomioon rakennusaikatauluissa. Samoin ulkokuori kuivuu ainoastaan ulospäin, mikä on otettava huomioon julkisivun pintakäsittelyjen aikatauluissa. Sisäpintojen tasoi- tus- ja rappaustyöt on suositeltavaa tehdä vasta yhden lämmityskauden jälkeen tai kui- vattaa sisätiloja muulla tavoin aktiivisesti. Ulkokuoren kuivattaminen on harvoin mah- dollista, joten viimeisten rappauspintojen tekeminen on suositeltavaa vasta vähintään yhden lämmityskauden jälkeen, jolloin vähennetään halkeilun riskiä. (Lahdensivu ym. 2012, 35.)

Muurattavissa harkoissa sekä valuharkoissa on tyypillisesti solumuovipohjainen läm- möneriste harkon keskellä. Eristehalkaistujen harkkojen asennuksessa lämmöneristeen pintaan levitetään pu-vahtokerros juuri ennen päälle muurattavaa harkkoa, jolla var- mistetaan lämmöneristekerroksen yhtenäisyys sekä rakenteen tiiviys. Eristekerrokseen ei saa jäädä ulkoa sisälle johtavia tyhjiä rakoja. Lämmöneristeiden pystysaumot vaahdo- tetaan täyteen ennen seuraavan harkkokerroksen muuraamista/ladontaa. (Lahdensivu ym. 2012, 33.)

2.2.2 Kevytsoraharkko

Kevytsoraharkot valmistetaan kevytsorabetonista, jossa raaka-aineina ovat kevytsora, rakennussementti ja vesi. Harkkojen valmistuksessa voidaan käyttää lisäksi luonnonki- viainesta, erilaisia lisäaineita ja hienorakenteista täyteainetta esimerkiksi lentotuhkaa. Kevytsora on paisutettua savea, jota saadaan, kun savi poltetaan yli 1100 °C:een lämpö- tilassa pyörivässä uunissa. Kevytsorarakeet saavat pyöreän muotonsa ja sileän pintara- kenteen uunin pyörimisliikkeen ansiosta. Rae on pinnaltaan tiivistä, mutta sisältä hu- koista raekoon ollessa 1–20 mm. Rakeiden huokoisuus tekee niistä keveitä ja lämpöä eristäviä. Kevytsoran tiheys on 250–400 kg/m³. (Betoni 2013.)

Kevytsoraharkot ovat kevyitä ja niitä on helppoa siirtää ja nostaa paikoilleen. Aukkojen ylitykset voidaan tehdä valmiilla aukonylityspalkeilla. Kuvassa 5 on esitetty rakenneleikkaus, jota on käytetty tässä opinnäytetyössä.

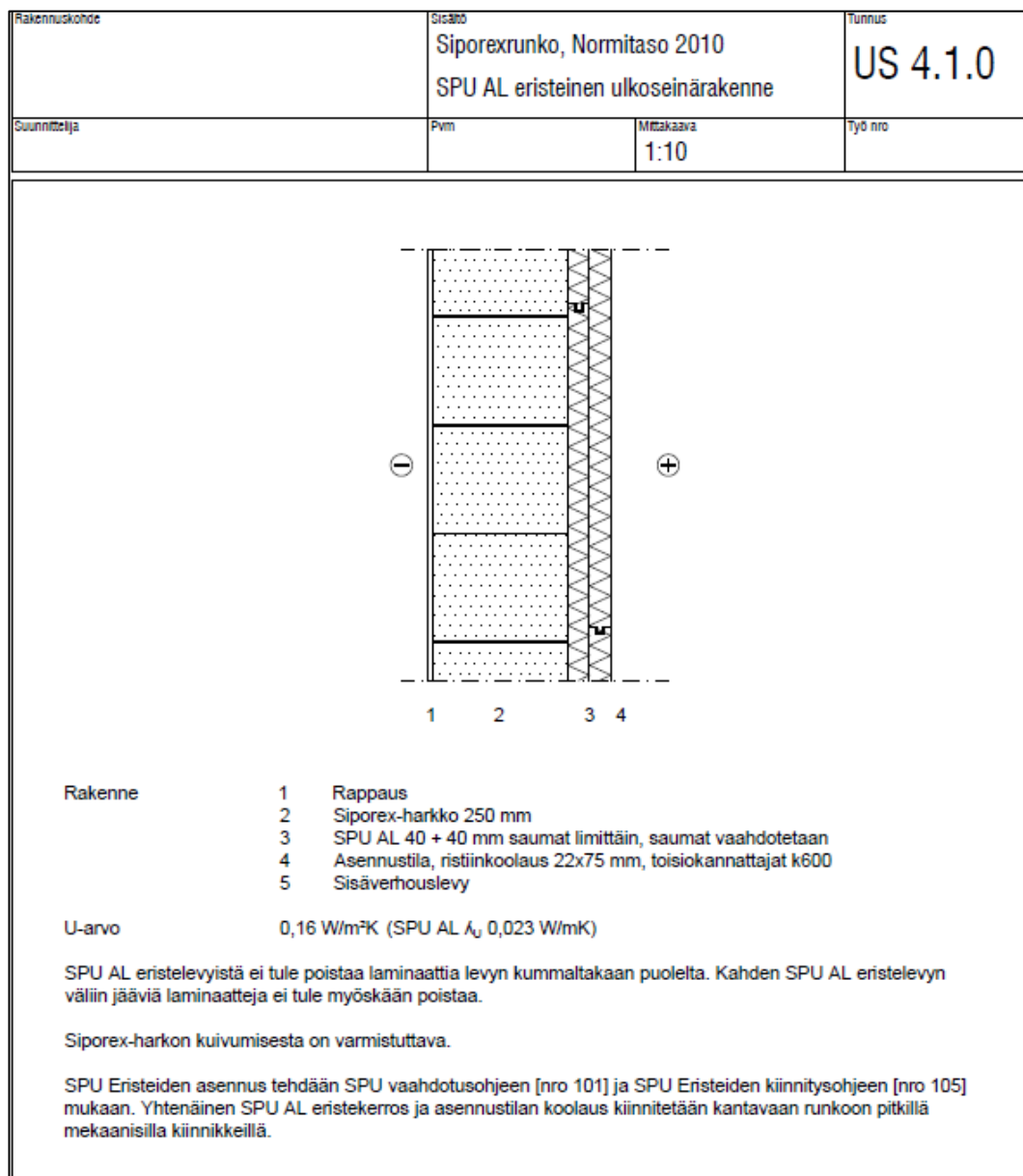


KUVA 5. Kevytsoraharkon rakenneleikkaus, lämmöneriste ulkopinnassa

2.2.3 Kevytbetoniharkko

Karkaistun kevytbetoniharkon pääraaka-aineita ovat hienoksi jauhettu hiekka ja sideaineina portlandsementti, masuunikuona tai kalkki sekä vesi. Valuvaiheessa massaansa lisätään huokoisuuden aikaansaavaa ainetta, yleensä hienojakoista alumiinijauhetta. (RT 35-10835 2004.)

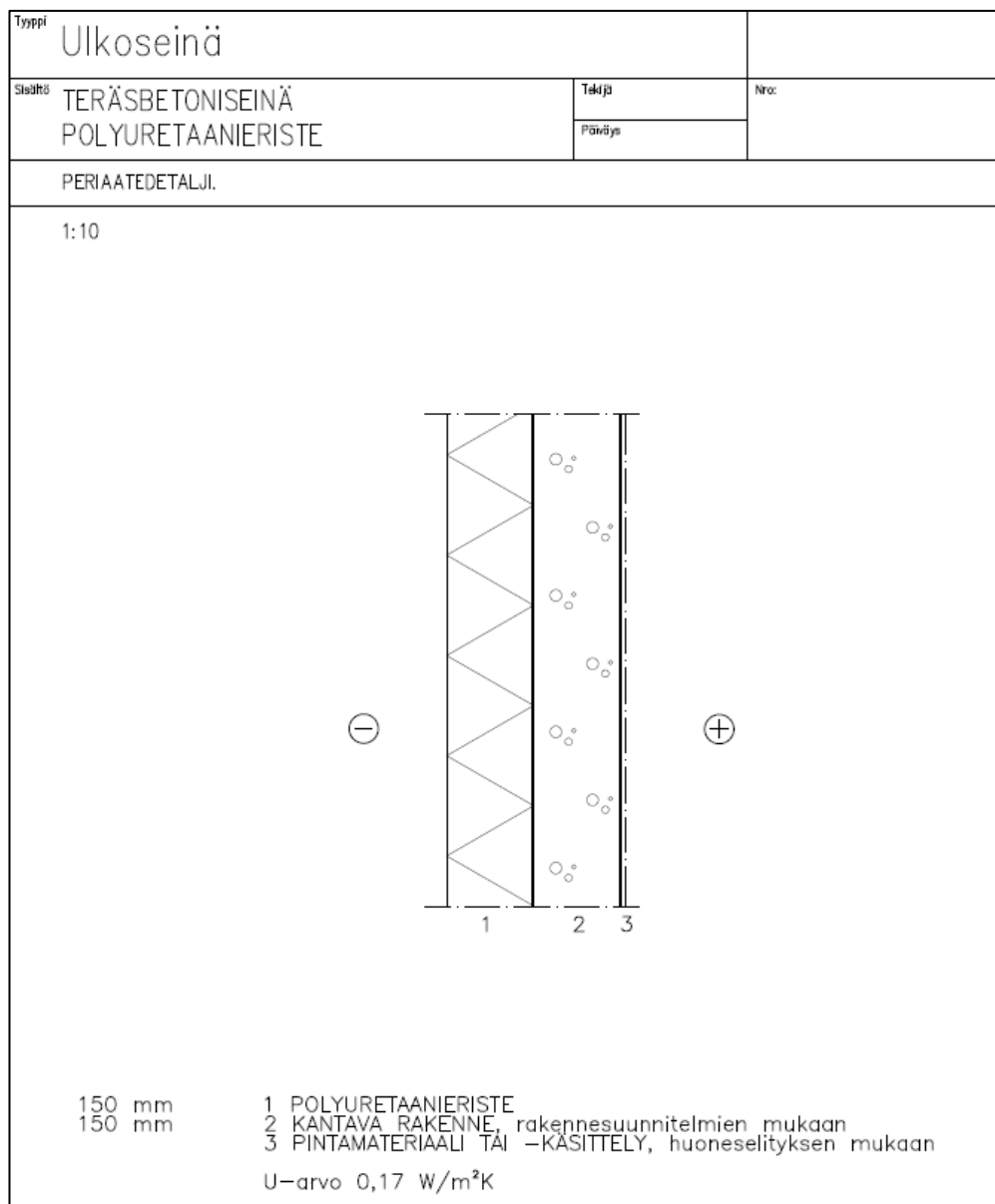
Tässä opinnäytetyössä on päädytty SPU:n rakennepankista löytyvään rakenneleikkaukseen, joka on esitetty kuvassa 6. Rakenteessa on lämmöneristeet rungon sisäpuolella ja eristeenä on käytetty SPU:n polyuretaanieristettä.



KUVA 6. Kevytbetoniharkon rakenneleikkaus (SPU Eristeet 2012.)

2.3 Teräsbetonielementtirunko

Elementti on rakentamisessa käytettävä tehdasvalmisteinen valmisosa. Yhdistämällä elementit saadaan nopeasti valmis rakennus. Elementtituotanto mahdollistaa rakenteiden valmistuksen siellä, missä työvoimaa ja materiaaleja on helposti saatavilla. Elementtirakentamisessa työmaalle jää eri valmiusasteisten ja mahdollisesti eripituisten rakenteiden yhteen liittämistä. (Laitinen 1995, 52-71.) Kuvassa 7 on tässä opinnäytetyössä käytetty teräsbetonielementtirakenteen rakenneleikkaus. Lämmöneriste kiinnitetään työmaalla samalla kun ulkoverhous kiinnitetään. Lämmöneriste kiinnitetään työmaalla, jotta saadaan elementit yhdellä kuormalla työmaalle ja vältetään lämmöneristeiden rikkoontumiselta.



KUVA 7. Teräsbetonielementtirunkoisen rakenneleikkaus

Työmaalle tuodaan valmiit tehdasolosuhteissa valmistetut elementit. Seinäelementit otetaan vastaan työmaalla joko kampatelineeseen varastoon tai asennetaan suoraan paikoilleen. Purku- ja varastointialueen tulee olla tarpeeksi suuri ja maapohjan kantava, jotta pystytään käsittelemään raskaita elementtejä työturvallisesti niiden rikkoontumatta. Elementtien asennus tapahtuu yleensä nosturin avulla. Nosturin valinta tapahtuu elementin koon, painon, nostosäteen ja -korkeuden sekä suurien elementtien perusteella. (Koski, Koskenvesa, Mäki, Kivimäki 2010, 97–110.)

3 RAKENTAMISEN AIKAISET KUSTANNUKSET

Rakentamisen aikaisiin kustannuksiin huomioidaan materiaalit ja aikataulusta johtuvat työ kustannukset. Koska rakennuksen sijaintia ei ole määritelty, hintoihin ei lisätä rahtikuluja, jotka voi jossain tapauksissa olla suuri menoerä. Liitteessä 1. on laskettu eri vaihtoehtojen materiaali- ja työntekijäkustannukset. Ajat on laskettu RATU-korttien mukaan ja kustannukset Klara Net -ohjelmalla.

Tarvikepanoksiksi lasketaan kaikki ne rakennusaineet ja tarvikkeet jotka tuodaan valmiina työmaalle. Materiaaleihin kuuluvat kaikki työssä tarvittavat materiaalit kuten valmisosat, rakennusmateriaalit ja tarvikkeet. Suoritteet hinnoitellaan saman hinnoittelukuukauden aikana, joten kaikki työt, hankinnat, tilaukset ja sopimuksen ovat samassa hintatasossa. Tämän ansiosta kaikki laskelmat ovat mahdollisimman vertailukelpoisia ja kustannusten muutos voidaan arvioida. (Enkovaara, Haveri, Jeskanen 1995, 60.)

3.1 Aikataulusta johtuvat kustannukset

Aikataulusta johtuvat kustannukset ovat pääasiassa työntekijöiden palkkoja, mutta nopealle pystytykselle voidaan antaa lisäarvoa. Pientaloon muuttaa usein yksityisiä henkilöitä, joiden on asuttava rakentamisen aikana muualla, mikä kasvattaa rakentamisen kestosta aiheutuvia kustannuksia.

Rakentamisajan lyheneminen säästää hankkeen aikasidonnaisia kustannuksia. Ne aiheutuvat pääasiassa aikasidonnaisista työmaatekniikkakustannuksista, mutta myös esim. rakennuttajan valvontakustannusten alenemisena. Rakentamisajan lyhentäminen alentaa myös rakentamisaikaisia korkokuluja. (Kiviniemi 1996, 34.)

Aikasidonnaisten kustannusten ja tuottojen laskennan kannalta on oleellista, että koko hankkeen rakentamisaika muuttuu. Vaikka rakennuksen osan tai rakenteen rakentamisaika lyhenisi, niin koko hankkeen rakentamisaika ei muutu ellei tarkasteltavan osan toteutus ole hankkeen kriittisellä polulla. Kriittiset tehtävät (ns. kriittinen polku) määräävät hankkeen keston. Jos yhtä kriittisen polun tehtävää voidaan lyhentää, projektin kokonaiskesto lyhenee saman verran. Esimerkiksi ikkunoiden nopeampi asennusaika ei lyhennä hankkeen kestoa kesällä. Talvella ikkunoiden asennus taas on pakollista ennen kuin taloa voidaan lämmittää. (Kiviniemi 1996, 34.)

3.2 Materiaalikustannukset

Materiaalit muodostavat suuren osan rakentamisen aikaisista kustannuksista. Liitteessä 1 on laskettu materiaalimenekit kullekin runkorakenteelle. On selvää, että rakennus tulee suunnitella mitoiltaan valitulle materiaalille sekä valita materiaali järkevästi, jolloin saadaan vähennettyä materiaalihukkaa. On myös tärkeää huomioida, että jotkin rakenteet saattavat vaatia erikoistyökaluja ja -kiinnikkeitä. Elementeistä rakennettaessa on huomioitava, että ne vaativat vähintään ajoneuvonosturin, jotta elementit saadaan asennettua. Nosturin koko riippuu nostoetäisyydestä sekä nostettavien elementtien painosta.

Rahtikuluja saadaan pienennettyä, kun tilataan aina täysiä kuormia. Pitää kuitenkin huomioida, ettei materiaalia voi milloin vain tilata työmaalle, koska varastointitilat saattavat olla rajalliset.

Opinnäytetyön rakenteiden materiaalimenekit on laskettu ilman materiaalihukkaa. Materiaalimenekit on laskettu teoreettisen menekin mukaan. Materiaalikustannuksissa ei myöskään ole huomioitu kiinnikkeitä, kuten nauvoja ja pu-lämmöneristelevyihin tarvittavia kiinnikkeitä. Lasketut materiaalien hinnat ovat arvonnisäverottomia.

4 VALMISTUMISEN JÄLKEISET KUSTANNUKSET

Taloudellisuus käsitellään elinkaartiloutena, jossa lasketaan tunnetuilla tavoilla koko suunnitteluelinkaaren ajalla syntyvät kustannukset joko kokonaiskustannusten nykyarvona tai vuosikustannuksena. Elinkaarikustannukset sisältävät siten rakentamis-, käyttö-, huolto-, korjaus-, muutos- ja uusimiskustannukset laskettuina nykyarvoksi tai vuosikustannuksiksi käyttämällä kuhunkin tapaukseen soveltuvaa reaalikorkokantaa. Suunnittelu, tavallisimmin 50 vuoden ajanjakson, lopussa arvioitu rakennuksen tai rakennusosan jäännösarvo ja rakennusosan uusimisen jälkeinen uudelleenkäyttöarvo otetaan huomioon nykyarvoksi muutettuna laskentaelinkaaren kustannusta vähentävänä tekijänä. (RIL 2001, 12-13.)

Kantavat rakenteet tulee suunnitella pidemmäksi ajaksi kuin 50 vuotta, sillä niiden uusiminen on hankalaa ja kallista. Jos kantavia rakenteita joudutaan uusimaan, tulee miettiä vastaako rakennus muuten silloisia vaatimuksia vai puretaanko rakennus ja rakennetaan kokonaan uusi.

4.1 Huoltokustannukset

Rakennusten vuotuinen huolto- ja kunnossapitokustannus on Suomessa on esitetty muun muassa Valtion kiinteistölaitoksen vuotuisten huoltokustannusten arviona 2-3 % tasoa. Yleisesti korjausrakentamisinvestoinnit ovat noin 50 %, tai sen yli, uudisrakentamisen investoinneista. (RIL 2001, 72.)

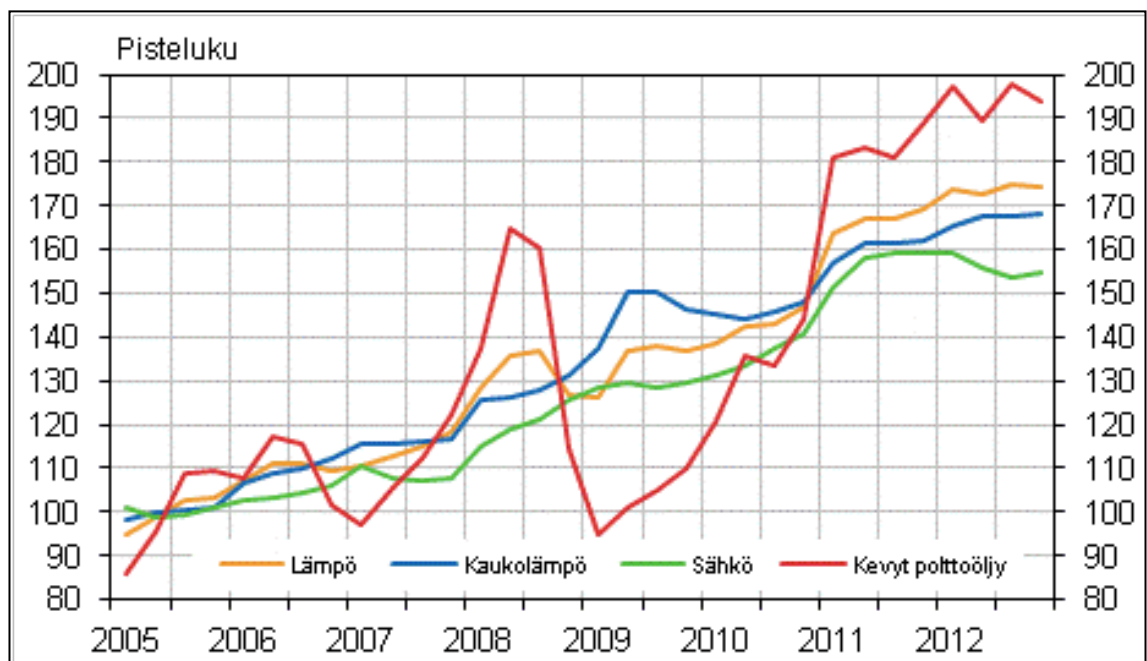
Pientalon runkorakenteet suunnitellaan normaalisti 50 vuotta kestäviksi. Runkorakenteet pysyvät käyttökelpoisina pidempäänkin, kunhan ne pidetään kunnossa ja huolletaan ajoissa. Puiset rakenteet täytyy pitää kuivina ja ehkäistä lahovauriot. Betoniset rakenteet täytyy suojata pakkasrapautumiselta ja karbonatisoitumiselta. Jos rakenteissa havaitaan vaurioita, tulee niiden syy ensin tutkia ja poistaa syyt ensin, jonka jälkeen vauriot korjataan. Näin ehkäistään vaurioiden uusiutuminen. Suurinta huoltoa kaipaavat julkisivumateriaalit, kuten puupaneelit ja rappaus. Tässä opinnäytetyössä ei oteta huomioon julkisivuverhousta, koska asemakaava voi määrätä jossain tapauksissa rakennuksen julkisivumateriaali. Oletetaan, että rakenteet säilyvät kuivina ja rakenteissa ei ole rakennusvirheitä, jolloin ei tarvitse huoltaa kantavaa runkoa, ei myöskään huoltokustannuksia oteta huomioon pisteytyksessä.

Julkisivut altistuvat jatkuvalle säärasitukselle, kuten sateelle, pakkaselle ja auringon valolle. Säännöllisellä huollolla ja vaurioiden välittömällä korjaamisella voidaan julkisivumateriaalin käyttöikä pidentää merkittävästi. Tiiliverhoilu kestää yleensä kymmeniä vuosia ilman tarvetta puhdistusta suurempiin huoltotoimiin. Rappaus on myös pitkäikäinen ja melko huoltovapaa. Puuverhoilu vaatii säännöllistä maalaamista varsinkin jos pinta on auringolle altis. Jos julkisivuverhous joudutaan uusimaan, on hyvä miettiä tarvisiko rakenteelle tehdä samalla jotain, esimerkiksi lisälämmöneristää, vaan vaihtaa julkisivuverhous uuteen.

4.2 Ylläpitokustannukset

Rakennusten energian kulutukseen ja ilmaan menevien päästöjen hallitseva tekijä on käytön aikainen lämmitys ja lämpimän veden tuotto (RIL 2001, 15).

Rakennuksen lämmittämiseen käytettävän energian hintaa on vaikea ennustaa, mutta on selvää, ettei fossiiliset polttoaineet halpene. Etenkin kevyen polttoöljyn hinta on heilahdellut rajusti. Kuvassa 8 on esitetty kiinteistön ylläpidon kustannukset energian lähteiden mukaan.



KUVA 8. Kiinteistön ylläpidon kustannusindeksi 2005=100 (Tilastokeskus)

Pitkän aikavälin raaka-ainekäyttöä vähennetään tehokkaasti suunnittelemalla rakennukset ja rakenteet kestäviksi, muunneltaviksi ja korjattaviksi, sekä soveltuvisissa erikoista-

pauksissa purettaviksi ja uudelleen koottaviksi. Lyhytikäisten rakennusosien uusimisten ja rakennusten peruskorjauksen ja purkamisen tuottamien jätteiden uudelleenkäyttö ja uusiokäyttö ovat keskeisiä keinoja näissä elinkaaren vaiheissa syntyvien suurten materiaali saamiseksi vähentämään uudisrakentamisen raaka-ainetarvetta ja joissakin tapauksissa energian tuottamisessa. (RIL 2001, 15-16.)

Kaikilla rakenteilla on sama U-arvo, joten teoreettisesti ne kuluttavat yhtä paljon energiaa. Kuitenkin massiiviset rakenteet, kuten betoni, varastoivat itseensä energiaa ja näin tasaavat eri vuorokauden aikoina lämpötiloja säästäten energiaa. Massiivisen rakenteen tehokas hyödyntäminen edellyttää muutaman asteen vaihtelua sallitussa sisälämpötilassa. Tutkimuksissa (TTY: raportti 174. Rakenteiden massiivisuus 2003) on saatu massiivisille rakenteille keskimäärin säästöä lämmitysenergiassa 2-15 % ja jäähdytysenergiassa 10-20 % hyödyntämällä rakenteen massaa passiivisesti. Suurin saatu hyöty on kuitenkin asumisviihtyvyydessä.

4.3 Asumisviihtyisyys

Viihtyisyys ja sen osa-alue koettavuus ovat ensisijaisesti arkkitehtisuunnitteluun kuuluvia laatutekijöitä, mutta liittyvät tärkeänä tekijänä myös rakennusosien tuotekehitykseen ja rakennesuunnitteluun. Myös tekniset osatekijät vaikuttavat viihtyisyyteen, tällaisia ovat mm. rakenteiden ilma- ja askeläänien eristävyys, sisäilmasto, rakenteiden pintojen äänenimukyky sekä pintojen laatu. (RIL 2001, 12.)

4.3.1 Vetoisuus

Erilaisista harkoista (kahi, kevytsora, kevytbetoni) muuratut seinät eivät sellaisenaan ole ilmatiiviitä, vaan näissä ilmatiiviyys muodostuu seinän sisäpinnan tasoituksesta. Tasoituslaasti on siten tehtävä ulkoseinien sisäpinnoille kauttaaltaan, että se liittyy toimivasti muiden rakennusosien sekä aukkojen ilmatiiviisiin kerroksiin. Tasoituksen tulee ulottua seinien ylä- ja alareunoihin saakka myös kiintokalusteiden, erilaisten laiteasennusten ja alaslaskettujen kattojen taakse. (Lahdensivu ym. 2012, 33.)

Vetovalitukset ovat yleisimpiä sisäilmastoa koskevia valituksia. Veto yhdistetään usein ilman liikkeeseen tai liian suureen ilmavirtaan, mutta kyseessä saattaa olla myös liian alhainen ilman tai pintojen lämpötila. Vedon tunteen estämiseksi tulee ilman lämpötila

pitää mahdollisimman tasaisesti sopivalla tasolla. Työpiste kannattaa sijoittaa siten, että suurista kylmistä pinnoista (esim. ikkunat) ei ole suoraa "näköyhteyttä" niskaan, nilkoihin tai muihin herkkiin ihopintoihin. (Sisäilmayhdistys 2000.)

Hyvä sisäympäristö on sopivan lämpöinen. Ihmisten kokemaan lämpötilaan eli lämpöaistimukseen vaikuttavat huoneilman lämpötilan lisäksi lämpösäteily, ilman virtausnopeus, kosteus sekä vaatetus ja tilan toiminnan laatu. Lämpöaistimukset ovat yksilöllisiä, ja eri ihmiset voivat olla herkkiä eri asioille. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 25–33.)

Pintojen lämpösäteilyyn vaikuttaa eniten pinnan väri ja heijastuvuus. Musta väri absorboi ja heijastava pinta, kuten metalli, heijastaa lämpösäteilyä. Pinnat, jotka absorboivat lämpösäteilyä tuntuvat lämpoisemmiltä kuin kiiltävät. Lämpösäteilyyn rakennuksen sisällä ei niinkään vaikuta materiaali, koska sisäseinät tasoitetaan tasoitteella ja maalataan tai tapetoidaan. Tästä syystä pintojen lämpösäteilyä ei ole tarkemmin tutkittu tässä opinnäytetyössä.

Sisäilman lämpöaistimukseen vaikuttaa siis varsinaisen lämmityksen lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän toimivuus ja rakennuksen ulkovaipan toiminta, joista jokaiselle osatekijälle on oletettu, asianmukainen ja hyväksyttävä toimivuus, mikä vaikuttaa lämpöaistimukseen sitä enemmän, mitä enemmän se siitä poikkeaa. Esimerkiksi jatkuva tai pitkäaikainen veto voi aiheuttaa jo itsestään terveyshaittaa. Lisäksi se laskee pintalämpötiloja huoneiston lattian tuntumassa, mikä voi vaikuttaa varsinkin pienten lasten asumisterveyteen. Jos pinta viilenee selvästi kylmemmäksi kuin huoneilma, kasvaa kosteuden tiivistymisen mahdollisuus. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 25–33.)

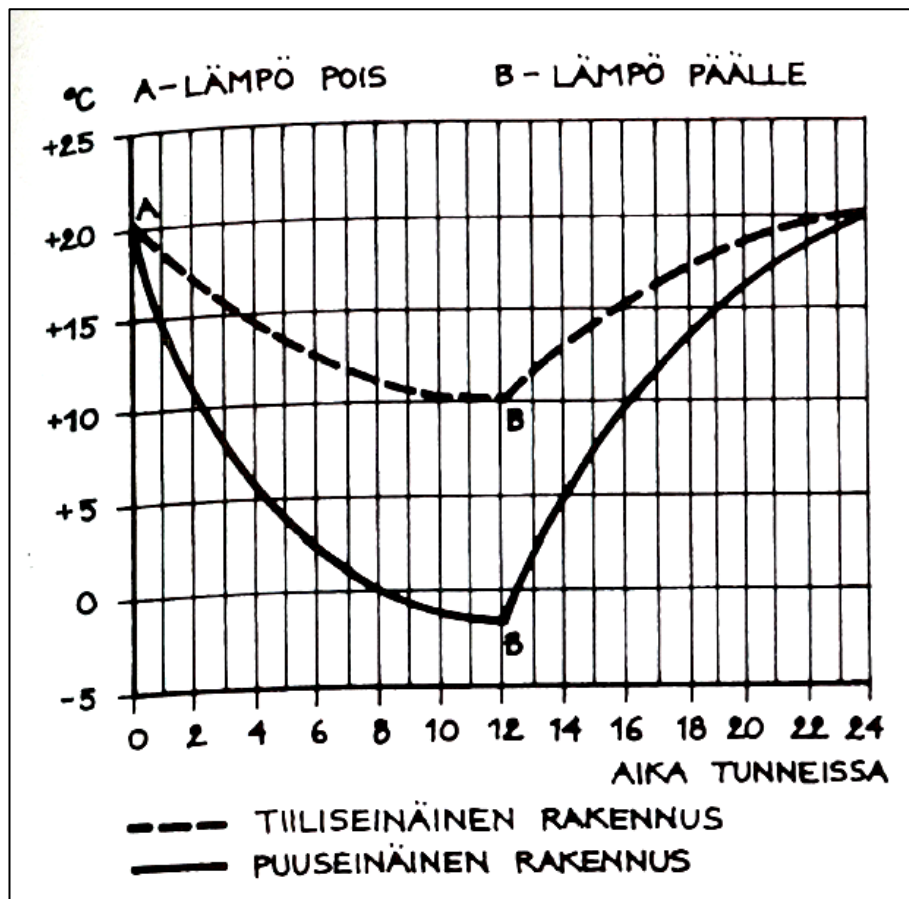
Jos taas huoneilman lämpötila on liian korkea lämmityskaudella, se voi aiheuttaa väsymistä, keskittymiskyvyn alenemista ja aiheuttaa kuivuuden tunnetta. Tällöin usein ilmaa kostutetaan turhaan. Jatkuva tutkimus antaa lisätietoa niin materiaalien vapauttamista kemiallisista yhdisteistä kuin korkean huoneilman lämpötilan suoraan aiheuttamista fysikaalisista oireista. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2009, 25–33.)

4.3.2 Lämmön jakautuminen

Teknillisen korkeakoulun tutkimuksen mukaan sisäilmaan liittyvät oireet kasvavat huonelämpötilan noustessa yli 22 °C asteen. Korkea lämpötila aiheuttaa myös kuivuuden tunnetta. Liian korkeiden lämpötilojen laskeminen suunnitellulle tasolle onkin eräs parhaimpia keinoja parantaa sisäilmastoa ja samalla pienentää energian kulutusta. (Sisäilmayhdistys 2000.)

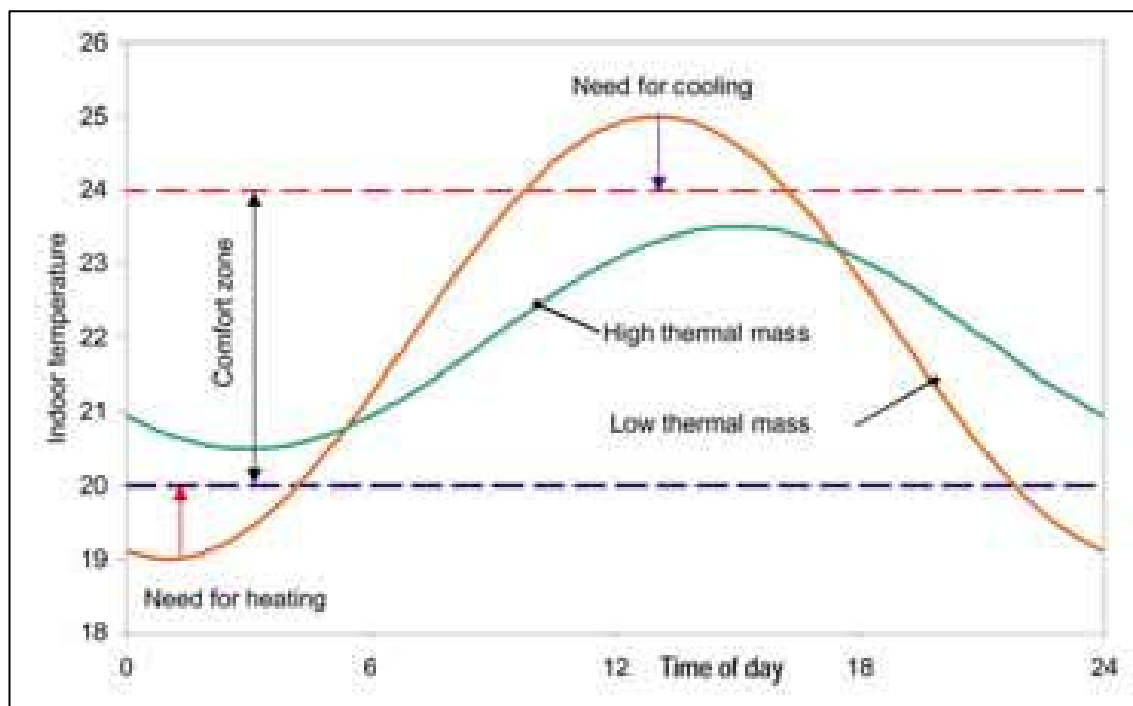
Kehon lämpötasapaino määrää sen, miten viihtyisäksi ihminen tuntee olonsa. Tasapainolämpötilassa kehon aineenvaihdunnan tuottama energia on yhtä suuri kuin kehosta ympäristöön siirtyvä energia. Tällöin ihminen kokee lämpötilan sopivaksi. Henkilökohittaiset ominaisuudet ja työn fyysinen kuormittavuus määräävät tuotettavan energian määrän. Vaatteiden lämmöneristys, ympäristön lämpötila, ilman liikenopeus ja kosteus rajoittavat lämmön siirtymistä kehosta ympäristöön. Sopiva lämpötila on siis yksilöllinen asia. Suuren ihmisjoukon keskimäärin sopivana pitämä lämpötila on talvella 20–22 °C astetta. Tässäkin lämpötilassa 10–30 % ihmisistä saattaa kokea olonsa epämukavaksi. Suurin tyytyväisyys saavutetaan antamalla jokaiselle mahdollisuus säätää huoneensa lämpötila haluamukseen. (Sisäilmayhdistys 2000.)

Rakenteet, joilla on suuri lämpökapasiteetti, pystyvät varastoimaan itseensä huonetilan tilapäistä yllämpöä (auringonsäteily, koneet, ihmiset, eläimet yms.) ja pienentämään samalla huonelämpötilan nousua. Huonelämpötilan laskiessa, esimerkiksi yöaikaan, seinämät luovuttavat niihin varautunutta lämpöä ja hidastavat lämpötilan laskua. Jos seinämien lämpökapasiteettia hyödynnetään aktiivisesti esimerkiksi integroiduissa rakenteissa, voidaan saavuttaa myös huomattavaa energiataloudellista säästöä. (Siikanen 1996, 48.) Kuvassa 9 on esitetty periaattellisesti kuinka tiili massiivisena ja puu kevyenä seinärakenteena ovat varanneet lämpöä ja luovuttavat sitä sitten kun huoneilman lämpötila laskee.



KUVA 9. Periaatteellinen kuva lämpökapasiteetin vaikutus huoneen lämpötilaan (Siikanen 1996, 49.)

Energiataloudellisuus riippuu kuitenkin monesta eriasiasta, kuten rakennuksen sijainnista, ikkunoiden suuntauksesta, seinien eristyksestä ja pintojen verhoilusta. VTT:n LVI-tekniikan laboratorion tutkimusjulkaisu *Rakenteiden massiivisuuden ja lämpöjärjestelmän vaikutus pientalon energiankulutukseen* osoittaa, että lämpökapasiteetilla ei ole käytännön merkitystä esim. nykyaikaisen omakotitalon energiankulutuksessa, mikäli rakennuksessa on herkästi säätävä lämmitysjärjestelmä (esim. patteritermostaatit). (Siikanen 1996, 48.) Lämpökapasiteetti kuitenkin alentaa kesäaikana sisätilojen huippulämpöjä, jolloin asumismukavuus paranee. Kuvassa 10 näkyy kuinka massiivinen rakenne pyrkii pitämään sisälämpötilaa tasaisempuna ilman ostettua energiaa.



KUVA 10. Periaatteellinen kuva energian tarpeesta lämmitykseen ja viilentämiseen (Energiansäästö betonirakenteiden avulla, Arto Suikka, Betonikeskus ry.)

4.3.3 Ilmankosteus

Sisäilman kosteuden tavoitearvot määräytyvät sen perusteella, että liian kuivassa ilmassa ihmiset kokevat hengitysteiden limakalvojen, silmien sidekalvojen ja ihon kuivumista. Liiallinen kosteus taas voi aiheuttaa rakenteissa mikrobikasvua ja lisätä punkkien esiintymistä. Yli 45 % suhteellinen kosteus edesauttaa pölypunkkien kasvua, 70–80 % kosteudessa muuttuvat kosteusolot edullisiksi homesienten kasvulle ja pidempiaikainen yli 90 %:n kosteus voi aiheuttaa lahovaurioiden syntyä. (Sisäilmayhdistys 2008.) Tavoitearvoiksi huonetilan suhteelliselle kosteudelle on talviajalle annettu 25–45 % ja kesäajalle 30–60 % (Seuri, Palomäki 2000, 37).

Hengitysallergiasta ja allergisesta ihottumasta kärsivien oireet usein korostuvat liian kuivassa ilmassa. Hengitystietulehdukset ovat tavallisempia kuivassa ilmassa kuin kosteassa. Bakteerit menestyvät paremmin kuivassa ilmassa ja kuiva ilma aiheuttaa limakalvojen kuivumista ja heikentää värekarvojen toimintaa. Sisäilman kostutus voi olla hyödyllistä, kun suhteellinen kosteus on alle 20 %. Kostutinlaitteiden ja -järjestelmien puhtaus on kuitenkin ensiarvoisen tärkeä, sillä puutteellinen hygienia saattaa aiheuttaa vakaviakin terveysongelmia. Vaarallisimpia näistä ovat ns. kostutinkuume ja allerginen alveoliitti. (Sisäilmayhdistys 2008.)

Voimakas koneellinen ilmanvaihto poistaa sisällä vallitsevaa kosteutta ja kuivattaa ilmaa talvisaikaan. Tunteukset ovat hyvin yksilöllisiä, eikä keskitettyjä koneellisia kostutusjärjestelmiä suositella, sillä järjestelmät voivat likaantua ja niihin voi ilmaantua mikrobikasvustoa, varsinkin jos huolto laiminlyödään. Kostutus- ja jäähdytyslaitteet ovat kansainvälisesti keskeinen rakennusten mikrobiongelmiin lähde, esim. legionellataudin levittäjinä. Helsingin kaupungilla on tehty periaatepäätös, ettei kostutusta käytetä kuin poikkeustapauksissa. (Sisäilmayhdistys 2008.)

Ilmankosteudella ja tämän opinnäytetyön seinärakenteilla ei sinällään ole mitään vaikutusta toisiinsa, koska kaikki rakenteet vaativat erillisen ilmanvaihdon. Tämä johtuu siitä, että rakenteet eivät ole niin sanotusti hengittäviä. Kuitenkin jos sisätiloissa on liian korkea ilmankosteus, orgaaniset materiaalit alkavat oireilemaan ja sisäilma huononee tai jopa rakenteet vaurioituvat.

4.3.4 Ääneneristävyys

Asuinrakennusten ääniolosuhteita koskevat vaatimukset on annettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C1-1998. Siinä esitetään kaikkia rakennuksia koskeva määräys, jonka mukaan rakennus on suunniteltava ja toteutettava siten, että melu, jolle rakennuksessa tai sen lähellä olevat altistuvat, pysyy niin alhaisena, että se ei vaaranna näiden henkilöiden terveyttä ja antaa mahdollisuuden nukkua, levätä ja työskennellä riittävän hyvissä olosuhteissa. Lisäksi rakentamismääräyskokoelman osa C1 edellyttää, että rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on hyvien ääniolosuhteiden saavuttamiseksi otettava huomioon ääneneristyksen lisäksi kaikki rakennuksen ääniolosuhteisiin vaikuttavat tekijät, kuten melulähteen voimakkuus ja tilojen keskinäinen sijoittelu. (Kylliäinen 2011, 10.)

Rakennuksessa kuultava haitallinen tai häiritsevä ääni, melu, voi olla lähtöisin rakennuksen ulkopuolelta, rakennuksen teknisistä järjestelmistä tai ihmisen toiminnasta rakennuksessa. Melu aiheuttaa kuulon heikkenemisen. Kuulon heikkenemiseen vaaditaan yli 80 dB(A):n melu-altistuminen. Melun vaikutukset sisäilmassa ovat pääasiassa toiminnallisia ja ne heikentävät suoritustasoa. (Sisäilmayhdistys 2008.)

Valtioneuvosto on antanut päätöksen (993/192) melutason ohjearvoista vuonna 1992, päiväajan (07–22) melutason ohjearvo asuinhuoneistolle on 35 dB(A) ja yöajalle 30

dB(A). Näitä melutason ohjearvoja sovelletaan maankäytön ja rakentamisen suunnittelussa, eri liikennemuotoja koskevassa liikenteen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. (Sisäilmayhdistys 2008.)

Melun välittömiä vaikutuksia uneen ovat nukahtamisvaikeudet, muutokset unen rakenteessa ja syvyydessä sekä heräämiset. Lisäksi unen aikainen melu voi kohottaa verenpainetta ja sydämen sykettä, tihentää hengitystä ja aiheuttaa ylimääräistä vartalon liikehdintää. Melutason ylittäessä 35 dB (A) unen häiriöt yleistyvät. Haitallisimpana melua pidetään iltayöstä nukahtamisen vaikeutuessa. Unta häiritsevän melun välillisiä vaikutuksia ovat unettomuus, väsyneisyys, mielialan lasku, suorituskyvyn heikkeneminen ja erilaiset psykososiaaliset oireet. (Sisäilmayhdistys 2008.)

Melun häiritsevyys ja kiusallisuus ovat melun aiheuttamista reaktioista yleisimpiä. Häiritsevyys on subjektiivinen ominaisuus, joka vaihtelee ihmisten välillä suuresti. Korkeataajuinen melu on todettu enemmän häiritseväksi kuin matalataajuinen. Impulssimelu on tasaista melua psyykkisesti kuormittavampaa ja haitallisempaa. (Sisäilmayhdistys 2008.)

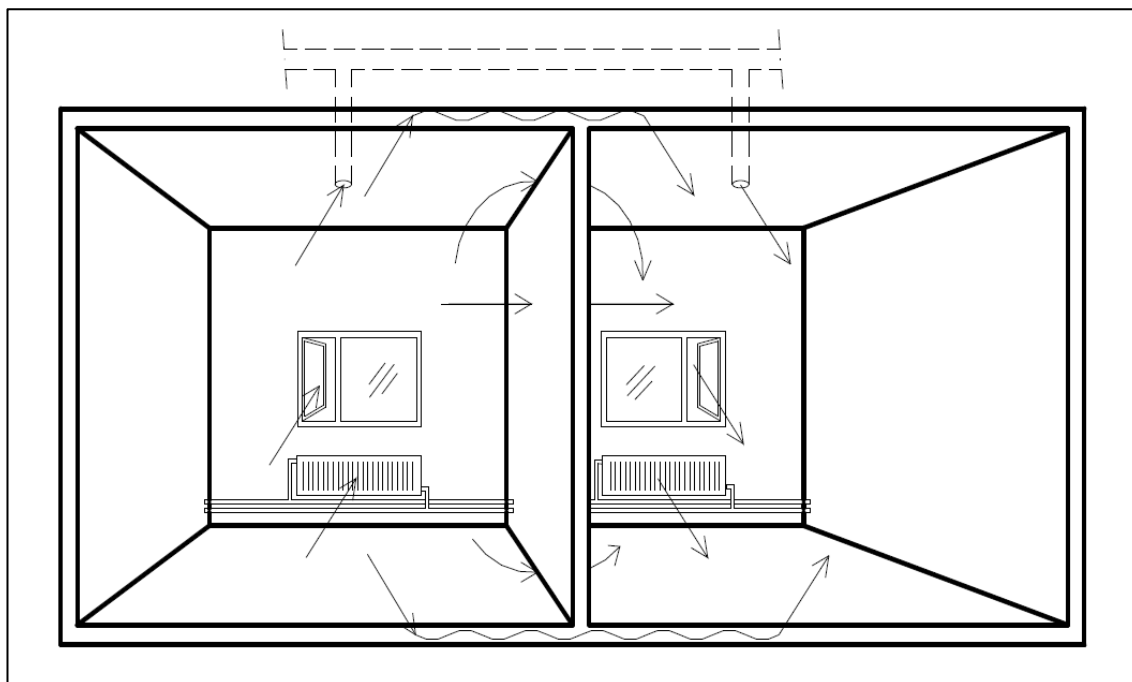
Mitään yleispäteviä, joka tilanteeseen ja jokaiselle ihmiselle sopivia melun enimmäistason määrittäviä vaatimuksia ei voida asettaa, koska melun ihmistä häiritsevä vaikutus riippuu mm. melun fysikaalisista arvoista, millaisissa olosuhteissa melu esiintyy ja mikä on melun informaation sisältö ja merkitys asianomaisen yksilön kannalta. (Siikanen 1996, 157.)

Jokainen rakennuksen vaipan rakenneosaa (seinät, ikkunat, ovet, korvausilmaventtiilit, katto) välittää ääntä sisätilaan. Sisätilaan muodostuva äänitaso on kaikkien eri reittien kautta sisälle välittyvän äänitason summa. Toisaalta vaatimus koskee äänitasoeroa ulkona ja sisällä, jonka seurauksena yksittäisen rakenneosan ääneneristysvaatimus on aina huomattavasti suurempi kuin kaavavaatimus. Koska ulkovaipan osien koot vaihtelevat huoneesta toiseen, joudutaan laskelmat tekemään joka huoneeseen erikseen. (Rakennusteollisuus 2009, 20.)

TAULUKKO 1. Kaavamääräyksien vaikutuksia rakentamiseen (Rakennusteollisuus 2009, 21.)

Kaavamääräys 40 dB	Korkea vaatimus ja tällaisille alueille harvemmin sijoitetaan asuntoja. Välttämättä vakiotuotannossa olevia ikkunoita ja ikkunaovia ei voida käyttää, vaan vaaditaan erikoisratkaisuja. Ulkoseinärakenteilta vaaditaan hyvää ääneneristävyyttä, huolellista suunnittelua, valintaa ja toteutusta (esim. betoniset sandwich-elementit soveltuvat rakennuksiin). On suositeltavaa sijoittaa asuinhuoneet eri puolelle rakennusta kuin melulähde. Melulähteen puolelle voidaan sijoittaa esim. porrashuoneet, varastot sekä asuntojen kodinhoitohuoneet, pesuhuoneet ja muut vastaavat tilat.
Kaavamääräys 35 dB	Keskikorkea vaatimus, jota esiintyy usein. Ikkunoilta ja parvekeovilta vaaditaan korkeampaa ääneneristyskykyä, mikäli seinärakenne on ääneneristävyydeltään vaatimaton (esim. kevytrakenteinen). Asuinhuoneita voidaan sijoittaa myös melulähteen puolelle.
Kaavamääräys 30 dB	Vaatimus, jota olisi suositeltavaa vaatia kaikissa asuinrakennuksissa vähimmäistavoitteena. Mikäli ikkunoiden ja parvekeovien pinta-alasuhde lattiapinta-alaan on suuri, ei vaatimus välttämättä täyty tavanomaisilla rakenteilla. Asuinhuoneiden sijoittelu on vapaata.

Ilmääneneristävyydellä tarkoitetaan rakenteen kykyä eristää ääntä. Ilmääneneristävyytluku ilmoitetaan joko R_w , joka tarkoittaa laboratoriossa mitattua rakenteelle ominaista arvoa tai R'_w , joka tarkoittaa rakennuksessa mitattua arvoa. Suurimpana erona näille on se, että laboratoriossa saadaan eristettyä kaikki äänen sivutiesiirtymät, mutta rakennuksessa ääni voi siirtyä esimerkiksi ilmanvaihtokanavia pitkin, joita on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Äänen siirtymäreittejä rakennuksessa. (Rakennusteollisuus 2009, 20.)

Äänitasoerona $\Delta L_{A,vaad}$ annettava kaavamääräyksen vaatimus rakennuksen ulkovaipan ääneneristyksessä ei ole sama kuin rakennusosan ääneneristyskyky, joka ilmoitetaan ilmaääneneristyslukuna $R_w + C$ tai $R_w + C_{tr}$. Kaavamääräyksen perustana ovat valtioneuvoston päätöksessä määritellyt suurimmat sallitut keskiäänitasot erilaisissa tiloissa. Rakennuksen sisätilaan muodostuva keskiäänitaso $L_{A,eq,s}$ riippuu paitsi kaikkien tilaa rajaavan ulkovaipan rakennusosien ääneneristyskyvystä, myös näiden rakennusosien pinta-aloista sekä äänen vaimenemisesta huonetilassa. (Kylliäinen 2011, 43.)

Jotta voitaisiin määrittää rakennukselle ääneneristävyys $\Delta L_{A,vaad}$, täytyy rakennuksesta tietää asemakaavan vaatimukset, rakennuksen tilojen ja ulkovaipan osien pinta-alat sekä ulkovaipan rakennetyyppien ilmaääneneristysluvut liikennemelua vastaan. Suunnittelun lähtötiedoksi tarvitaan siten rakennuspaikan asemakaavaote tai rakennuksen asemapiirustus, pohjapiirustukset, julkisivupiirustukset, leikkaukset sekä rakennetyypit (Kylliäinen 2011, 46.)

Tässä opinnäytetyössä on rakenteille haettu ilmaääneneristyslukuja materiaalitoimittajien tuotesivuilta, koska ei ollut mahdollisuutta mitata laboratorioissa tai laskea. Tämän takia kevytsora- ja kevytbetoniharkkoiselle rakenteelle ei saada vertailuarvoja. Näille rakenteille on kuitenkin määritelty ilmaääneneristävyysarvoksi hieman huonompi kuin

teräsbetoniselle, mutta hieman parempi kuin puurunkoiselle, koska harkkorunkoisissa on massaa hieman enemmän kuin puurunkoisessa.

4.4 Arvon säilyminen

Rakennuksen tai rakennusosan turmeltumisesta aiheutuva korjaustarve voi olla suoraan seurausta vaurioista, käyttöön liittyvistä vahinkotapauksista, kulumisesta tai entisöinnin tarpeesta. Turmeltumisilmiöt voidaan usein jaotella kemiallisiin, fysikaalisiin tai mekaanisiin muutoksiin, joilla on heikentävä vaikutus rakennusosan tai sen materiaalien ominaisuuksiin. Edellä mainittuja muutoksia aiheuttavat erilaisista syistä johtuvat monet eri rasiustekijät, joita voidaan jaotella eri perusteilla. (Kaivonen 1995, 216.) Lisäksi rakennusten ja rakennusosien turmeltumista voivat aiheuttaa monet liiallisesta kosteusrasituksesta aiheutuvat homeet sekä mikrobikasvustot (RIL 1996, 29).

Kiinteän pääoman taloudellinen arvo voidaan yksinkertaisimmillaan määrittää laske-
malla nykyarvo pääoman avulla ansaittavista tuotoista koko sen toiminnalliselta käyt-
töältä tarkasteluhetkeen käyttäen hyödyksi tarkoitukseen valittavaa korkokantaa. Kiin-
teän pääoman arvoon vaikuttaa lisäksi myös tuotteen käyttöään jälkeen jäljellä oleva
jäännösarvo, joka voi olla positiivinen tai negatiivinen. Jäännösarvo on positiivinen mi-
käli, toiminnallisen käyttöään jälkeen kiinteä pääoma voidaan kunnostaa uudelleen pie-
nemällä kustannuksella kuin uuden vastaavan rakennuksen hankkiminen. Jäännösarvo
on negatiivinen mikäli, käyttöään jälkeen kiinteää pääomaa ei voida hyödyntää ja sen
purkamisesta sekä syntyneen jätteen hävittämisestä syntyy kustannuksia. (Vastamäki
2010, 35.)

Kiinteä pääoma pääsääntöisesti kuluu toiminnallisen käyttöään aikana, jolloin sen suori-
tuskkyky heikkenee ja siitä saatavat tulot eivät pysy ajansuhteen vakiona. Toisaalta kiin-
teän pääoman tuottavuuteen vaikuttaa myös uudempien paremmin varusteltujen raken-
nusten tuleminen markkinoille, jolloin vanhanaikaistuneet tuotteet eivät tyydytä muut-
tunutta vaatimustasoa. Myös arvostukset ja ihanteet muuttuvat ajan kuluessa, mikä osal-
taan voi heikentää kiinteästä pääomasta saatavaa tuottoa. (Vastamäki 2010, 35.)

Rakennuksen todennäköistä myyntihintaa voidaan kuvata markkina-arvolla. Markkina-
arvo kuvaa rakennuksen todennäköistä myyntihintaa, joka rakennuksen myynnistä on
mahdollista saada, mikäli rakennus myytäisiin vapailta markkinoilla. Markkina-arvoon

vaikuttavat monet eri tekijät, jotka voidaan jaotella rakennuksen sijaintiin vaikuttaviin tekijöihin sekä rakennuksen ominaisuuksiin. (Vastamäki 2010, 38.)

Rakennuksen markkina-arvoon vaikuttavia ominaisuuksia ovat tilojen toiminnallisuus ja muunneltavuus, tekninen varustetaso, kustannustehokkuus eli käytön ja ylläpidon kustannukset sekä rakennuksen ikä ja kunto (Vastamäki 2010, 38).

Taloustutkimuksen kesäkuussa 2008 valmistuneen tutkimusraportin mukaan kivitalon valinnut omakotiasukas on erittäin tyytyväinen asuintapaansa. Tutkimuksessa huomioitiin 2-4 vuotta sitten valmistuneet asunnot. Noin puolet asui kivitalossa ja puolet puurunkoisessa talossa. Asteikolla 1–4 tyytyväisyys on 3,5. Verrattaessa eri runkomateriaaleista rakennettujen asukkaiden asumistyytyväisyyttä keskenään kivitalon valinnut näyttävät olevan tyytyväisempiä kuin puutalon valinnut. Etenkin talon paloturvallisuus, yksilölliset ratkaisut ja talon ääneneristävyys nostavat kivitalossa asuvien tyytyväisyyttä. Kivitaloasukkaat ovat puutalossa asuvia tyytyväisempiä myös talon kosteusturvallisuuteen, vedottomuuteen ja terveellisuuteen. (Suomen Betonitieto Oy 2008.)

Kivitalossa asuvat pitävät talonsa jälleenmyyntiarvoa ja yleistä arvostusta parempana verrattuna puutalossa asuvien mielipiteisiin omasta talostaan. (Suomen Betonitieto Oy 2008.)

Rakennuksen arvon säilymisestä tulisi laatia erillinen opinnäytetyö, jossa tutkittaisiin tarkasti mitkä asiat vaikuttavat arvon säilymiseen. Tulisi esimerkiksi tutkia ja miettiä energian kulutusta tulevaisuudessa. Pelkästään arvon säilymisestä saisi tehtyä laajan tutkimuksen, joka varmasti kiinnostaa monia, jotka miettivät asunnon rakentamista tai ostamista.

5 VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Monitavoitteista päätöksentekoa tehtäessä on pakko painottaa joitain osa-alueita, jotta tuloksista saadaan käyttökelpoisia. Vertailutaulukkoon voidaan lisätä eri ominaisuuksia kuten muutos-, uusimis-, kierrätyskustannukset. Täytyy vain tietää mitä rakenteelta vaatii. Jos haluaa opinnäytetyössä olevan rakennuksen haluaisi mahdollisimman pienillä rakentamiskustannuksilla, puurunko on ehdottomasti oikea valinta.

Ei ole olemassa yhtä ja ainutta pisteytysmallia, koska jokainen arvostaa eri asioita. Liitteessä 2 olevassa taulukossa on esitetty millaista taulukkoa tässä opinnäytetyössä on käytetty. Taulukossa on ensin pisteytetty eri vaihtoehdot, jonka jälkeen ne on kerrottu painoarvolla ja summattu yhteen. Maksimi pistemäärä taulukossa on 500. Rakentamisen aikaiset kustannukset on pisteytetty siten, että huonoin vaihtoehto saa yhden pisteen ja paras saa viisi pistettä. Valmistumisen jälkeiset kustannukset on pisteytetty siten, että jokainen voi saada viisi pistettä tai jokainen voi saada yhden pisteen. Tuloksena saadaan paras mahdollinen runkorakennemateriaali rakennukseen.

Vertailutaulukossa olisi hyvä huomioida myös rakennuksen elinkaaren jälkeiset kustannukset, kuten kierrätettävyys. Monille materiaaleille on keksitty jo kierrätyskohde tai loppusijoitus mahdollisuus. Betoni voidaan murskata ja käyttää edelleen esimerkiksi tienpohjissa ja kevytsoraharkkoja murskataan ja massasta tehdään uusia harkkoja.

Valintaan vaikuttaa myös se kuinka paljon itse on valmis työskentelemään itse. Omalla työpanoksella voi vaikuttaa kustannuksiin, mutta omalle työlle on kuitenkin hyvä laskea hinta. On tärkeää kysyä tarjous kaikista mahdollisista materiaaleista, jotta saa laskettua materiaalikustannukset tarkasti. Voi olla, että materiaalienkauppialla on tarve saada varastonsa tyhjäksi materiaalista ja on valmis myymään tuotteet samalla hintaa kun itse on ne ostanut. Myös tehtaot myyvät suurempia määriä suoraan tehtaalta, jolloin hinta voi olla huokeampi kuin rautakaupasta.

6 POHDINTA

Useasti rakennusosien valinta perustuu rakentamisnopeuteen ja rakentamiskustannuksiin. Nämä arvot ovat helposti saatavissa ja siksi ne vahvasti ohjaavat rakennusosien valintaa. Vertailutaulukossa on painotettu rakentamisen aikaisia kustannuksia hieman enemmän kuin muita ominaisuuksia. On selvää, että jos rakennus rakennettaisiin esimerkiksi suuren valtatie tai lentokentän lähelle nousisi ääneneristävyys todella tärkeäksi. Rakennuksen sijainti on myös todella tärkeä huomioida, koska esimerkiksi teräsbetonelementtien asennukseen tarvitaan vähintään ajoneuvonosturia, joka taas vaatii tilaa ja kantavan maan tukiensa alle.

Rakennemateriaalien valinnassa on tärkeää ottaa huomioon kustannukset koko elinkaaren aikana. Harkko- ja puurunkoisessa rakennuksessa rakennushankkeeseen ryhtyvä voi itse työskennellä avustavissa töissä vaikkei tietäisikään rakentamisesta mitään, sillä hän voi avustaa rakennusmateriaalin kuljettamisessa työmaalla ja siivouksessa.

Rakennusaikaisissa kustannuksissa puurunkoinen tuli selvästi muita halvemmaksi 68,9 €/brm² ja teräsbetonelementtinen selvästi kalleimmaksi 218,25 €/brm². Teräsbetonelementtien asennus on kuitenkin 10 päivää nopeampaa kuin puurunkoinen ja elementeissä on sähköputket ja -asiat valmiina. Teräsbetonelementit vaativat kuitenkin nosturia, jolloin kustannukset kasvavat.

Jotta selviäisi paremmin minkä materiaalin valitsee rakennukseen, tulisi tietää ensinnäkin rakennuksen sijainti ja lähettää erillisiä tarjouspyyntöjä materiaalitoimittajille, jotta saisi niin sanotun päivän hinnan tuotteista.

Tulevaisuudessa markkinoille tulee uusia materiaaleja, joilla on parempia ominaisuuksia kuin nykyisillä. Pientalon suunnittelijan on todella tärkeä lukea uusia tutkimuksia materiaaleista. Uusien materiaalien väärällä käytöllä voi pilata koko rakenteen, mistä esimerkkinä EPS-eristeen käyttö rapatussa rankaseinässä ilman tuuletusväliä. Tulevaisuudessa tulee ottaa huomioon myös asiat, joita ei vielä tunneta kunnolla. Tällaisia asioita ovat esimerkiksi matkapuhelimien lähettämät säteilyt.

LÄHTEET

Betoni. Luettu 22.3.2013. <http://www.betoni.com/betonituotteet/harkot/kevytsoraharkot>

Enkovaara, E., Haveri, H. & Jeskanen, P. 1995. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto.

Kivitalo info. 2012. Harkot. Luettu 27.2.2013. <http://kivitaloinfo.fi/materiaalit/harkot/>

Kiinteistön ylläpidon kustannusindeksi [verkkajulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. Luettu 2.5.2013 http://www.tilastokeskus.fi/til/kyki/2012/04/kyki_2012_04_2013-02-28_kat_001_fi.html

Kiviniemi, M. 1996. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu, VTT Rakennustekniikka

Koski, H. , Koskenvesa, A., Mäki, T. & Kivimäki, C. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Helsinki: Rakennustieto Oy

Kylliäinen, M. 2011. Kivitalojen ääneneristys. Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy

Lahdensivu, J., Suonketo, J., Vinha, J., Lindberg, R., Manelius, E., Kuhnu, V., Saastamoinen, K., Salminen, K. & Lähdesmäki, K. 2012. Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos

Laitinen, E. 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy

Palomäki, E. & Seuri, M. 2000. Haasteellinen sisäilma. Tampere: Tammer-Paino Oy

Rakennusteollisuus. 2009. Asuinrakennusten äänitekniikan täydentävä suunnitteluohje. Betonikeskus ry

RIL 216-2001 Rakenteiden elinkaaritekniikka. 2001. Helsinki:Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

RT 35-10835 Karkaistut kevytbetoniharkot. 2004. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 1996. Rakennusfysiikka, perusteet ja sovellukset. Helsinki: Rakennustieto Oy

Sisäilmayhdistys. 2000. Terveysvaikutukset. Luettu 20.2.2013. <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/terveysvaikutukset/>

Sisäilmayhdistys. 2008. Fysikaaliset tekijät. Luettu 6.3.2013. http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/fysikaaliset_tekijat/

Sosiaali- ja terveysministeriö. 2009. Asumisterveysopas. Pori: Ympäristö- ja terveys -lehti.

SPU Eristeet. 2012. Detalji-kirjasto. Luettu 22.3.2013.

<http://www.spu.fi/ulkoseinat---detaljikirjasto>

Suomen Betonitieto Oy. 2008. Puu-ja kivitalojen vertaileva asumistyytyväisyystutkimus 2008 .

Talonrakentajan käsikirja 1. 2011. Puutalon runkotyöt. Espoo: Rakentajan tietokirjat.

Vastamäki, V.2010. Rakennusten teknisen arvon määrittäminen ja hyödyntäminen Helsingin kaupungin kiinteistövirastossa. Opinnäytetyö.

LIITTEET

Liite 1. Materiaali- ja työntekijäkustannukset

	tth/yks. T4	Kesto (tv)	Työkustannus (€)	Materiaalikustannus (€)
Betonielementti	0,2255	2,61438	1388,523	34360
Eristeet	0,17	2,964375	729,4734	6277,5
Etuokaisu ja paikkaus	0,052	0,90675	635,071	121
Sisäpuolen tasoitus	0,096	1,674	129,36	227,75
		8,159505		
YHTEENSÄ		9	2882,4274	40986,25

	tth/yks. T4	Kesto (tv)	Työkustannus (€)	Materiaalikustannus (€)
Puurunko (173+48)	0,5	8,71875	2145,54	1226,7
Kipsilevy	0,18	3,13875	772,3836	1498,23
Tuulensuojalevy	0,1	1,74345	429,102	1719,18
Lämmöneriste	0,07	2,44125	600,7428	4316,13
Höyrynsulku	0,02	0,34875	85,8204	390,6
Ulkopuolinen kooaus	0,02	0,34875	85,8204	98,6
Sisäpuolen tasoitus	0,096	1,674	411,93792	60
		18,4137		
YHTEENSÄ		19	4531,34712	9309,44

	tth/yks. T4	Kesto (tv)	Työkustannus (€)	Materiaalikustannus (€)
Kevytbetoniharkko	0,83	14,47313	4478,564	17065,89
100mm polyuretaani	0,17	2,964375	729,4734	4185
Sisäpuolen tasoitus	0,096	1,674	411,9379	348,75
		19,111505		
YHTEENSÄ		20	5619,9753	21599,64

	tth/yks. T4	Kesto (tv)	Työkustannus (€)	Materiaalikustannus (€)
Valueristeharkko	0,616	10,7415	3323,85	24775
Sisäpuolen tasoitus	0,096	1,674	411,9379	348,75
		12,4155		
YHTEENSÄ		13	3735,7879	25123,75

	tth/yks. T4	Kesto (tv)	Työkustannus (€)	Materiaalikustannus (€)
Kevytsojaraharkko	1,089	18,98944	5876,092	10086,25
Eristeet	0,17	2,964375	729,4734	4185
Sisäpuolen tasoitus	0,096	1,674	411,9379	348,75
		23,62782		
YHTEENSÄ		24	7017,5033	14620

Liite 2. Vaihtoehtojen vertailu

		Valueeristeharkko Puurunko	Kevytsoraharkko	Kevytbetoniharkko	Teräsbetonielementti	PAINOARVO	
RAKENTAMISEN	Raketamisen kesto	3	4	2	1	5	5
AIKAISET	Materiaalikustannukset	5	2	4	3	1	25
KUSTANNUKSET	Henkilökustannukset	3	4	2	1	5	25
	Ylläpitokustannukset	3	4	4	4	4	10
VALMISTUMISEN	Vetoisuuden tunne	3	5	5	5	5	10
JÄLKEISET	Lämmön jakautuminen	4	5	5	5	5	5
KUSTANNUKSET	Äänen eristävyys	4	3	4	5	5	10
	Arvon säilyminen	4	5	5	5	5	10
	SUMMA	375	365	365	320	390	100