

NORJALAISEN DIANA-TALOMALLISTON
SOVELTUVUUS SUOMEN MARKKINOILLE

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Puutekniikan koulutusohjelma
Puurakennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2006
Kristian Gangsö

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

GANGSÖ, KRISTIAN: Norjalaisen Diana-talomalliston soveltuvuus Suomen markkinoille

Puurakennetekniikan opinnäytetyö, 87 sivua ja 8 liitesivua

Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä selvitetään norjalaisen valmistalomalliston mahdollisuuksia toimia Suomen markkinoilla. Scandic Construction Ltd. on työn toimeksiantaja.

Tekninen tutkimusosio toteutettiin vertaamalla malliston rakenteita suomalaiseen rakennusmääräyksiin. Tutkittavat asiat olivat mitoitus, ulkoseinien, yläpohjan ja ikkunoiden lämmöneristävyys sekä ulkoseinien ja yläpohjan tuuletus. Lisäksi rakennukseen oli sijoitettava sauna.

Markkinatutkimuksen tietolähteenä käytettiin olemassa olevia tilastoja ja kirjallisuutta sekä tutkimuksessa tehtyjä haastatteluita ja kyselyjä. Näiden perusteella tehtiin johtopäätökset markkinoiden tilasta.

Tekninen tutkimusosio paljasti joitakin muutostarpeita. Yläpohjan tuulesta täytyy parantaa. Käytännössä se ei ole monimutkainen muutos, koska yläpohja rakennetaan vasta rakennuspaikalla. Tuotannon kannalta muutos ei aiheuta toimenpiteitä. Muuten Diana-mallisto täyttää suomalaiset rakennusmääräykset.

Valmistalomarkkinat osoittautuivat markkinatutkimuksessa haastaviksi. Kysyntää on mutta niin on myös tarjontaa. Rakennusala seuraa tiiviisti yleistä taloudellista tilannetta, joten riski suurille muutoksille on myös olemassa. Uudisrakentamista hidastava tekijä on tonttipula. Markkinat kehittyvät jatkuvasti valmiimmille tuotteille, asiakkaat valitseva jatkuvasti laajempia toimitussisältöjä ja helpottavat rakennusprojektiaan tällä tavoin. Energiatehokkuus tulee lähitulevaisuudessa olemaan yksi huomionarvoinen asia.

Scandic Construction Ltd. tekee nyt päätöksen siitä, laajentavatko toimintaansa Suomeen ja pohtivat, kuinka voisivat kehittää toimintaansa asiakaslähtöisemmäksi

Asiasanat: kilpailukyky, rakennusmääräykset, valmistalo, markkinatutkimus

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology

GANGSÖ, KRISTIAN: Applicability of a Norwegian prefabricated house on the Finnish market

Bachelor's thesis in wood technology, 87 pages, 8 appendices

Spring 2006

ABSTRACT

The objective of the study was to investigate the possibilities of a Norwegian prefabricated house collection to enter the Finnish market. The work was commissioned by Scandic Construction Ltd.

The technical part was realized by comparing the details of the house to the Finnish construction standards. The objects to be investigated were the dimensioning, the heat insulation of the outer walls, the roof and the windows and the airing of the roof and the outer walls. In the addition the sauna was to be situated in the building.

The market research was based on existing statistics, literature, interviews with experts and an inquiry among ordinary consumers. On the basis of this information, conclusions were made.

The results of the technical study revealed some needs of change. The airing of the roof has to be improved. In practice it is not complicated modification because the roof is to be assembled on the building site. This does not require any alterations from the production point of view. Generally the Diana-collection qualifies the Finnish building requirements.

The market of one family houses in Finland proved to be quite challenging. The supply is good but the demand is also on a high level. The building trade also follows the economical situation closely so there is also a risk for significant changes in the building field. The lack of building sites slows the new construction production. The market develops all the time for a higher degree prefabricated products and customers choose wider delivery contents making the building project easier for themselves. The energy efficiency will be a matter which gets attention in the near future.

Scandic Construction Ltd. is now considering whether they should expand their operation to Finland and how they could make their operation more customer-oriented.

Keywords: competitiveness, construction legislation, pre-fabricated house, market research

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Työn taustat	1
1.2 Tutkielman tavoitteet ja rajaukset	2
1.3 Tutkielman rakenne ja lähdeaineisto	2
2 ELEMENTTIJÄRJESTELMIEN OMINAISUUKSIA	3
2.1 Pre cut	3
2.2 Pienelementtijärjestelmä	4
2.3 Suurelementtijärjestelmä	6
2.4 Tilaelementtijärjestelmä	7
2.5 Scandic Constructionin tuotantotapa	8
3 TEKNISTEN MÄÄRÄYSTEN TÄYTTYMINEN	9
3.1 Mitoitusperusteet	10
3.2 Kantavien rakenteiden mitoitus	12
3.2.1 Välipohja	12
3.2.1.1 Kuormitustiedot	12
3.2.1.2 Mitoituksen tarkistus	15
3.2.1.3 Värähtelytarkastelu	20
3.2.2 Aukkopalkit	23
3.2.2.1 Mitoitettavat palkit ja kuormitustiedot	23
3.2.2.2 Aukkopalkkien mitoitus	24
3.2.3 Pilarit	26
3.2.3.1 Kuormitustiedot	26
3.2.3.2 Mitoituksen tarkistus	29

3.2.4 Yläpohja	35
3.2.4.1 Kuormitustiedot	35
3.2.4.2 Mitoituksen tarkistus	36
3.2.4.2.1 Kattopalkit	36
3.2.4.2.2 Puristussauva	38
3.2.4.2.3 Harjapalkki	39
3.3 Rungon levyjäykistys	41
3.4 Lämpöeristys	44
3.4.1 Rakenneosien U-arvot	44
3.4.1.1 Ulkoseinät	44
3.4.1.2 Yläpohja	46
3.4.1.3 Ikkunat	47
3.4.2 Ominaislämpöhäviöiden tasaus	48
3.5 Rakenteiden tuuletus	50
3.5.1 Ulkoseinät	50
3.5.2 Yläpohja	51
3.6 Kosteat tilat	53
3.6.1 Saunan sijoitus	53
3.6.2 Kosteiden tilojen rakenteet	55
3.7 Yhteenveto rakenteista	56
4 SUOMEN VALMISTALOMARKKINAT	57
4.1 Markkinatutkimus	57
4.1.2 Menetelmä	57
4.1.3 Tulokset	59

4.2 Markkinoiden nykytilanne	64
4.2.1 Kysyntä	64
4.2.1.1 Kysyntään vaikuttavat tekijät	64
4.2.1.2 Talopakettien kysyntä	66
4.2.2 Asuntojen tarve	69
4.2.3 Tarjonta	71
4.3 Markkinoiden vaatimukset	72
4.3.1 Vaihtoehtojen tarve	72
4.3.2 Muutosmahdollisuudet	73
4.3.3 Toimitussisältö	73
4.3.4 Energiataloudellisuus	74
4.4 Ostopäätöksen tekijät	76
4.5 Kilpailukykyinen hinta	77
4.6 Markkinointi- ja myyntikanavat	79
5 YHTEENVETO	82
LÄHTEET	85
LIITTEET	88

TERMIEN SELITYKSIÄ

EC1	Euronormien kuormitusten määritysohje, joka vastaa RakMK osaa B1
EC5	Euronormien puurakenteiden suunnitteluohje, joka vastaa RakMK osaa B10
K-jako	K-jako on esimerkiksi seinän runkotolppien vakioetäisyys toisiinsa, tolpan keskeltä keskelle mitattuna.
Käyttöraajatilatarkastelu	Käyttöraajatilasta ylittämisen jälkeen rakenteelle asetetut käyttövaatimukset eivät enää täyty. Käyttöraajatilassa tarkastellaan rakenteisiin syntyviä muodonmuutoksia, jolloin rakenteeseen ei välttämättä synny vaurioita mutta niille on asetettu rajoja käytännöllisistä ja ulkonäöllisistä syistä.
Laskenta-arvo	Arvo, joka saadaan kertomalla ominaisarvo osavarmuusluvulla.
Murtorajatilatarkastelu	Murtorajatila vastaa yleensä rakenteen suurinta kestävyttä, jonka ylittyessä rakenne voi vaurioitua. Murtorajatilassa tarkastellaan rakenteissa syntyviä jännityksiä ja käytetään osavarmuuskertoimia 1,2 pysyville kuormille ja 1,5 muuttuville kuormille.
Ominaisarvo	Usein tilastollisin perustein määritetty arvo, joka määrätyllä todennäköisyydellä ei ylitä tietyllä rakenteen suunnitellun käyttöiän mukaan määritetyllä tarkastelujaksolla.

RakMK

RakMK on Suomen rakentamismääräyskokoelma

U-arvo

Rakenneosan lämmöneristävyyttä kuvaava luku. Mitä pienempi luku on, sitä parempi lämmöneristyskyky rakenteella on.

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat

Scandic Construction ltd. on norjalainen yritys, joka valmistaa suurelementtijärjestelmällä puurakenteisia pientaloja. Talotehdas sijaitsee Pietarin läheisyydessä, Venäjällä.

IEC Ltd AS myy taloja Norjassa. Kun Pietarista on kannattavaa viedä elementtitaloja Norjaan, on yrityksessä pohdittu mahdollisuutta myydä taloja myös Suomeen. Suomen maantieteellinen läheisyys vaikuttaisi muun muassa rahtikuluihin. Toiminnan laajennus Suomeen vaatii kuitenkin tutkimusta suomalaisten rakennusmääräysten täyttymisestä ja kilpailukykyisyydestä riskien kartoittamiseksi.

Suomi ja Norja ovat ilmastoltaan samantyyppisiä, jolloin luonnonilmiöt asettavat rakenteille samanlaisia vaatimuksia. Tällöin voisi ajatella norjalaisten ja suomalaisten rakennusmääräysten olevan pitkälti yhtenevät.

Toisaalta Norja ei kuulu Euroopan unioniin, jolloin on mahdollista, että määräyksetkään eivät ole muuttuneet yhtenevään suuntaan eurooppalaisten määräysten kanssa. Suomessa Euronormit toimivat rinnakkaisena suunnitteluohjeena Suomen rakentamismääräyskokoelman kanssa.

Markkinatutkimus on tarpeen, koska Suomen ja Norjan markkinat voivat monilta osin erota toisistaan. Diana-mallisto on suunniteltu Norjan markkinoille, jolloin menestys siellä ei takaa menestystä Suomessa.

Diana-mallisto koostuu kolmesta mallista, jotka on suunniteltu samalle pohjalle. Huonejärjestys on kaikissa täysin sama. Standard on perusmalli, johon on Royalin tapauksessa lisätty toisen julkisivun keskelle päätykolmio ja Exklusiven tapauksessa on lisätty päätykolmiot molemmin puolin. Katso liite 1.

1.2 Tutkielman tavoitteet ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena oli selvittää Scandic Constructionin Diana-talomalliston soveltumista ja menestymismahdollisuuksia Suomen markkinoilla. Tutkimus käsittelee selvityksen rakenteellisten vaatimusten täyttymisestä ja markkinatutkimuksen. Markkinatutkimuksessa selvitettiin, millainen markkinatilanne Suomessa vallitsee ja sen mahdolliset muutokset tulevaisuudessa.

Teknisessä tutkimusosiossa selvitettiin rakenteiden vaatimusten täyttyvyys. Tämä käsittelee kantavien rakenteiden mitoituksen, rakenteiden tuuletuksen ja rakennuksen vaipan lämpöeristävyyden, ulkoseinärakenteen sekä kosteiden tilojen rakenteet. Teknisessä osiossa vertailtiin myös Suomessa käytettäviä valmistalojen tuotantotapoja. Vertailussa selvitettiin eri tuotantotapojen hyviä ja huonoja puolia sekä valmistajan että rakennuttajan näkökulmasta. Samalla vertailtiin Diana-malliston tuotantotavan eroja suomalaiseen suurelementtijärjestelmään.

1.3 Tutkielman rakenne ja lähdeaineisto

Tutkielma koostuu johdannosta, teknisestä selvityksestä, markkinatutkimuksesta sekä johtopäätöksistä.

Ensimmäisessä luvussa kuvataan lyhyesti työn taustoja tavoitteita, rajauksia, rakennetta ja lähdeaineistoa.

Toisessa luvussa käsitellään yleisimmät Suomessa käytetyt pientalotuotantomenetelmät ja Scandic Constructionin tuotantotapa ja pohditaan sen vahvuuksia ja heikkouksia. Kolmannessa luvussa selvitetään Diana-malliston rakenteellisiä ominaisuuksia ja verrataan niitä suomalaisiin rakennusmääräyksiin.

Neljäs luku käsittelee Suomen valmistalomarkkinoita. Tutkimuksessa selvitetään teollisen pientalorakentamisen tulevaisuuden näkymiä ja kuluttajien vaatimuksia ja toiveita valmistalojen suhteen. Tutkimus koostuu kuluttajille suunnatusta kyselystä ja valmistalomyyjien haastatteluista. Näiden, olemassa olevan kirjallisuuden

ja tilastojen avulla pyrittiin kartoittamaan Diana-malliston vahvuuksia, heikkouksia, mahdollista asiakasryhmää ja hinnan kilpailukykyä. Lisäksi selvitettiin, millaisilla markkinointi- ja myyntikanavilla Suomessa toimitaan.

Teknisten vaatimusten täyttyvyyttä tutkittaessa lähteenä käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmaa ja rakenteiden mitoitusohjetta tarkistuksessa eurooppalaista EC5 puurakenteiden mitoitusohjetta, joka perustuu EC1:n kuormituksille. Markkinatutkimuksen lähdeaineistona käytettiin kuluttajille suunnattua kyselyä, valmistalomyyjien haastatteluja sekä kirjallisuutta.

2 ELEMENTTIJÄRJESTELMÄT

2.1 Pre cut - järjestelmä

Pre cut -tuotantomenetelmä on tämänhetkisistä taloteollisuuden tuotantotavoista jalostusarvoltaan matalin. Tämä ei poikkea paikalla rakentamisesta muutoin kuin materiaalien valmiusasteen osalta. Puurungon osat koneistetaan tehdasolosuhteissa oikeisiin mittoihinsa pituuksia, lovia ja päiden vinouksia myöten. Rakennustyömaalla jää tehtäväksi rakennusosien kasaaminen talon rungoksi. Yleensä toimitusta seuraa myös joukko määrämittoihin työstettyjä levyjä.

Menetelmä lyhentää puurungon pystytysaikaa jonkin verran, ja puutavaran työstötarve työmaalla on minimaalista, samoin materiaalihukka. Pre cut -järjestelmä antaa enemmän vapauksia arkkitehtuurin ja erikoisrakenteiden suhteen verrattuna elementtirakentamiseen. Pre cutin edut asennusvaiheessa verrattuna perinteiseen paikalla rakentamiseen perustuvat valmisosiin ja vakioituihin detaljeihin. Ammattitaitoiselle, kokeneelle asentajalle yksityiskohdat tulevat rutiineiksi, jolloin työohjeiden tulkintaan ei kulu turhaa aikaa.

Pre cut -järjestelmä on talotoimittajan näkökulmasta edullinen sikäli, että investointitarve ja tuotantotilojen tarve ovat melko vähäiset. Asentajat ovat yleensä urakoitsijoita, joille talotoimittajat takaavat tietyn määrän töitä vuodessa, esim. 9

kuukautta ja lopuksi ajaksi urakoitsijat hankkivat itse muita projekteja. Talotointajattajat kouluttavat itse asennusporukkinsa.

2.2 Pienementtijärjestelmä

Pienementtijärjestelmän perusajatus on, että elementtiasennus voidaan tehdä miesvoimin eli kalliita nostureita ei tarvita työmaalla. Tuotanto perustuu standardelementteihin, joita yhdistelemällä voidaan toteuttaa melko vaihtelevia pohjaratkaisuja. Ulkoseinäelementtien maksimileveys on yleensä 1200 mm nykyisillä raskailla seinärakenteilla. Elementtivalikoima koostuu leveysiltään erilaisista ulkoseinä-, oviaukko- ja ikkuna-aukkoelementeistä. Erikoisrakenteet, kuten erkkerit, täytyy tehdä erikoiselementteinä yksittäin. (Hyttinen 1984, 16.)

Tuotannon näkökulmasta pienementtien valmistus on edullinen. Pienementtien tuotanto ei vaadi suuria tiloja eikä kalliita laitteita. Periaatteessa pienimuotoista pienementtituotantoa voisi harjoittaa esimerkiksi autotallissa yhden miehen voimin. Suuremmissa mittakaavassa tuotanto voidaan järjestää sarjatuotantona ja elementtejä voidaan tehdä varastoon. Talomyynnin kausiluonteisuus aiheuttaa talotuotannossa yleensä hiljaisia ja toisaalta erittäin kiireisiä kausia. Pienementtituotannossa tuotannon kuormitusta voidaan tasoittaa, kun talomyynnin hiljaisina kausina elementtejä voidaan tehdä varastoon ja toisaalta sesonkikausina voidaan ylläpitää tasaista tuotantoa ja myydä varastoja tyhjiksi. Tämä on laadun ja työntekijöiden hyvinvoinnin kannalta myönteistä.

Jossain määrin ongelmallisena pienementtijärjestelmässä voidaan pitää suurta saumojen määrää talossa, ulkoverhouksien rajoituksia tehtaalla ja sähköputkitusten toteutusta (Hyttinen 1984, 24.).

Kun elementit ovat maksimissaan vain 1200 mm leveydeltään ja yksi talo koostuu koosta riippuen noin 40 - 60 elementistä, syntyy paljon saumakohtia asennuksessa. Tämä johtaa tarpeettoman suureen runkotolppien määrään, joka aiheuttaa turhia materiaalikustannuksia. Saumakohtat ovat myös kosteusteknisesti aina riskialttiimpia kohtia rakennuksessa. Ne vaativat aina huolellisuutta höyrynsulun

asennuksen kannalta. Suuri saumamäärä nostaa virheiden riskiä höyrynsulun asennuksessa.

Ulkoverhoilu tehdasvaiheessa on pienelementeillä rajoitettua. Lautaverhous voidaan toteuttaa ainoastaan pystysuunnassa. Vaakasuunnassa se on elementtien kapeuden takia mahdotonta, ja siksi vaakalaudoitus on tehtävä työmaalla elementtiasennuksen jälkeen. Tämä pienentää valmiusastetta jonkin verran paitsi jos talossa on vain pystyverhous. Pystylaudoituksenkin kohdalla työmaalla joudutaan verhoilemaan kaikki elementtien saumakohdat.

Sähköputkitukset ovat hankalia toteutettavia pienelementtijärjestelmällä, koska elementtejä tehdään varastoon. Niiden käyttökohdetta ja sijaintia rakennuksessa ei voida tietää, jolloin sähköputkituksienkin paikkoja on mahdoton tietää. Joillain valmistajilla on valikoimissaan ulkoseinäelementtejä, joissa on pystyputkituksia ja rasiapohjia valmiina. Mieluiten sähköasennukset tulisi asentaa väliseiniin ja työmaalla koottaviin rakenneosiin. (Hyttinen 1984, 24.)

LVI-putkituksia tehdään harvemmin ulkoseiniin joten ne eivät aiheuta ongelmia. Välipohjaelementtien kohdalla tulisi välttää vaakasuuntaisia putkituksia. Läpiviennit tehdään työmaalla. (Hyttinen 1984, 22.)

Pienelementtien varastoon tuotanto voi heikentää rakenteiden käyttöastetta. Tämä aiheutuu siitä, että elementtien rakennesuunnittelu on tehtävä vaarallisimpien kuormitustapausten mukaan eli esimerkiksi lumikuormat on huomioitava Suomessa suurimman mitoitusperusteen mukaan, vaikka rakennuspaikalla mitoitusarvo olisi pienempi. Suomessa ominaislumikuormat vaihtelevat välillä 2,0 – 3,5 kN/m² (RIL-201-1999, 43). Rakenteiden käyttöasteen ollessa matala materiaalikustannukset ovat aina tarpeettoman korkeat. Toisaalta vakiorakenneosilla työskentely on käytetyn ajan suhteen yleensä edullisempää ja saattaa paikata materiaaleissa käytetyn ”turhan” kustannuserän. (Hyttinen, 1984.)

2.3 Suurelementtijärjestelmä

Suurelementtijärjestelmässä ulkoseinäelementit tehdään mahdollisimman suurina. Rajoitteina ovat yleensä kuljetusmahdollisuudet, käsiteltävyys tehtaalla ja seinän noston kestävyys. Maksimipituus on 10 – 12 metriä. Korkeus määräytyy yleensä kerroskorkeuden mukaisesti. Välipohjaelementit ovat yleensä 1,2 tai 2,4 metriä leveitä ja noin 10–12 metriä pitkiä. (Hyttinen 1984, 30.)

Tehdastoimituksen valmiusaste on yleensä melko korkea. Ulkoseinien ulkopinnat ovat pääsääntöisesti verhoiltu ja maalattu, ikkunat on valmiiksi asennettu, samoin ikkunapielet ja -pellit. Sisäpuolelta levytys on tehty ja sähköputkitukset asennettu suunnitelmien mukaisesti. (Hyttinen 1984, 30.)

Suurelementtijärjestelmän hyviä puolia ovat korkea valmiusaste. Elementtien suuri koko on edullinen sikäli, että niihin saadaan saumattomat höyrynsulkumuovit, jolloin kosteusvuotojen riski pienenee. Pienempi elementtien määrä vähentää myös saumojen määrää ja siten saumojen aiheuttamaa työtä työmaalla. Suurelementteinä voidaan toteuttaa rajoituksetta ulko- ja väliseinät, ala- ja välipohjat sekä kattoelementit. Suurelementtijärjestelmän eduksi voidaan myös lukea se, että jokainen talo toteutetaan erikseen, jolloin tunnetaan sähköasennuksien ja läpivientien paikat. Tällöin ne voidaan tehdä tehtaalla valmiiksi ja näin valmiusaste paranee. (Hyttinen 1984, 30.)

Suurelementtien asennusvaihe on hiukan vaativampi olosuhteiden kannalta aiemmin esiteltyihin menetelmiin verrattuna. Asennukseen vaaditaan melko järeä nosturi. Nostotehon tarve on luokkaa 20 tm, joka merkitsee sitä, että nosturin olisi kyettävä nostamaan 1 tonnin painoinen elementti 20 metrin etäisyydeltä. Tämä asettaa tiettyjä vaatimuksia tieyhteyksille, jotta tämän kokoinen nosturi saadaan rakennuspaikalle. Samoin rakennuspaikka on oltava sellainen, että nosturi pystyy työskentelemään tehokkaasti yhdestä paikasta. Elementtien suuren pinta-alan vuoksi asennusvaiheessa tulisi ottaa huomioon myös tuuliolot. Kovassa tuulessa elementtien hallinta voi olla hankalaa ja asennusta voi joutua jopa siirtämään. Suomen olosuhteet harvemmin asettavat esteitä suurelementtirakentamiselle. (Hyttinen 1984, 41.)

2.4 Tilaelementtijärjestelmä

Tilaelementtijärjestelmä on valmistalojen rakennustavoista kehittynein. Valmiusaste on erittäin pitkälle vietyä. Aivan viimeisimpänä on markkinoille tullut talovalmistaja, joka toimittaa koko talon kokonaisuena perustuksineen rakennuspaikalle. Viimeistelytyöt tehdään saman päivän aikana, eli talo on muuttovalmis samana päivänä. Etukäteen rakennuspaikalla tehtäväksi jää ainoastaan pohjatyöt.

Yleisempi tilaelementtijärjestelmä valmistaa huoneen kokoisia elementtejä, joihin yleensä on asennettu pintamateriaalit, kodinkoneet ja kalusteet valmiiksi. Elementtien maksimikoon määrää kuljetusmahdollisuudet. Normaali maantiekuljetuksessa kuorman koko sallittu korkeus on 4,0 metriä ja leveys 2,5 metriä. Tällöin normaali elementin leveys on 2,4 metriä. Erikoiskuljetuksella voidaan kuljettaa 3,5 metriä leveää kuormaa, johon usein joudutaan turvautumaan. 4,0 metrin kuorman korkeutta ei pitäisi ylittää, koska useimmiten joudutaan alittamaan siltoja, joiden alikulkukorkeus on n. 4 metriä. Elementin pituus määräytyy yleensä rakennuksen syvyyden mukaan, joka yleensä on noin 7 – 10 metriä. (Hyttinen 1984, 42.)

Pelkästään kuljetusteknilliset syyt rajoittavat melkoisesti talon arkkitehtuuria mittojen ja muodon suhteen. Tilaelementtijärjestelmä edellyttää suorakulmaisia ja yksinkertaisia muotoja tuotannon ja kuljetuksen asettamien rajoitusten vuoksi.

Tilaelementtijärjestelmässä alapohja tehdään yleisestä elementtivalmistuksesta poiketen tehtaalla. Se on välttämätöntä elementtien koossa pysymisen kannalta. Rakennuspaikalla tehtäväksi jää vain elementtien asennus paikoilleen ja liittämisen toisiinsa, elementtien välisten sähkö- ja putkitöiden, kunnallistekniikan liittäminen sekä vesikaton teko. Yleensä talon asennuksen aloituksesta täysin valmiiksi kestää viikosta muutamaan viikkoon. (Hyttinen 1984, 45.)

Tilaelementtien teko tehtaalla tapahtuu tuotantolinjoilla, joissa alkuvaiheessa kasataan runko ja loppupäässä tulee valmiita tilaelementtejä kiintokalusteita myöten valmiina. Yksityiskohdat ovat yleensä hyvin yksinkertaisia verrattuna muihin rakennustapoihin. (Hyttinen 1984, 44.)

Edut tulevat juuri yksinkertaisuudesta, jolloin tuotantolinjat kulkevat nopeasti. Koska ratkaisut ovat aina suurin piirtein samanlaisia, ammattitaitoiset työntekijät tekevät kaikki työvaiheet rutiinilla ja nopeudessa on vaikeaa kilpailla esim. paikalla rakentamisessa. Työntekijöiltä vaaditaan moniosaajuutta, koska tilaelementtituotantoon liittyy useita eri ammattitaitoja vaativia työvaiheita. Riittävän ammattitaitoisen työvoiman saatavuus voi olla hankalampaa kuin muilla talotehtailla.

Tilaelementtien suuri koko asettaa kuljetusnäkökulmasta rakenteellisia vaatimuksia. Rakenteen on oltava riittävän jäykkä, jotta elementti voidaan nostaa liinoilla, jotka ovat elementin poikkisuunnassa. Liinat aiheuttavat alapohjaan puristusjännitystä, jolloin siinä on oltava poikittaistukia. Alapohjapalkisto voidaankin asentaa lyhyemmän jännevälin suuntaan, jolloin rakenne on tuettu.

Asiakkaan kannalta edullista ”avaimet käteen” -toimituksessa on se, että se mahdollistaa rakennuttamisen kenelle tahansa. Kustannukset ovat silti kilpailukykyiset muiden rakennustapojen kanssa, juuri yksinkertaisuudesta johtuen. Valintamahdollisuudet ovat yleensä materiaalivalinnoissa, jotka voivat laatuerojen vuoksi vaikuttaa kustannuksiin. Vaikka talotoimitus vie monessa tapauksessa jopa vuoden tilausajankohdasta, ei tilauksesta valmiiseen asuntoon kuluva aika lopulta ole pidempi kuin muillakaan rakennustavoilla nopean asennuksen vuoksi.

2.5 Scandic Constructionin tuotantotapa

Diana-talomallisto on toteutettu suurelementtijärjestelmällä. Tuotantomenetelmä ei kuitenkaan kaikilta osin ole samanlainen kuin yleensä. Erot tulevat valmiusasenteessa. Scandic Constructionin toiminta-ajatus on myydä ulkoapäin valmis talo. Tehtaalta lähtevissä elementeissä ei ole höyrynsulkumuovia eikä niin ollen myöskään sisäpuolen kipsilevyjä asennettuina. Syynä tähän on, että asiakkaalla on enemmän valinnanvaraa sisäpuolen pintojen suhteen eli ei tarvitse välttämättä käyttää esimerkiksi kipsilevyjä. Myöskään sähköputkia ja -rasioita ei asenneta tehtaalla, joten niiden asennus helpottuu, kun levytystä ei ole tehty.

Ulkooverhous on joka talossa samanlainen eli profiloituna peiterimalaudoituksena toteutettu. Maalaustyöt tehdään vasta työmaalla. Ikkunoiden pellitykset ja pielet ovat valmiiksi tehtyjä.

Diana-talon tuotantomenetelmällä ei saavuteta kaikkia suurelementtien hyötyjä. Valmiusaste on jonkin verran matalampi kuin mitä se voisi olla. Normaalisti sisäpuolen levytykset ja sähköputkitukset on tehty, välipohja on koottu elementeiksi ja jotkut toimittavat myös katon elementteinä.

Talotoimittajan näkökulmasta suuri etu on vähäinen suunnittelun tarve. Yleensä suurelementtituotantoon liittyy paljon suunnittelutyötä. Kun tehdään vain tyyppitaloja ilman muutoksia, suunnittelijoita ei juurikaan tarvita. Tapauskohtaisesti on aina tarkistettava, että rakennus täyttää vaatimukset rakennuspaikalla. Sähkösuunnittelua ei tarvitse tehdä tuotantovaiheessa, koska putkitukset tehdään vasta työmaalla.

3 TEKNISTEN MÄÄRÄYSTEN TÄYTTYVYYS

3.1. Mitoitusperusteet

Puurakenteisen pientalon rakenteiden mitoitus voidaan Suomessa tehdä joko Rakentamismääräyskokoelman osan B10 tai eurooppalaisen EC5:n suunnitteluohjeiden mukaisesti. Eurooppalainen mitoitusohje on jonkin verran suomalaista mitoitusohjetta monimutkaisempi ja siinä otetaan eri tekijät tarkemmin huomioon. Lopputulos on kuitenkin yleensä melko lailla sama kuin suomalaisten normien mukaan mitoitettaessa. Välipohjan mitoitus voi olla selvästi poikkeava, koska EC5 mukaan laskettaessa myös värähtely huomioidaan ja se on usein mitoittavana tekijänä.

Tässä yhteydessä on tarkoituksenmukaista mitoittaa rakenteet EC5 mukaan, koska se täyttää määräykset kaikissa EU:n jäsenmaissa. Näin Diana-malliston myynti on mahdollista myös muihin EU-maihin ilman erillistä rakenteiden mitoituksen tar-

kastamista. Tämä tietysti sillä varauksella, etteivät luonnon kuormat ole tässä käytettyjä arvoja suuremmat.

Pysyvät kuormat

Pysyvät kuormat ovat yleensä rakenteiden omia kuormia, jotka lasketaan ainetilavuuksien ja ainetiheyksien perusteella. Pysyvien kuormien osavarmuuskertoimina käytetään murtorajatilatarkastelussa joko 1,2 tai 1,0. Jälkimmäistä käytetään siinä tapauksessa, että rakenteen omapaino lisää rakenteen kestävyyttä. Tällainen tilanne tulee esimerkiksi rakennuksen ankkuroinnissa. (RIL 205-1997, 28)

Muuttuvat kuormat

Muuttuvat kuormat ovat hyötykuormia tai luonnonkuormia, kuten lumi- ja tuulikuormia. Muuttuvat kuormat huomioidaan murtorajatilatarkastelussa osavarmuuskertoimella 1,5. Muuttuvia kuormia on vaikea määrittää tarkasti, jolloin niille käytetään tilastollisesti laskettuja arvoja, jotka tietyllä todennäköisyydellä eivät ylitä tietyllä ajanjaksolla. Ajanjakson pituus on suhteutettu rakenteen tarkoitettuun käyttöikään tai kestoikään. Muuttuviin kuormiin liittyvien epävarmuustekijöiden takia myös osavarmuuskertoimen on korkeampi kuin pysyvillä kuormilla. (RIL 205-1997, 28)

Lumikuormat

Yläpohjan lumikuorma lasketaan EC1:n mukaan kaavalla 1.

$$s = \mu_i \times s_k, \quad (1)$$

jossa μ_i = katon muotokerroin ja

s_k = ominaislumikuorma

Diana-mallistossa kattokaltevuus on 37°, jolloin interpoloimalla muotokertoimeksi μ_i saadaan 0,6. Koska tyyppitalon rakennuspaikkaa ei suunnitella tunnetta, on

rakenteiden mitoitusperuste valittava. Tässä yhteydessä käytetään lumikuorman ominaisarvoa $2,5 \text{ kN/m}^2$, jolla voidaan mitoittaa valtaosa Suomessa pystytettävistä rakennuksista. Käytetty lumikuorman arvo ei riitä Pohjois-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa, mutta käytännössä näille alueille ei todennäköisesti pystytetä montakaan Diana-taltoa. Suunnitteluperusteet on joka tapauksessa tarkistettava tapauskohtaisesti rakennuspaikan mukaan. (RIL 205-1997, 31)

$$s = 0,6 \times 2,5 \text{ kN/m}^2 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

Tuulikuormat

Tuulikuorma voidaan määrittää yksinkertaistetuilla laskentakaavoilla. Tämän työn yhteydessä käytetään tuulikuorman määrittämisessä maaston karheusluokkaa III, joka määritetään seuraavasti:

”Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet. Vaihtelevat viljelysalueet, joissa on yksittäisiä rakennuksia ja metsäsaarekkeita” (RIL 205-1997, 29)

Maastoluokassa III tuulikuorma määritetään kaavasta 2.

$$q_k = 0,57 \left(\frac{h}{8} \right)^{0,30} \quad (2)$$

Diana-malliston harjakorkeus on 6,7 metriä jolloin tuulikuormaksi tulee

$$q_k = 0,57 \left(\frac{6,7 \text{ m}}{8} \right)^{0,30} = 0,54 \text{ kN/m}^2$$

3.2 Kantavien rakenteiden mitoitus

3.2.1 Välipohja

Välipohjan mitoituksen tarkistus on tehty www.puuinfo.fi-sivuston puurakenteiden mitoitusohjelmalla. Kaksiaukkoiset palkit on laskettu kahtena yksiaukkoisena palkkina, koska mitoitusohjelma ei laske kuin yksiaukkoisia palkkeja. Kaksiaukkoisen palkin on jäykempi kuin yksiaukkoisen, ja siksi se täyttää vaatimukset, jos se täyttää ne kahtena yksiaukkoisena palkkina. Liitteessä 2 on kuva Diana Royalin välipohjapalkistosta.

Välipohjapalkisto koostuu yksi- ja kaksiaukkoisista palkeista, joiden dimensiot ovat $48 \times 223 \text{ mm}^2$. Yläkerran kylpyhuoneen kohdalla on käytetty $48 \times 198 \text{ mm}^2$ puutavaraa, koska kylpyhuoneen lattiarakenne on paksumpi kuin kuivissa tiloissa. Kuivissa tiloissa välipohjapalkiston päälle on asennettu suoraan 22 mm:n lastulevyt. Kosteissa tiloissa palkkien kylkiin on kiinnitetty 36 mm x 48 mm soirot siten, että lastulevyt saadaan asennettua tasan palkiston yläreunan kanssa. Tällöin korkeusero kosteiden ja kuivien tilojen välillä on 47 mm ja kosteisiin tiloihin voidaan valaa 50 mm:n betonilaatta. Näin kylpyhuoneen ja muiden 2. kerroksen tilojen lattiataso on suurin piirtein samalla tasolla. Pitkällä jännevälillä $48 \text{ mm} \times 198 \text{ mm}$ kokoista palkkia käytettäessä on kuitenkin käytetty kahta kyljistään liitettyä palkkia, jolloin poikkileikkaus on $96 \times 198 \text{ mm}^2$. Kaksiaukkoiset palkit ovat $48 \text{ mm} \times 198 \text{ mm}$. Tällöin pidempi jänneväli on 1940 mm.

3.2.1.1 Kuormitustiedot

Euronormien mukaan rakenne mitoitetaan

pistekuormalle $F_k = 2,0 \text{ kN}$

muuttuvalle kuormalle $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$

pysyväälle kuormalle (oma paino) $g_k = 0,5 \text{ kN/m}^2$ (kuivat tilat) tai $1,85 \text{ kN/m}^2$ (kosteat tilat)

(Leivo, Nupponen & Pitkänen 1997, 53.)

Seuraavissa taulukoissa 1 ja 2 on eritelty eri rakenneosien vaikutus rakenteiden omiin painoihin

TAULUKKO 1 Välipohjan rakennekuorma kuivissa tiloissa

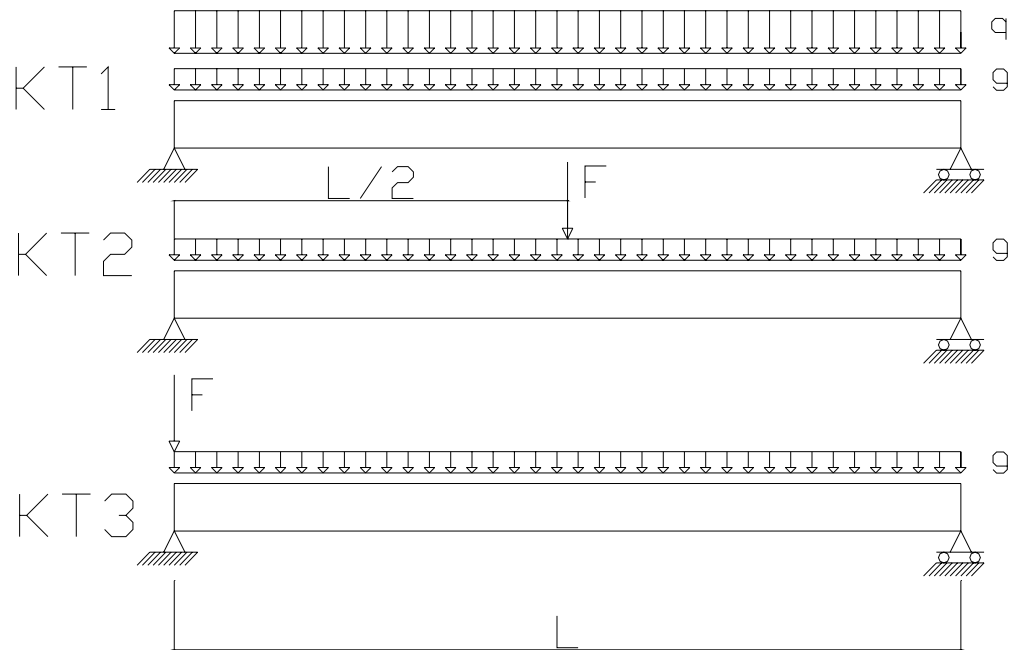
Välipohjan rakennekuormat kuivissa tiloissa	
Materiaali	Aiheutuva kuormitus kN/m ²
Parketti	0,1
Lastulevy	0,15
Palkisto	0,1
Mineraalivilla	0,03
Koolaus (48x48mm ²)	0,03
Kipsilevy	0,09
Yhteensä	0,5

TAULUKKO 2 Välipohjan rakennekuorma kosteissa tiloissa

Välipohjan rakennekuormat kosteissa tiloissa	
Materiaali	Aiheutuva kuormitus kN/m ²
Laatoitus+ teräsbetoni (60mm)	1,5
havuvaneri (18 mm)	0,11
Palkisto (48x223mm ²)	0,09
Mineraalivilla	0,03
Koolaus (48x48mm ²)	0,03
Kipsilevy (13mm)	0,09
Yhteensä	1,85

Muuttuvalle kuormalle käytetään varmuuskerrointa $\gamma_q = 1,5$ ja pysyvälle kuormalle $\gamma_k = 1,2$.

Kuormitustapaukset on esitettyä kuviossa 1.



KUVIO 1 Välipohjan eri kuormitustapaukset

Käyttörajatilassa eli muodonmuutoksia laskettaessa ei käytetä varmuuskertoimia.

$$P_{k1} = k \times (g_k + q_k) = 0,6m \times (0,5kN/m^2 + 2,0kN/m^2) = 1,5kN/m$$

$$P_{k2} = k \times g_k = 0,6m \times (0,5kN/m^2) = 0,3kN/m$$

$$F_k = 2,0kN$$

Murtorajatilassa tarkastellaan jännityksiä, jolloin käytetään varmuuskertoimia.

$$P_{d1} = k \times (\gamma_g \times g_k + \gamma_q \times q_k) = 0,6m \times (1,2 \times 0,5kN/m^2 + 1,5 \times 2,0kN/m^2) = 2,16kN/m^2$$

$$P_{d2} = k \times \gamma_g \times g_k = 0,6m \times (1,2 \times 0,5kN/m^2) = 0,36kN/m^2$$

$$F_d = \gamma_q \times F_k = 1,5 \times 2,0kN = 3,0kN$$

Taivutusmomentti lasketaan kaavoilla

$$M_{d1} = \frac{P_{d1} \times L^2}{8} \quad (3)$$

$$M_{d2} = \frac{P_{d2} \times L^2}{8} + \frac{F_d \times L}{4} \quad (4)$$

$$M_{d3} = \frac{P_{d3} \times L^2}{8} + 0 \quad (5)$$

Leikkausvoima lasketaan kaavoilla

$$V_{d1} = \frac{P_{d1} \times L}{2} \quad (6)$$

$$V_{d2} = \frac{P_{d2} \times L}{2} + \frac{F_d}{2} \quad (7)$$

$$V_{d3} = \frac{P_{d3} \times L}{2} + F_d \quad (8)$$

3.2.1.2 Mitoituksen tarkistus

Puutavaran lujuusluokka on C24 ja jako palkin keskeltä keskelle on 600 mm. Välipohja mitoitetaan käyttöluokassa 1 ja aikaluokassa keskipitkä. Tarkistettavat välipohjapalkit ovat dimensioiltaan 48 x 223 mm², 48 x 198 mm² ja 96 x 198 mm².

Sallittujen taivutusjännitysten laskentaan tarvitaan kerroin k_{mod} , joka määräytyy käyttö- ja aikaluokkien mukaan. Käyttöluokassa 1 ja aikaluokassa keskipitkä $k_{\text{mod}} = 0,8$. Taulukossa 3 on esitettyä lujuusluokan C24 ominaislujuudet.

TAULUKKO 3 Sahatavaran lujuusluokan C24 ominaislujuudet

Sahatava C24	
$E_{0,05}$ (N/mm ²)	7400
$E_{0,mean}$ (N/mm ²)	11000
taivutusjännitys $f_{m,k}$ (N/mm ²)	24
puristusjännitys $f_{c,0,k}$ (N/mm ²)	21
leikkausjännitys $f_{v,k}$ (N/mm ²)	2,5

Sallittu taivutusjännitys lasketaan kaavasta 9.

$$f_{m,d} = k_{\text{mod}} \times f_{m,k} / 1,3 = 0,8 \times 24 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 14,78 \text{ N/mm}^2 \quad (9)$$

Kaavalla 10 lasketaan taivutusjännitys, ja sen on oltava pienempi kuin $f_{m,d}$.

$$\sigma_b = \frac{M_{d1}}{\frac{b \times h^2}{6}} < f_{m,d} \quad (10)$$

Sallittu leikkausjännitys lasketaan kaavasta 11.

$$f_{v,d} = k_{\text{mod}} \times f_{v,k} / 1,3 = 0,8 \times 2,5 \text{ N/mm}^2 / 1,3 = 1,54 \text{ N/mm}^2 \quad (11)$$

Leikkausjännityksen laskentaan ei EC5:n mukaan käytetä suoraan leikkausvoiman maksimiarvoa vaan mitoittava leikkausvoima on palkin korkeuden etäisyydellä palkin päästä (Leivo ym. 1997, 75). Mitoittava leikkausvoima lasketaan seuraavalla kaavalla 12.

$$V_{\text{mit}} = \frac{P_d \times (L - 2 \times h)}{2} \quad (12)$$

Mitoittava leikkausjännitys lasketaan kaavalla 13, ja sen on oltava pienempi kuin $f_{v,k}$.

$$\tau = \frac{3 \times V_{mit}}{2 \times b \times h} < f_{v,d} \quad (13)$$

Tuen leveyden laskentaa varten tarvittava sallittu puristusjännitys syitä vastaan kohtisuorassa suunnassa lasketaan kaavasta 14.

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \times f_{c,90,k} / 1,3 = 0,8 \times 5,3 N / mm^2 / 1,3 = 3,26 N / mm^2 \quad (14)$$

Pysyvän ja muuttuvan kuorman aiheuttaman taipuman laskentaan tarvitaan eri kertoimet k_{def} . Pysyvällä kuormalla $k_{def} = 0,6$ ja muuttuvalla kuormalla $k_{def} = 0,25$. Palkille lasketaan taipuma yksikkökuormalla 1kN/m kaavalla 15.

$$u_{ref} = \frac{5 \times q_{ref} \times L^4}{384 \times E_{0,mean} \times \frac{b \times h^3}{12}} \quad (15)$$

Pysyvän kuorman aiheuttama taipuma on

$$u_1 = k \times g_k \times (1 + k_{def}) \times u_{ref} \quad (16)$$

Muuttuvan kuorman aiheuttama alkutaipuma on

$$u_{2,inst} = k \times q_k \times u_{ref} \quad (17)$$

Muuttuvan kuorman alkutaipuma ei saa ylittää $L/300$

Muuttuvan kuorman aiheuttama lopputaipuma on

$$u_2 = k \times q_k \times (1 + k_{def}) \times u_{ref} \quad (18)$$

Kokonaistaipuma on

$$u_{net} = u_1 + u_2 \quad (19)$$

Taulukossa 4 on laskettuna kaikkien tarkistettujen välipohjapalkkien jännitykset sekä taipumat.

Tuen leveys l_x lasketaan kaavalla

$$l_x \geq \frac{V_{d1}}{b \times f_{c,90,d}} \quad (20)$$

TAULUKKO 4 Tarkistettujen palkkien jännitykset ja taipumat

Välipohjapalkkien mitoitus										
VPP	Dimensio	Jänneväli	Taivutusjännitys $f_{m,d}$ (N/mm ²)			Leikkausjännitys $f_{v,d}$ (N/mm ²)				
			Sallittu	Toteutuva	käyttöaste (%)	Sallittu	Toteutuva	käyttöaste (%)		
B1	48x223	3700,0	14,8	9,3	62,9	1,5	0,5	32,0		
B13	48x198	1940,0	14,8	6,6	44,9	1,5	0,4	24,8		
2xB13	96x198	3700,0	14,8	8,5	57,9	1,5	0,4	26,5		
			Taipuma $u_{2,inst}$ (mm)			Taipuma u_{net} (mm)			Tuen leveys l_x (mm)	
			Sallittu	Toteutuva	käyttöaste (%)	Sallittu	Toteutuva	käyttöaste (%)		
B1			12,3	6,0	48,7	18,5	9,9	53,5	25,5	
B13			6,5	0,7	10,0	9,7	1,8	18,2	27,4	
2xB13			12,3	4,3	34,8	18,5	11,7	63,3	18,5	

Välipohjien käyttöaste jäi suhteellisen alhaiseksi jännitys- ja muodonmuutoslaskelmien perusteella. Useimmiten värähtelytarkastelu onkin välipohjan mitoituksen kohdalla mitoittava tekijä.

Kaksikerroksisen puurakenteisen talon mitoituksista tärkein on ehdottomasti välipohja, koska vaikka jännitykset ja muodonmuutokset pysyvät sallituissa rajoissa, voi värähtely aiheuttaa käyttömukavuuden kannalta häiriöitä. Puurakenteissa äänet ja värähtely etenevät todella hyvin ja tästä syystä värähtely olisi huomioitava mitoituksessa.

Värähtelyluokittelu olisi hyvä saada viralliseksi käytännöksi, koska värähtely on yksi laadun tekijä puurakenteisessa talossa. Parempi laatu lisää myös tässä tapauksessa kustannuksia. Värähtelyluokittelun avulla asiakas voisi ilmoittaa konkreettisemmin, kuinka laadukkaan välipohjan haluaa.

Diana-talon välipohjan mitoituksessa ei ole huomioitu värähtelyä. Se on suunniteltu ainoastaan jännitysten ja muodonmuutosten perusteella. TAULUKKO 5 on mitoitusohje, jonka mukaan Diana-talon välipohja on mitoitettu. Se on ohje, jolla ilmoitetaan päästävän alhaiseen jäykkyyteen.

Suomessa on muutama ääritapaus, joissa talotehdas on joutunut vahvistamaan jälkeenkäynnin valmistalon välipohjaa, koska värähtely on ollut niin voimakasta, että se on haitannut asumista selvästi.

TAULUKKO 5 Norjalainen välipohjapalkiston mitoitusaulukko (Trebjelkelag, dimensjonering og utførelse 1997, 2)

Bjelke- dimensjon mm x mm	Lysåpning i meter, avhengig av trelastkvalitet og bjelkeavstand								
	Trevirke T 18 Bjelkeavstand c/c i mm			Trevirke T 24 Bjelkeavstand c/c i mm			Trevirke T 30 Bjelkeavstand c/c i mm		
	300	400	600	300	400	600	300	400	600
36 x 148	2,65	2,40	2,15	2,85	2,60	2,30	2,95	2,65	2,35
42 x 148	2,75	2,50	2,25	2,95	2,70	2,40	3,05	2,80	2,50
48 x 148	2,90	2,60	2,30	3,10	2,80	2,50	3,20	2,90	2,60
36 x 198	3,70	3,35	2,95	3,95	3,60	3,20	4,10	3,75	3,30
42 x 198	3,85	3,55	3,10	4,15	3,80	3,35	4,25	3,95	3,45
48 x 198	4,00	3,70	3,25	4,30	3,95	3,50	4,45	4,10	3,60
61 x 198	4,30	3,95	3,50	4,60	4,25	3,75	4,80	4,40	3,90
73 x 198	4,55	4,20	3,70	4,90	4,50	4,00	5,05	4,70	4,15
36 x 223	4,20	3,85	3,40	4,50	4,15	3,65	4,65	4,30	3,80
48 x 223	4,55	4,25	3,70	4,90	4,55	4,00	5,05	4,70	4,15
73 x 223	5,20	4,80	4,25	5,55	5,15	4,55	5,75	5,35	4,70

3.2.1.3 Värähtelytarkastelu

Euronormien mukaan puurakenteista välipohjaa mitoitettaessa huomioidaan dynaamisesta kuormituksesta syntyvä värähtely. Värähtelytarkastelua ei tehdä rakenteiden kestävyuden vuoksi vaan inhimillisistä mukavuutta parantavana tekijänä. (STEP 1, puurakenteet 1996, A18/1.)

Kaksi pääasiallisinta värähtelyä aiheuttavaa tekijää ovat ihmisen toimien ja koneiden aiheuttama värähtely. Mitoitettaessa asumiseen tarkoitettun pientalon välipohjaa ei koneiden aiheuttamaa värähtelyä ole järkevää huomioida poikkeustapauksia lukuun ottamatta. Ihmisen toimet sisältävät kävelyaskelten lisäksi esim. lasten hyppimisen. (STEP 1, puurakenteet 1996, A18/2.)

Värähtelyn siirtymistä rakenteiden välityksellä voidaan vähentää jo suunnittelun aiemmissa vaiheissa. Esim. lattiarakenteen ei pitäisi jatkua huoneesta toiseen saumattomasti. Päällekkäiset väliseinät eivät saa olla yhteydessä toisiinsa, koska silloin värähtely siirtyy niiden välityksellä alempiin rakenteisiin. (STEP 1, puurakenteet, 1996 A18/2.)

Lattiat voidaan jakaa alimman ominaistaajuuden mukaan matala- ja korkeataajuuksiin lattiaihin. 10 Hz ominaistaajuudeltaan alittavat lattiat ovat matalataajuuksisia ja 10 Hz ylittävät lattiat ovat korkeataajuuksisia. Matalataajuuksiset lattiat luokitellaan kiihtyvyydsamplitudin ja 1 kN yksikkökuormasta aiheutuvan kallistuman mukaan. Korkeataajuuksiset lattiat luokitellaan 1 kN yksikkökuormasta aiheutuvan taipuman ja kallistuman perusteella. Taulukossa 6 on esitetty raja-arvot, joiden perusteella lattiat luokitellaan. Taulukossa 7 on eri värähtelyluokkien kuvaukset.

TAULUKKO 6 Lattioiden värähtelyluokitus (Talja, Toratti & Järvinen 2002, 19.)

Matalataajuuksiset lattiat		Korkeataajuuksiset lattiat, korotuslattiat ja kelluvat lattiat		Kaikki lattiat	
Kiihtyvyysehto		Taipumaehto		Kallistumaehto	
Luokka	$3 \text{ Hz} \leq f_0 \leq 10 \text{ Hz}$	Luokka	$f_0 > 10 \text{ Hz}$	Luokka	
A	$a \leq 0,03 \text{ m/s}^2$	A	$\delta \leq 0,12 \text{ mm}$	1	$\phi \leq 0,2 \text{ mm}/1,2 \text{ m}$
B	$a \leq 0,05 \text{ m/s}^2$	B	$\delta \leq 0,25 \text{ mm}$	2	$\phi \leq 0,4 \text{ mm}/1,2 \text{ m}$
C	$a \leq 0,075 \text{ m/s}^2$	C	$\delta \leq 0,5 \text{ mm}$	3	$\phi \leq 0,8 \text{ mm}/1,2 \text{ m}$
D	$a \leq 0,12 \text{ m/s}^2$	D	$\delta \leq 1,0 \text{ mm}$	4	$\phi \leq 1,6 \text{ mm}/1,2 \text{ m}$
E	$a > 0,12 \text{ m/s}^2$	E	$\delta > 1,0 \text{ mm}$	5	$\phi > 1,6 \text{ mm}/1,2 \text{ m}$

TAULUKKO 7 Eri värähtelyluokkien kuvaus (Talja ym 2002, 16.)

Värähtelyiden aistittavuus kehon tunte- muksen perusteella		Värähtelyiden aistittavuus esineisiin synty- vän värähtelyn perusteella	
A	Värähtely ei ole yleensä havaittavissa.	1	Astioiden kilinää ja kasvin lehtien heilumista ei yleensä esiinny.
B	Värähtely on juuri havaittavaa.	2	Astioiden kilinää ei yleensä esiinny ja kasvin lehtien heiluminen on juuri havaittavaa.
C	Värähtely on havaittavaa.	3	Astioiden kilinää on juuri havaittavaa. Kasvin lehtien heiluminen on havaittavaa.
D	Värähtely on selvästi havaittavaa.	4	Astioiden kilinää ja kasvin lehtien heiluminen on selvästi havaittavaa.
E	Värähtely on voimakasta.	5	Astioiden kilinää ja kasvin lehtien heiluminen on voimakasta.

Mitoitettava lattia täytyy EC5:n mukaan olla kaikilta neljältä sivultaan vapaasti tuettu ja sen alin ominaistaajuus saadaan kaavasta, jossa massa m on välipohjan massa pinta-alayksikköä kohti, johon on lisätty hyötykuormaa $0,3 \text{ kN/m}^2$.

Seuraavaksi on laskettuna taipuma lattia-alueelle, jonka välipohjapalkiston pituus on $3,7 \text{ m}$. Lattian rakenteen oletetaan olevan 22 mm kipsilevy, $48 \text{ mm} \times 223 \text{ mm}$

palkisto, 48 mm x 48 mm koolaus ja 13 mm kipsilevy. $(EI)_l$ kuvaa lattian jäykkyyttä pituussuunnassa, ja $(EI)_b$ kuvaa jäykkyyttä lattian leveysuunnassa.

$$(EI)_l = \sum (E_{il} I_{il}) = \frac{11000 \times 48 \times 223^3}{12 \times 0,6} = 8,132 \times 10^5 \text{ Nm}^2 / \text{m} \quad (21)$$

$$(EI)_b = \sum (E_{ib} I_{ib}) = \frac{2650 \times 1000 \times 22^3}{12} + \frac{8000 \times 48^4}{12 \times 0,4} = 11,20 \times 10^3 \text{ Nm}^2 / \text{m} \quad (22)$$

E=kimmomoduuli (N / mm²)

I=jäyhyysmomentti (mm⁴)

Alin ominaistajuus lasketaan kaavalla 23.

$$f_1 = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{(EI)_l}{m}} = \frac{\pi}{2 \times (3,7\text{m})^2} \sqrt{\frac{8,132 \times 10^5}{80}} = 11,6\text{Hz} > 10\text{Hz} \quad (23)$$

Lattia on korkeataajuuksinen, ja se luokitellaan taipuman perusteella.

Seuraavalla kaavalla 24 saadaan lattialaatan keskikohtaan 1 kN pistekuormalla aiheutuva taipuma

$$\delta_{\max} = \gamma \times \frac{Fl^2}{(EI)_l} = 0,00117\text{m} \approx 1,2\text{mm} \quad (24)$$

jossa kerroin γ saadaan kaavalla 25.

$$\gamma = \frac{1}{42 \times \left(\frac{(EI)_b}{(EI)_l} \right)^{0,25}} = 0,0695 \quad (25)$$

Taipuma 1,2 mm sijoittuu taulukon mukaan luokkaan E eli värähtely on voimakasta.

3.2.2 Aukkopalkit

3.2.2.1 Mitoitettavat palkit ja kuormitustiedot

Aukkopalkeilla siirretään kuormia ovi- ja ikkuna-aukkojen kohdalla yläpuolisilta rakenteilta aukkojen viereisille runkotalpille. Esimerkiksi ulkoseinille kohdistuvat kattokannattimien ja välipohjapalkistojen tukireaktiot täytyy siirtää palkkien välityksellä, koska pelkkä yläsidepuu ei siihen kykene sallittuja jännityksiä ja muodonmuutosrajoja ylittämättä.

Sisäpuolen aukkopalkeista mitoituksen tarkistus tehdään kahdelle kantavien seinien aukkopalkille ja kolmelle liimapuupalkille, joista ensimmäinen (LP1) sijaitsee keittiön ja ruokailutilan välissä, toinen (LP2) kodinhoitohuoneessa tuettuna ulkoseinälle ja kantavalle väliseinälle IL3 ja kolmas (LP3) sijaitsee olohuoneessa. Kantavan väliseinän IL3 aukkopalkkia ei tarkisteta, koska se on saman vahvuinen poikkileikkaukseltaan kuin IL1:n aukkopalkki ja sen jänneväli ja kuormitukset ovat pienemmät.

Ulkoseinien aukkopalkeista tarkistetaan ikkuna-aukon kaksiaukkoinen palkki elementissä 1YV14, joka on peilikuva elementistä 1YV10. Mitoittava oviaukon yksiaukkoinen palkki on Diana Standardin elementissä 1YV3.

TAULUKKO 8 Aukkopalkkien mitat ja tukipisteet

Aukko-palkki	Poikkileikkaus (mm x mm)	Pituus (mm)	Tukien etäisyys vasemmasta reunasta (mm)		
			A	B	C
IL1	96x198	1732	0	1732	
IL2	96x198	1732	0	1732	
LP1	90x270	3772	0	3772	
LP2	90x150	1500	0	1500	
LP3	90x270	4440	0	4440	
1YV14	96x148	2384	0	1192	2384

Aukkopalkkeja kuormittavat välipohjan rakenne- ja hyötykuormat. Mitoittava kuormitustapaus on tilanne, jossa välipohjan rakennekuorman lisäksi hyötykuormana on pintakuorma, joka EC1:n mukaan on 2 kN/m^2 .

3.2.2.2 Aukkopalkkien mitoitus

Aukkopalkeista tarkistetaan leikkaus- ja taivutusjännitys murtorajatilassa ja taipuma käyttörajatilassa. Taipuma on laskettu yksiaukkoiselle palkille ja tällöin päädytään turvallisemmalle puolelle mitoituksessa. Laskelmat tehdään aikaluokassa keskipitkä ja kosteusluokassa 1. Luvussa 3.3.3.2 käsiteltiin välipohjapalkiston mitoitusta. Jännitykset ja muodonmuutokset lasketaan samoilla kaavoilla.

Taivutuslujuuden arvoa olisi mahdollista suurentaa alle 150mm korkealla palkilla kertoimella k_h mutta, koska palkin korkeus on 148mm, vaikutus on niin mitätön, ettei sitä tässä huomioida.

$$k_h = \begin{cases} (150/h)^{0,2} \\ 1,3 \end{cases} \quad (26)$$

Näistä huomioitaisiin pienempi arvo ja korkeudella 148 mm kerroin on 1,0027. Taulukoissa 9 ja 10 on esitettyinä leikkaus- ja taivutusjännitykset sekä taipumat mitoitetuille aukkopalkeille.

TAULUKKO 9 Väliseinien ja liimapuisten aukkopalkkien jännitykset ja taipumat

Aukko-palkki	Taivutusjännitys (N/mm ²)		Leikkausjännitys (N/mm ²)		Taipuma $u_{2,inst}$ (mm)		Taipuma u_{net} (mm)	
	Toteutuva ka.		Toteutuva ka.		Toteutuva ka.		Toteutuva ka.	
IL1	2,66	11 %	0,29	11 %	0,095	3 %	0,18	4 %
IL2	7,25	49 %	0,63	41 %	0,87	15 %	1,44	17 %
LP1	21,2	92 %	1,29	60 %	7,79	62 %	12,8	68 %
LP2	8,24	32 %	0,77	36 %	0,57	11 %	1,55	31 %
LP3	19,2	85 %	0,99	46 %	10,08	68 %	16,62	75 %

TAULUKKO 10 Ulkoseinäelementin 1YV14 aukkopalkin jännitykset ja taipumat eri kuormitustapauksissa

Aukko-palkki	Taivutusjännitys (N/mm ²)		Leikkausjännitys (N/mm ²)		Taipuma $u_{2,inst}$ (mm)		Taipuma u_{net} (mm)	
	Toteutuva ka.		Toteutuva ka.		Toteutuva ka.		Toteutuva ka.	
1YV14	Toteutuva ka.		Toteutuva ka.		Toteutuva ka.		Toteutuva ka.	
KT 1	7,5	51 %	1,4	91 %	0,65	16 %	1,43	24 %
KT 2	7,5	45 %	1,4	81 %	0,65	16 %	1,43	24 %
KT 3	6,56	39 %	1,22	70 %	0,53	13 %	1,28	21 %

Aukkopalkkien käyttöasteet ovat joillakin palkeilla matalia ja joillain taas korkeita. Tähän johtaa se, että etenkin tehdastuotannossa pyritään mahdollisimman vakioituihin dimensioihin. Tämä toisaalta tarkoittaa turhan suurta materiaalin kuluusta, mutta toisaalta se nopeuttaa tuotantoa ja myös rajoittaa tarvittavien eri puutavaradimensioiden määrää.

Mitoittaviksi tekijöiksi tulevat yleisimmin jännitykset, koska aukkopalkkien jännevälit ovat useimmiten lyhyitä. Pitkillä jänneväleillä taipumat yleensä määräävät puutavaran dimension.

3.2.3 Pilarit

3.2.3.1 Kuormitustiedot

Puurungon kantavat pilarit ovat dimensioiltaan 36 x 148 mm puutavarasta. Lujuusluokka on C24. K-jako on 600 mm. Ikkuna- ja oviaukkojen kohdalla on aina kaksi tai useampi pilari, joista karmien kyljissä olevat pilarit kannattelevat aukkopalkkeja.

Ulkoseinien pilareille aiheutuvat pystysuorat kuormat ovat välipohjan ja yläpohjan rakennekuormat, lumikuorma ja välipohjan hyötykuorma. Vaakasuunnassa pilareita kuormittaa tuulikuorma.

Yläpohjan rakennekuormat ovat taulukossa 11 ja välipohjan rakennekuorma taulukossa 12.

TAULUKKO 11 Yläpohjan rakennekuormitukset

Materiaali	Kuormitus (kN/m ²)
Tiilikate	0,45
Kattopalkit+ koolaukset+ ruoteet	0,17
Tuulensuojalevy	0,036
Mineraalivilla	0,03
Kipsilevy	0,09
Yhteensä	0,78

TAULUKKO 12 Välipohjan rakennekuormat

Välipohjan rakennekuormat kuivissa tiloissa	
Materiaali	Aiheutuva kuormitus kN/m ²
Parketti	0,1
Lastulevy	0,15
Palkisto	0,1
Mineraalivilla	0,03
Koolaus (48x48mm ²)	0,03
Kipsilevy	0,09
Yhteensä	0,5

Mitoittavia kuormitustapauksia voivat olla kova talvi, kova talvi+tuuli tai talvi+kova tuuli. Tuuli aiheuttaa pilariin leikkaus- ja taivutusjännitystä ja pystysuorat voimat aiheuttavat puristusta. Puristus aiheuttaa hoikkaan sauvaan myös nurjahdusvaaran. Kova talvi voi tulla mitoittavaksi kuormitustapaukseksi, koska se lasketaan aikaluokassa keskipitkä, kun taas kova talvi+tuuli lasketaan aikaluokassa lyhytaikainen.

Eurocode 1:n mukaan kuormien yhdistely murtorajatilatarkastelussa tehdään kaavan 27 mukaan.

$$1,2 \sum_{j \geq 1} G_{k1} + 1,5 Q_{k1} + \sum_{i > 1} 1,5 \psi_{0i} Q_{ki} \quad (27)$$

Pientalo kuuluu rakennusluokkaan A, jolloin voidaan soveltaa taulukon 13 Ψ kertoimia.

TAULUKKO 13 Kuormien yhdistelykertoimet rakennusluokalle A

Kuorma	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Hyötykuormat	0,7	0,5	0,3
Lumikuormat	0,7	0,5	0,2
Tuulikuormat	0,5	0,3	0
Lämpötilakuormat	0,6	0,5	0

Eri kuormitustapausten puristusvoimat ja taivutusmomentit on laskettu seuraavaksi runkotolpalle, joka toimii välipohjan pisimmän jännevälän tukireaktiona.

Kuormitustapaus 1

Kova talvi (Pysyvä kuorma 100% + hyötykuorma 100% + lumi 70%)

$$N_d = 2,64m \times 0,6m \times (1,2 \times 0,78 + 0,7 \times 1,5 \times 1,5)kN / m^2 \\ + \frac{3,7m}{2} \times 0,6 \times (1,2 \times 0,5 + 1,5 \times 2)kN / m^2 = 7,97kN$$

Yläkerran kylpyhuoneen kohdalta runkotolppaa mitoittaessa lasketaan lumikuorma 100 % ja hyötykuorma 70 %, koska välipohjan jänneväli on niin lyhyt, että lumikuorma aiheuttaa suuremman puristusvoiman pilarille.

Kuormitustapaus 2

Kova talvi+tuuli (Pysyvä kuorma 100 % + hyötykuorma 100 % + lumi 70 % + tuuli 50 %)

Runkotolpalle kohdistuu puristava voima N_d .

$$N_d = 2,64m \times 0,6m \times (1,2 \times 0,78 + 0,7 \times 1,5 \times 1,5)kN / m^2 \\ + \frac{3,7m}{2} \times (1,2 \times 0,5 + 1,5 \times 2)kN / m^2 = 7,97kN$$

Tuulikuormasta aiheutuu taivutusmomenttia

$$M_d = \frac{0,5 \times 0,6m \times 1,5 \times 0,54kN / m^2 \times (2,38m)^2}{8} = 0,17kNm$$

Samoin kuin kuormitustapaus 1, kylpyhuoneen kohdan runkotolpalle lasketaan lumikuorma 100 % ja hyötykuorma 70 %.

Kuormitustapaus 3

Talvi+kova tuuli (Pysyvä kuorma 100%+hyötykuorma 70%+lumi 70%+tuuli 100%)

$$N_d = 2,64m \times 0,6m \times (1,2 \times 0,78 + 0,7 \times 1,5 \times 1,5)kN / m^2 \\ + \frac{3,7m}{2} \times (1,2 \times 0,5 + 0,7 \times 1,5 \times 2)kN / m^2 = 6,97kN$$

Tuulikuormasta aiheutuu taivutusmomenttia

$$M_d = \frac{0,6m \times 1,5 \times 0,54kN / m^2 \times (2,38m)^2}{8} = 0,344kNm$$

Puristetusta pilarista tarkistetaan yhdistetty jännitys, joka aiheutuu puristuksesta ja taivutuksesta.

Sisäpuolen pilareista tarkistetaan harjapalkkia kannatteleva liimapuupilari, jolle tulee kuormitusta harjapalkilta sekä keittiön ja ruokailutilan väliseltä liimapuupalkilta. Katso liite 4. Se tarkistetaan kahdessa kuormitustapauksessa:

1. 100% oma paino+100% lumikuorma+70 % välipohjan pintakuorma
2. 100% oma paino+70% lumikuorma+100 % välipohjan pintakuorma

3.2.3.2 Mitoituksen tarkistus

Sallitut jännitykset lasketaan kaavalla 28.

$$f_d = k_{\text{mod}} \times f_k / \gamma_m, \quad (28)$$

jossa k_{mod} = aikaluokan kerroin

f_k = ominaislujuus

γ_m = materiaalin varmuuskerroin

Puun materiaalikerroin on 1,3, aikaluokassa keskipitkä $k_{\text{mod}}=0,8$ ja aikaluokassa lyhytaikainen $k_{\text{mod}}=0,9$. Sahatavaran lujuusluokan C24 materiaalitiedot ovat taulukossa 14. Taulukossa 15 on liimapuun GL32 materiaalitiedot. Lujuusluokka GL32 vastaa suomalaisen luokittelun luokkaa L40.

TAULUKKO 14 Sahatavaran C24 luokan materiaalitiedot

Sahatavara C24		
$E_{0,05}$ (N/mm ²)	7400	
$E_{0,mean}$ (N/mm ²)	11000	
Käyttöluokat 1 ja 2		
	keskipitkä	lyhytaikainen
taivutus $f_{m,k}$ (N/mm ²)	19,2	21,6
puristus $f_{c,0,k}$ (N/mm ²)	16,8	18,9
leikkaus $f_{v,k}$ (N/mm ²)	2	2,25

TAULUKKO 15 Liimapuun GL32 materiaalitiedot

Liimapuun GL32		
$E_{0,05}$ (N/mm ²)	10800	
$E_{0,mean}$ (N/mm ²)	13500	
Käyttöluokat 1 ja 2		
	keskipitkä	lyhytaikainen
taivutus $f_{m,k}$ (N/mm ²)	25,6	28,8
puristus $f_{c,0,k}$ (N/mm ²)	23,2	26,1
leikkaus $f_{v,k}$ (N/mm ²)	2,8	3,15

Molemmista päistään nivelöidyn nurjahdusalttiin sauvan nurjahduspituus on $1,0 \times L$ eli tässä tapauksessa 2,38 m.

$$\lambda = \frac{L_c}{0,289 \times b} \quad (29)$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 \times E_{0,05}}{\lambda^2} \quad (30)$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} \quad (31)$$

λ on sauvan hoikkuus

σ_{crit} = kriittinen jännitys

λ_{rel} on suhteellinen hoikkuus

Nurjahduskerroin k riippuu materiaalista. Massiivipuulla $\beta_c=0,2$.

$$k = 0,5 \times (1 + \beta_c \times (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2) \quad (32)$$

$$k_c = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad (33)$$

Heikompaan suuntaan nurjahdusta ei pääse tapahtumaan, jos seinä on jäykistetty levytyksellä. Tällöin $k_{c,z}=1$. Tämä ei koske sisääntulokatoksen pilaria eikä sisäpuolen liimapuupilareita, koska niitä ei ole levytetty.

Kova talvi -tapaus mitoitetaan aikaluokassa keskipitkä.

Kova talvi+tuuli mitoitetaan aikaluokassa lyhytaikainen.

Talvi+kova tuuli mitoitetaan aikaluokassa lyhytaikainen.

Puristusjännitys jäykistetyssä suunnassa lasketaan kaavalla

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{b_1 \times b_2} \quad (34)$$

Puristuslujuudessa täytyy huomioida sauvan hoikkuus nurjahdusvaaran vuoksi, ja tällöin se lasketaan

$$f_{c,0,d} = k_c \times f_{c,0,d} \quad (35)$$

Tuulen aiheuttama taivutusjännitys vahvemmassa suunnassa lasketaan kaavalla

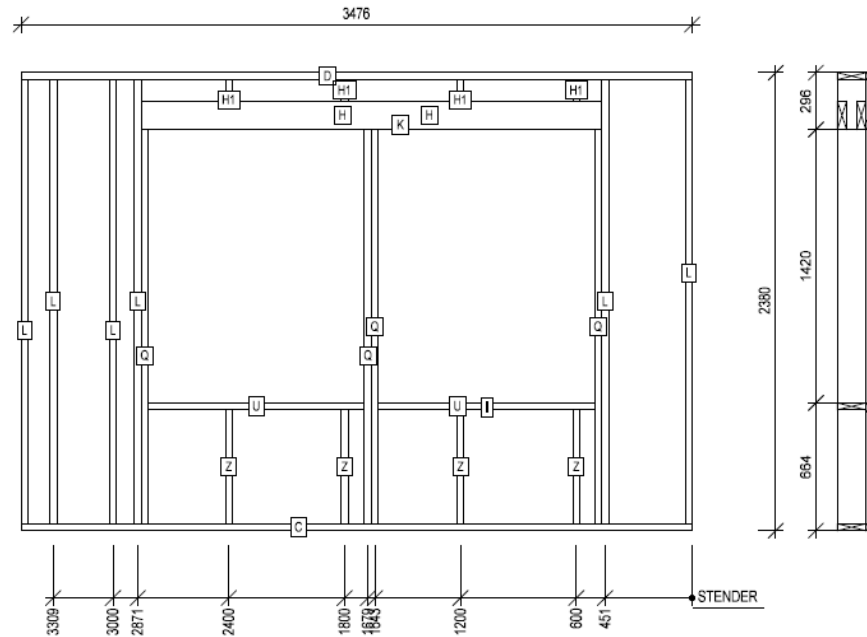
$$\sigma_m = \frac{M_{d,tuuli}}{\frac{b_1 \times b_2^2}{6}} \quad (36)$$

Mitoittava tapaus lasketaan kaavalla

$$\begin{cases} \frac{\sigma_{c,0,z,d}}{f_{c,0,z,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \times \frac{\sigma_{m,y}}{f_{m,y}} \leq 1 \\ \frac{\sigma_{c,0,y,d}}{f_{c,0,y,d}} + k_m \times \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,y}}{f_{m,y}} \leq 1 \end{cases} \quad (37)$$

Suorakulmaisella poikkileikkauksella kerroin $k_m=0,7$

Pilareista tarkistetaan viisi tapausta, kaksi ikkunan viereistä pilaria (1 ja 2), välipohjan pitkän jännevälin kohdalla oleva pilari (3), 2. kerroksen märkätilan välipohjapalkiston kohdalta (4) sekä sisääntulokatoksen kantava pilari (5). Ikkunan viereiset pilarit on mitoitettu kuvion 2 osoittamalle tapaukselle elementissä 1YV14. Toinen on vasemman puoleinen palkin tukireaktiona toimiva tolppa ja keskimmäisenä tukireaktiona toimiva tolppa, joka on ”tuplatolppa” eli vahvuudeltaan 72 mm x 148 mm. Sisääntulokatoksen pilari on verhoiltu 2 x 48 x 98 mm², joka voidaan tällöin mitoitaa käyttöluokassa 2.



KUVIO 2 Mitoitettavan ikkunan viereisen runkotolpan sijainti elementissä 1YV14.

TAULUKKO 16 Pilareiden mitat

Pilari	Poikkileikkaus (mmxmm)	Pituus (mm)	Nurjahduspituus (mm)
1	36x148	2048	2048
2	36x148	2048	2048
3	36x148	2380	2380
4	36x148	2380	2380
5	96x98	2300	2300
LPP1	90x270	2182	2182
LPP2	90x270	3078	3078

Taulukossa 17 on laskettuna ulkopuolen pilareiden leikkaus- ja taivutusjännitykset sekä yhdistetyt jännitykset ja käyttöasteet.

TAULUKKO 17 Ulkopuolen pilarien jännitykset ja käyttöasteet

Pilari	Kuormitus- tapaus	Puristus- voima (kN)	Taivutusmo- mentti (kNm)	Puristusjän- nitys (N/mm ²)	Taivutus- jännitys (N/mm ²)	Mitoittava yhdistetty jännitys (<1)	Käyttö- aste
1	1	7,97	0	1,5	0	0	12 %
	2	7,97	0,17	1,5	1,31	0,11	11 %
	3	6,97	0,34	1,31	2,62	0,27	27 %
2	1	7,56	0	1,42	0	0	14 %
	2	7,56	0,17	1,42	1,31	0,18	18 %
	3	6,49	0,34	1,22	2,62	0,24	24 %
3	1	8,93	0	1,68	0	0	13 %
	2	8,93	0,13	1,68	0,97	0,21	21 %
	3	7,83	0,26	1,1	1,94	0,21	21 %
4	1	21,73	0	2,04	0	0	18 %
	2	21,73	0,13	2,04	0,48	0,17	17 %
	3	19,05	0,26	1,79	0,97	0,18	18 %
5		8,86	0,054	16 %	0,36	0,19	19 %

Sisäpuolen pilarien jännitykset ja muodonmuutokset on esitetty taulukossa 18.

TAULUKKO 18 Sisäpuolen pilarien puristusjännitykset

Pilari	Dimensio	Puristus- voima (kN)	Nurjahduskerroin, heikompia suunta k _c	Puristus- jännitys (N/mm ²)	Käyttöaste (%)
LPP1	90x270	78,6	0,457	3,23	30 %
LPP2	90x270	59,53	0,239	2,45	44 %

Pilareiden käyttöasteet ovat melko matalia. Tämä johtuu muun muassa siitä, että seinän runkoleveys yleensä määrää pilarin pidemmän sivun pituuden ja heikommassa suunnassa puristuksen aiheuttama nurjahdus on yleensä estetty levytyksellä. Tämä edellyttää sitä, että joko seinät ovat elementteinä ja levytettyinä pystytetäessä tai paikan päällä rakennettaessa seinät on levytettävä ennen kuin niitä kuormitetaan pystysuunnassa, koska muuten nurjahdus heikommassa suunnassa olisi mahdollinen.

Puristuslujuus lasketaan nurjahduskertoimella, joka huomioi pilarin nurjahdus suunnan leveyden suhteessa pilarin pituuteen. Vaikka käyttöaste olisi matala, niin valittaessa hoikempi seuraava sahatavaradimensio, saattaisi puristuslujuus jo ylittyä, koska puristusjännitys kasvaa ja hoikkuus pienentää puristuslujuutta.

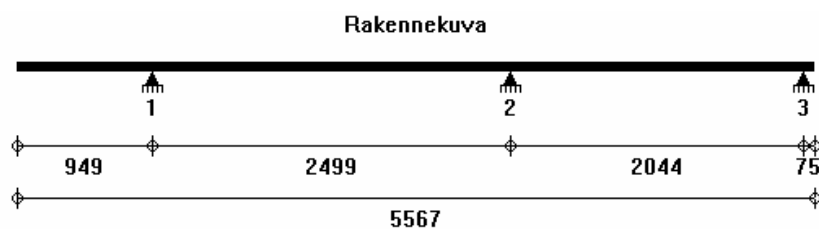
3.2.4 Yläpohja

3.2.4.1 Kuormitustiedot

Diana-talon kattopalkit on tuettu ulkoseinille ja harjapalkille. Vastakkaisten kattopalkkien väliin on kiinnitetty puristussauva naulaliitoksella. Liitteessä 3 on kuva Diana Exclusiven kattopalkistosta.

Kattopalkit ovat dimensioiltaan 48 mm x 223 mm ja puristussauvat ovat 48 mm x 148 mm. Puristussauvat on liitetty kattopalkkeihin naulaliitoksena. Kattopalkkien jakoväli on 600 mm.

Kattopalkkien mitoitus tehdään kaksiaukkoiselle palkille. Kuormituksina ovat oma paino, tuulikuorma ja lumikuorma. Kuviossa 3 on esitettyä palkin tuenta.



KUVIO 3 Kattopalkin tuentapisteet

Kuormitukset lasketaan kaltevalle tasolle siten, että niille lasketaan trigonometrian avulla kaltevaa tasoa vastaan kohtisuorat komponentit. Nämä aiheuttavat leikkaus- ja taivutusmomentit palkille, joiden mukaan jännitykset lasketaan.

Kuormitustapaukset ovat

1. Talvi+tyyni (oma paino 100%+lumikuorma 100%)
2. Kova talvi+tuuli (oma paino 100%+lumikuorma 100%+tuulikuorma 50%)
3. Talvi+kova tuuli (oma paino 100%+lumikuorma 70%+tuulikuorma 100%)

Kuormitustapaus 1 lasketaan aikaluokassa keskipitkä ja tapaukset 2 ja 3 aikaluokassa lyhytaikainen. Käyttöluokka on kaikissa tapauksissa 2.

3.2.4.2 Mitoituksen tarkistus

3.2.4.2.1 Kattopalkit

Leikkaus- ja taivutusmomenttien sekä -jännitysten ja muodonmuutosten laskenta tapahtuu samoin kuin välipohjapalkkien mitoituksessa luvussa 3.3.1.2. Taulukossa 19 on esitettyinä saadut jännitykset ja muodonmuutokset. Lyhenne ka. tarkoittaa käyttöastetta.

Taipumarajat yläpohjapalkille ovat $L/300$ hyötykuorman alkutaipumalle ja $L/200$ kokonaistaipumalle. Tässä taipuma on laskettu yksiaukkoiselle palkille siten, että jänneväliksi on otettu kattopalkin suuremman aukon jänneväli. Tällä laskumenetelmällä päästään mitoituksen turvallisemmalle puolelle, koska kaksiaukkoisena palkki on jäykempi.

TAULUKKO 19 Jännitykset ja taipumat eri kuormitustapauksissa

KT	Q_k (kN/m)	Q_d (kN/m)	Leikkaus- voima (kN)	Taivutus- momentti $\times 10^6$ (Nmm)				
1	1,19	1,68	1,77	-0,621				
2	1,09	1,53	1,96	-0,689				
3	1,07	1,49	1,92	-0,672				
KT	Leikkaus- jännitys (N/mm ²)		Taivutusjännitys (N/mm ²)		Taipuma $u_{2,inst}$ (mm)		Taipuma u_{net} (mm)	
		ka.		ka.		ka.		ka.
1	0,24	14 %	1,56	9 %	0,85	10 %	1,91	16 %
2	0,27	18 %	1,73	12 %	0,75	9 %	1,68	14 %
3	0,27	16 %	1,70	12 %	0,73	9 %	1,63	13 %

Tällä laskennalla mitoittavaksi tuli leikkausjännitys. Käyttöaste on todella matala, 18 %. Syyksi tähän ovat tiuha kattokannattimien jako ja tukireaktion toimiva puristussauva, jolloin aukkojen jännevälit jäävät pieniksi ja tällöin myös taipumat ovat pieniä. Lumikuormat eivät aiheuta suuria rasituksia, koska yläpohjan suuri kaltevuus määrää muotokertoimen 0,6, jolloin ominaislumikuorma kerrotaan tällä luvulla. Lisäksi lumikuorman palkkeja kohtisuoraan oleva kuorma on sitä pienempi mitä kaltevampi katto on. Kattopalkkien on kuitenkin syytä olla käytettyä dimensiota, koska lämpöeristettä tulee 300mm, jolloin joka tapauksessa tarvitaan koolausta.

Julkisivun kolmioiden kattopalkit ovat samaa sahatavaradimensiota kuin pääkattopalkitkin ja jännevälit ovat pienemmät, jolloin niiden jännitykset ja muodonmuutokset täyttävät vaatimukset kun pääkattopalkit täyttävät vaatimukset.

3.2.4.2.2 Puristussauva

Kattopalkkien välissä oleva puristussauva vaatii myös tarkistuksen, koska se on puristettuna nurjahdusaltis. Sauvaan kohdistuu lumikuorman, tuulikuorman ja yläpohjan oman painon aiheuttamat kuormat. Sauvan suuntainen puristusvoima voidaan laskea kattopalkkien tukireaktioita laskiessa saadusta tuen 2 arvosta eli 2,35 kN. Laskennassa huomioidaan kolme kuormitustapausta:

1. Talvi+tyyni aikaluokka keskipitkä
2. Kova talvi+tuuli aikaluokka lyhytaikainen
3. Talvi+kova tuuli aikaluokka lyhytaikainen.

Puristussauva on poikkileikkausmitoiltaan 48 x 148 mm ja lujuusluokan C18 sahatavaraa. Sauvan hoikkuus ja jännitykset laskettiin samoin kuin pilarin mitoituksen tarkistuksessa luvussa 3.2.3.2. Hoikkuus heikommassa suunnassa on 1, koska sisäkaton levytykset estää nurjahduksen siinä suunnassa. Kaikissa tapauksissa esiintyy vain puristusta. Sisäkaton rakenne aiheuttaa hiukan taivutusmomenttia, mutta se on niin vähäistä, ettei se vaikuta juurikaan lopputulokseen. Taulukossa 20 on ilmoitettu lujuusluokan materiaalitiedot.

TAULUKKO 20 Sahatavaran C18 materiaalitiedot

Sahatavara C18		
$E_{0,mean}$	9000	
$E_{0,05}$	6000	
Käyttöluokka 1 ja 2	Keskipitkä	Lyhytaikainen
Taivutuslujuus $f_{c,k}$	14,4	16,2
Puristuslujuus $f_{c,0,k}$	14,4	16,2
Leikkauslujuus $f_{v,k}$	1,6	1,4

Sauvan hoikkuudeksi saatiin 0,429 vahvemmassa suunnassa. Puristuslujuudeksi tuli näin ollen 5,34 N/mm² ja puristusjännitykseksi 0,33 N/mm². Tällöin käyttöaste on 6 % eli erittäin matala.

3.2.4.2.3 Harjapalkki

Yläpohjaa kannatteleva rakenne harjalla on liimapuupalkki, jonka dimensiot ovat 115mmx405mm. Pituudeltaan se on 11 696mm. Harjapalkki on tuettu neljällä 270x90mm liimapuupilarilla. Katso liite 4.

Harjapalkki kuormittuu yläpohjarakenteista ja lumikuormasta. Siihen kohdistuu 20 pistekuormaa 600mm välein kattopalkiston välityksellä. Yläpohjarakenteiden kuormat jakautuvat tuilleen siten, että harjapalkki kantaa puolet ulkoseinien etäisyyden välisellä matkalla olevasta kuormasta vaakasuoraan mitattuna eli $7,592 \text{ m} / 2 = 3,796 \text{ m}$. Ulkoseinät kantavat puolet harjapalkin kuormituksesta ja lisäksi räystäään kuormat.

Käyttörajatilassa

$$F_{gk} = 4,618\text{m} \times 0,78\text{kN} / \text{m}^2 \times 0,6\text{m} = 2,16\text{kN}$$

$$F_{qk} = 3,796\text{m} \times 0,6 \times 2,5\text{kN} / \text{m}^2 \times 0,6\text{m} = 3,42\text{kN}$$

$$g_{k,palkki} = 0,21\text{kN} / \text{m}$$

Murtorajatilassa

$$F_{gd} = 1,2 \times 2,16\text{kN} = 2,592\text{kN}$$

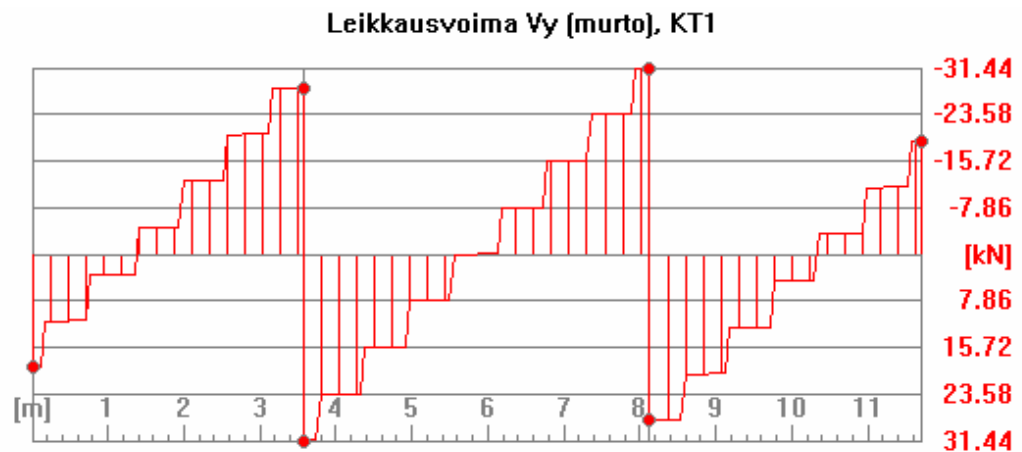
$$F_{qd} = 1,5 \times 3,42\text{kN} = 5,12\text{kN}$$

$$g_{d,palkki} = 1,2 \times 0,21\text{kN} / \text{m} = 0,25\text{kN} / \text{m}$$

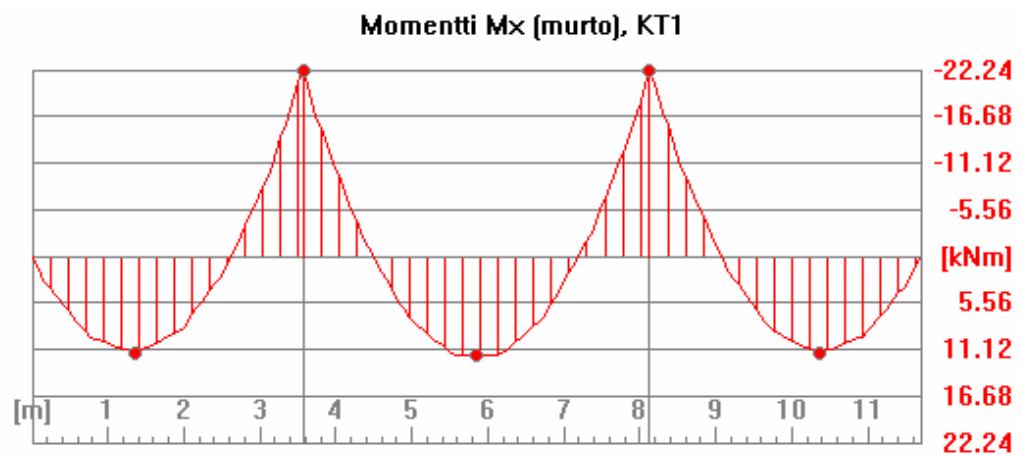
Laskelmat on tehty aikaluokassa keskipitkä, käyttöluokassa 2 kuormitustapaukselle kova talvi+tyyni. Rajat taipumille lasketaan muuttuvan kuorman alkutaipumalle L/300 ja pysyvän ja muuttuvan kuorman lopputaipumalle L/200. Sallitut jännityk-

set on esitetty taulukossa. Taipuma on laskettu viivakuormalle laskemalla piste-kuormat yhteen ja jakamalla summa palkin pituudella. Taipuma on laskettu yksiaukkoiselle palkille, jolloin päädytään mitoituksessa turvallisemmalle puolelle.

Kuvioissa 4 ja 5 on esitettyinä Dofpuu 1.1 -ohjelmalla lasketut leikkausvoima- ja taivutusmomenttikuviot ja taipumat.



KUVIO 4 Harjapalkin leikkausvoimakuvio



KUVIO 5 Harjapalkin taivutusmomenttikuvio

Taivutusjännityksen laskennassa on huomioitava taivutuslujuutta suurentava kerroin, joka lasketaan liimapuulle kaavalla 38.

$$k_h = \begin{cases} (600/h)^{0,2} \\ 1,15 \end{cases} \quad (38)$$

Tuloksista pienempää arvoa käytetään ja tässä tapauksessa se on 1,08. Taulukossa 21 on esitettyä harjapalkille lasketut jännitykset ja taipumat käyttöasteineen.

TAULUKKO 21 Harjapalkin jännitykset ja taipumat

Harjapalkki	Taivutusjännitys (N/mm ²)	Leikkausjännitys (N/mm ²)	Taipuma u _{2,inst} (mm)	Taipuma u _{net} (mm)
	Toteutuva ka.	Toteutuva ka.	Toteutuva ka.	Toteutuva ka.
	7,07 33 %	1,01 47 %	3,85 25 %	8,94 39 %

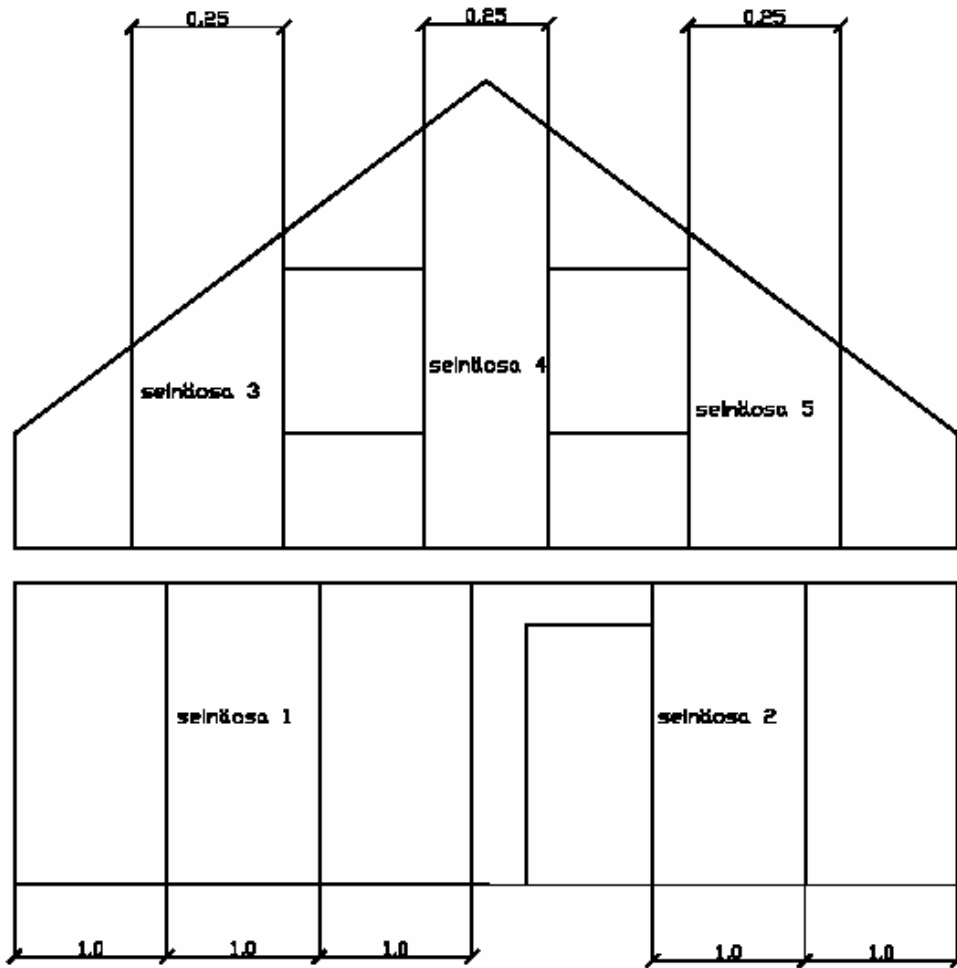
3.3 Rungon levyjäykistys

Diana-talon rungon jäykistys tapahtuu ulkoseinien tuulensuojalevytyksellä. Euronormien mukaista mitoitusohjetta ei kipsilevyille ole, koska eri kipsilevyvalmistajille on myönnetty tyyppihyväksyntä, jolloin niitä ei voi pitää yleisesti rakennuksen jäykistävinä rakenteina. Vain tyyppihyväksytyt kipsilevyt täyttävät Suomen rakennusmääräyskokoelman rakennuksen jäykistämiseksi asetetut vaatimukset.

Diana-talon tuulensuojalevytyksessä on käytetty tyyppihyväksyttyä Gyprocin tuotetta GTS 9. Mitoituksen tarkistus tehtiin Gyprocin laskentaohjeen mukaan. Laskennassa ei huomioitu erikseen lommahdusta eikä seinän yläreunan siirtymää, koska käytettiin Gyprocin TAULUKKOmitoitussarvoja ja runkotolppien jako on vähintään 600 mm. (Gyproc käsikirja 2003, 12)

Diana-talon muotokerroin on RakMK mukaan 1,3 (Leivo ym 1997). Diana-talon pidemmällä sivulla kohdistuu ulkoseinille tuulikuorma, joka on 0,54 kN/m². Pinta-ala, jolle kuorma kohdistuu, on 11,8 m x 3,1 m. Tällöin seinään kohdistuu 25,7

kN ominaistuulikuorma $W_{\text{seinä}}$. Katon kohtisuora korkeus tuulta vasten on 2,9 m ja leveys 13,0 m, jolloin ominaistuulikuorma $W_{\text{katto}} = 26,5$ kN.



KUVIO 6. Jäykistävien seinien levytykset

Kuvasta 6 näkyy jäykistykseen osallistuvat levy-yksiköt ja niiden jäykistyskapasiteetti suhdelukuna. Reunoiltaan leikkaamattoman levyn jäykistyskapasiteetti on 1 ja leikatun, kuitenkin vähintään 600mm leveän levyn jäykistyskapasiteetti on 0,25-kertainen. (Gyproc käsikirja, 2003, 12)

Kattoon kohdistuva ominaistuulikuorma huomioidaan laskennassa täytenä ja seinille kohdistuvasta ominaistuulikuormasta huomioidaan puolet (Gyproc käsikirja 2003, 11). Tällöin kokonaisominaistuulikuorma on 39,4 kN ja laskentatuulikuorma on 59,0 kN.

Kuormat jakautuvat molemmille seinille tasan, eli molemmille kohdistuu 29,5 kN.

Levy-yksikköä kohden tuleva leikkausvoima lasketaan kaavalla 39.

$$Q_{d,levy} = \frac{Q_d}{n} \quad (39)$$

TAULUKKO 22 Jäykistäville seinille ja levy-yksiköille kohdistuvat leikkausvoimat

Seinä	Q_d	Levyjä, kpl	Q_{d1} kN
US ₁	29,5	5,75	5,13
US ₂	29,5	5,75	5,13

TAULUKKO 23 Eri kiinnitysväleillä eri kipsilevytyyppien jäykistyskapasiteetti

Ranka	Kiinnike	Levytyyppi	Kosteusluokka	Kiinnikkeiden väli (mm)					
				70	100	150	200	250	300
Puu	Ruuvit MST 32 MST 32 T 29 TR 29 T 41 QU 32 QU 32	GN 13	1	5,27	3,69	2,46	1,85	1,48	1,23
		GEK 13	1	8,57	6,00	4,00	3,00	2,40	2,00
		GN 13	1	5,27	3,69	2,46	1,85	1,48	1,23
		GEK 13	1	7,25	5,08	3,38	2,54	2,03	1,69
		GF 15	1	7,25	5,08	3,38	2,54	2,03	1,69
		GTS 9	2	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38
		GTS 9	3	3,95	2,77	1,85	1,38	1,11	0,92
		Gyproc. metalli- ranka 0,56 mm	Ruuvit MST 32 MST 32 S 25 SR 25 S 25	GN 13	1	4,61	3,23	2,15	1,62
GEK 13	1			5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38
GN 13	1			4,61	3,23	2,15	1,62	1,29	1,08
GEK 13	1			5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38
GF 15	1			6,59	4,62	3,08	2,31	1,85	1,54
Puu	Konenaulat BTC (NK-R) DF Senco	GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38
		GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38
		GEK 13	1	5,93	4,15	2,77	2,08	1,66	1,38
	Huopanaulat Huopanaula (HJ15, DPN) Huopanaula (HJ15, DPN)	GTS 9	2	5,27	3,69	2,46	1,85	1,48	1,23
		GTS 9	3	3,30	2,31	1,54	1,15	0,92	0,77
		Ruuvinaula BTC (NKS)	GEK 13	1	6,59	4,62	3,08	2,31	1,85

Taulukon 23 mukaan käytettäessä konehuopanauloja, kiinnikevälin tulee olla 70 mm levy-yksikölle kohdistuvan leikkausvoiman ollessa 5,13 kN. Käyttöaste on tällöin 97 %. Huomioimalla laskennassa enemmän jäykistäviä seiniä voidaan kiinnitysväliä pienentää.

3.4 Lämpöeristys

3.4.1 Rakenneosien U-arvot

3.4.1.1 Ulkoseinä

Dianan ulkoseinärakenne vastaa suomalaista höyrynsulullista rakennustapaa. Sisältä päin katsottuna rakenne on seuraavanlainen: 13 mm:n kipsilevy, höyrynsulkumuovi, 36 mm x 148 mm:n runkotolppa, jonka syrjään on naulattu 36 mm x 48 mm soiro ja runkotolppien väliin asennettu 200 mm vahvuinen mineraalivillaeriste. Tätä seuraa 9 mm:n tuulensuojalevy ja hyvin tuulettuva ilmarako ristikoolauksella 18 mm x 48 mm rimoilla. Ulkokuoraus on tehty peiterimalaudoituksena, aluslaudalla, jonka paksuus on 19 mm x 148 mm ja profiloidulla rimalla, jonka paksuus on 30 mm x 73 mm. Ulkokuoraus näkyy liitteessä 5.

Ulkoseinien lämmöneristävyysvaatimus määritetään Suomen rakennusmääräyskokoelman osan C3 mukaan seuraavasti:

Lämpimän tai erityisen lämpimän tilan rajoituessa ulkoilmaan, lämmittämättömään tilaan tai maahan rakennusosan lämmönläpäisykerroin U ei saa ylittää seuraavaa arvoa:

- seinä $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ (RakMK, C2 1999).

Seinärakenne on epätasa-aineinen. Tämä muodostuu puurungosta ja lämmöneristeestä. Kun pystytolppien vahvuus on 36 mm ja jako k600, seinäpinta-alan runkotolppien osuus on yksinkertaistettuna 36/600 eli 6 %. Todellisuudessa luku on hiukan suurempi johtuen siitä, että tolppien etäisyys keskeltä keskelle on maksi-

missaan 600 mm. Aukkojen ja elementtisaumojen kohdalla joudutaan välillä tiheämpään tolppajakoon sekä välipohjan ja ulkoseinien ja väliseinien ja ulkoseinien liittymissä syntyy kylmäsiltoja mutta niitä ei tarvitse huomioida. (Lämmöneristysmääräysten 2003 täyttäminen 2003, 17.)

Lasketaan epätasa-aineiselle ainekerrokselle lämmönvastuksen alalikiarvo R_j .

$$1/R_j = \frac{0,94}{0,200m} + \frac{0,06}{0,200m} = 0,2535 \frac{W}{m^2 K} \quad (40)$$

$$R_j = 3,945 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_t = (3,945 + 0,013/0,21 + 0,02 + 0,009/0,21 + 0,17) \frac{m^2 K}{W} = 4,2395 \frac{m^2 K}{W} \quad (49)$$

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{4,2395 \frac{m^2 K}{W}} = 0,236 \frac{W}{m^2 K} \quad (41)$$

U-arvo 0,236 on hyväksyttävä suomalaisten rakennusmääräysten mukaan. Lämmöneristeen paksuudella sitä on hankala parantaa, koska silloin jouduttaisiin kasvattamaan runkopaksuutta samalla. Diana-talossa käytetty lämpöeriste saa Isoverin omassa luokittelussa arvon 3 asteikolla 1-5, jossa 5 on paras (ISOVER KL 37 Multipack, tuoteseloste) U-arvoa olisi mahdollista vielä parantaa käyttämällä paremmin lämpöeristävää eristettä.

Toinen ja tehokkaampi keino parantaa U-arvoa olisi käyttää tuulensuojalevynä puukuitulevyä, esimerkiksi 25mm Runkoleijonaa, jonka lämmönjohtavuutta kuvaava arvo $\lambda = 0,055$ kun kipsilevyllä se on $\lambda = 0,21$. Lisäksi kerroksen paksuus olisi 16mm paksumpi. Puukuitulevyn käyttö johtaisi kuitenkin siihen, että rakennuksen jäykistys täytyisi suunnitella uudelleen, koska tällä hetkellä rakennus jäykistään Gyprocin tuulensuojalevyillä.

3.4.1.2 Yläpohja

Yläpohjalle annetaan Suomen rakentamismääräyskokoelmassa perusarvoksi $U=0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Diana-talon toimitussisältö käsittää yläpohjaa lämpöeristävien materiaalien osalta vain aluskatelevyt, jotka ovat norjalaista Hunton-merkkistä 18 mm puukuitulevyä. Rakenteeseen on suunniteltu 300 mm mineraalivillaeriste. U-arvon laskenta tehdään tässä tapauksessa siten, että lasketaan se tyypillisimmälle Suomessa käytetylle rakenteelle. Hunton-levyn tilalla käytetään 12 mm Tuulileijona-puukuitulevyä. Laskenta tehdään seuraavalle rakenteelle sisältä päin katsottuna:

- 13 mm kipsilevy
- 0,2 mm höyrynsulkumuovi
- koolaus+kattopalkit/300 mm mineraalivillaeriste
- 12 mm Tuulileijona

Kuten edellä, ulkoseinien U-arvon laskennassa huomioidaan epätasa-aineisuus, joka aiheutuu kattopalkkien ja koolauksen ja lämpöeristeen välisestä erosta. Kattopalkkien osuus pinta-alasta on 600 mm k-jaolla $48/600=0,08$.

Sisäpuolinen pintavastus on vaakasuoraan $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ ja ylöspäin $10 \text{ m}^2\text{K/W}$. Vinon pinnan tapauksessa oikea pintavastuksen arvo saadaan interpoloimalla lineaarisesti ja 37° kattokaltevuudella $R_{si} = 0,1177$.

$$1/R_j = \frac{0,92}{\frac{0,300m}{0,045W/(mK)}} + \frac{0,06}{\frac{0,300m}{0,14W/(mK)}} = 0,166 \frac{W}{m^2 K}$$

$$R_j = 6,024 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_t = (6,024 + 0,013/0,21 + 0,02 + 0,012/0,055 + 0,1177) \frac{m^2 K}{W} = 6,442 \frac{m^2 K}{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{6,442 \frac{m^2 K}{W}} = 0,1552 \frac{W}{m^2 K}$$

Yläpohjan U-arvo alittaa juuri ja juuri RakMK:n vähimmäisvaatimuksen. Tässä täytyy huomioida, että rakenne on suunniteltu tuulensuojalevyn osalta tehtäväksi norjalaisella Hunton-merkkisellä puukuitulevyllä, jonka paksuus on 18mm. Tässä laskelmassa on käytetty 12mm Tuulileijonaa, jolloin lämmöneristävyys on paksuseron takia heikompi. Huntonin λ on lisäksi 0,005 m²K/W parempi.

Yläpohjan U-arvolla on erityistä merkitystä, koska sitä kautta lämpöä häviää paljon. Tämä johtuu siitä, että lämmin ilma nousee ylös ja siksi myös pyrkii yläpohjan kautta ulos.

Diana-talon tapauksessa lämmöneristävyttä voisi lisätä paksummalla lämmöneristekerroksella, mutta sen olisi tapahduttava sisäänpäin. Jos sitä kasvatetaan ulospäin, tarvittaisiin lisäkoolauksia, jolloin esimerkiksi ruoteiden kiinnitykseen tarvittaisiin todella pitkiä nauloja, jotta ne olisivat kiinni palkeissa eikä pelkissä koolauksissa. Jos lämmöneristettä lisätään rakennuksen sisäänpäin, pienenee huonekorkeus ja siten myös asuinpinta-alaksi laskettava pinta-ala.

3.4.1.3 Ikkunat

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa ikkunoiden U-arvon perusvaatimukseksi ilmoitetaan 1,4 W/m²K. Sen ylittyessä, korkeintaan arvoon 1,8 W/m²K, voidaan ikkuna hyväksyä vaipan lämpöhäviöiden tasauksella. Tällöin lasketaan rakennuksen vaipan eri rakenneosien ominaislämpöhäviöiden summa

$G_v = \sum U_i * A_i$ ja tämän on oltava enintään yhtä suuri kuin perusratkaisun ominaislämpöhäviö.

Diana-mallistossa käytetyt ikkunat eivät täytä perusvaatimusta $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Norjalainen rakennustutkimusinstituutti Byggeforsk on testannut ikkunoiden U-arvot. Testit on tehty ISO 15099 ja EN ISO 10007:1:2000 mukaan. Toinen ikku-

natyyppi, jossa on keskellä kiinteä pystytolppa on U-arvoltaan 1,71 W/ m²K ja toinen, jossa on normaalit karmit on U-arvoltaan 1,6 W/ m²K.

Syynä heikkoon U-arvoon on ikkunan lasien määrässä. Suomessa nykyään käytetään uusissa asuinrakennuksissa vain 3-lasisia ikkunoita. Yleensä ulkoilma rajoituu yksinkertaiseen lasiin ja ikkunan sisäpinnassa on 12 mm etäisyydellä toisistaan lasit, joiden välitila on täytetty argon- tai kryptonkaasulla. Diana-mallistossa käytetyissä ikkunoissa on ainoastaan kaksi lasia, joiden välitila on täytetty kaasulla.

3.4.2 Ominaislämpöhäviöiden tasaus

U-arvon laskennassa tarvitaan ikkunoiden ja ulkoseinien U-arvon lisäksi ovien U-arvot. Nämä eivät sisälly toimitukseen, joten niille täytyy antaa oletusarvo. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa oville annetaan perusarvoksi enintään 1,4 W/ m²K, joten tässä yhteydessä tätä arvoa sovelletaan U-arvon laskennassa.

Alapohjalle on laskettu U-arvo talolle suunnitellulle maanvaraiselle rakenteelle. Rakenne koostuu 200 mm EPS-eristeestä 1 metrin reuna-alueella ja 100mm kerroksesta sisäalueella, kosteuseristeestä ja 80 mm teräsbetonilaatasta.

Maanvaraisen alapohjan reuna-alueella perusmaan lämmönvastukseksi voidaan käyttää arvoa 0,5 m²K/W ja sisä-alueella arvoa 2,0 m²K/W maaperän ollessa hiesua, hietaa, hiekkaa, soraa tai moreenia. Tätä laskentatapaa käytettäessä oletetaan perusmaan alkavan salaojituskerroksen alta, korkeintaan 200mm etäisyydeltä lattiarakenteen alapinnasta. 200mm salaojituskerrokselle voidaan käyttää lämpövastuksen arvoa 0,2 m²K/W. Taulukossa 24 on esitetty eri alapohjaa eristävien rakenteiden lämmönvastukset sekä alapohjan U-arvo.

TAULUKKO 24 Alapohjan U-arvo

Rakenneosa	paksuus (m)	lämmönjohtavuus λ (W/mK)	lämmönvastus R (m ² K/W)	Osuus
EPS-eriste	0,2000	0,0350	5,7140	37,9 %
EPS-eriste	0,1000	0,0350	2,8570	62,1 %
Teräsbetoni-laatta	0,0800	1,7000	0,0470	
Perusmaa, reuna-alue			0,5000	37,9 %
Perusmaa, sisäalue			2,0000	62,1 %
Salaojituskerros			0,2000	
ΣR			5,6180	
U-arvo			0,1780	

TAULUKKO 25 Vaipan lämpöhäviöiden tasauslaskelma

Rakenneosa	Vaipan lämpöhäviöiden tasaus		Ominaislämpöhäviöt W/K (A*U)		
	Pinta-ala m ₂	Perusratkaisun U-arvo (W/m ² K)	U-arvo (W/m ² K)	Perusratkaisu	Toteutunut
Ulkoseinä	161,5	0,25	0,236	40,4	38,1
Yläpohja	135,2	0,16	0,155	21,6	21,0
Alapohja	98,0	0,25	0,178	24,5	17,4
Ikkunat	4,1	1,40	1,600	5,7	6,6
Ikkunat	20,6	1,40	1,700	28,8	35,0
Ulko-ovet	9,0	1,40	1,400	12,6	12,6
Yhteensä				133,7	130,7

Vaipan lämpöhäviöiden tasauslaskelma U-arvojen ja rakenneosien pinta-alojen perusteella on esitetty taulukossa 25. Perusratkaisun ominaislämpöhäviöiden yhteenlaskettu arvo on 133,7 W/K ja toteutuvalla rakenteella se on 130,7 W/K. Tällöin rakenteiden lämmöneristävyys voidaan hyväksyä ominaislämpöhäviöiden tasauksen perusteella. (Lämmöneristysmääräysten 2003 täyttäminen, 2003, 19)

3.5 Rakenteiden tuuletus

Kylmän ja lämpimän tilan erottavat rakenteet vaativat Suomen ilmastossa tuuletuksen kosteusteknisistä syistä. Rakennuksen vaipassa on aina ilmavuotoja, joista kulkeutuu kosteutta lämmöneristyksen läpi ja kylmään aikaan se tiivistyy rakenteen pintaan. Samalla tavalla vesihöyryä kulkeutuu diffuntoitumalla ja tiivistyy kylmiin pintoihin (Kuntsi, 1998)

Tuulettamalla rakennetta tiivistyvä vesi saadaan poistettua ja näin vältetään kosteusvaurioilta. Keinot tuuletuksessa perustuvat yleensä painovoimaeroon eri lämpötiloissa sekä tuulen paineen ja imun vaikutuksesta syntyvään paine-eroon. Tuuletus voidaan järjestää myös koneellisesti, mutta siinä on riskinsä, koska siinä syntyy voimakas virtaus. Vaarana on, että samalla imetään lämpöeristeen läpi lämmintä sisäilmaa, jonka sisältämä vesihöyry tiivistyy rakenteisiin lämpimän ilman jäähtyessä. (Kuntsi, 1998)

3.5.1 Ulkoseinät

”Tuuletusvälillä varustetuissa ulkoseinissä asennetaan ilmaa hyvin läpäisevän lämmöneristyksen kylmään pintaan tai tarkoituksenmukaiseen kohtaan eristyksen sisään erillinen tuulensuoja. Tuulensuojan vesihöyrynvastuksen tulee olla riittävän pieni sisäpuolelta tunkeutuvan vesihöyryn, rakennuskosteuden ja mahdollisten satunnaisten kosteuskuormien kuivumiseksi haittaa aiheuttamatta.”

(RakMK, C2 1999 10.)

Diana-talon ulkoseinän ulkoilmaan rajoittuvassa pinnassa on tuulensuojalevynä Suomessa yleisesti käytetty 9 mm Gyproc TS, joka täyttää vaatimukset vesihöyrynvastuksen osalta.

”Lauta- tai levyverhouksen taakse joutuva kosteus tuuletetaan yhtenäisen tuuletusvälin kautta ulkoilmaan. Tuuletusvälin tulisi mielellään olla alhaalta ylös suuntautuva ja avoin päistään tai reunoistaan myös ikkuna- ja oviaukkojen kohdalla. Tuuletusvälin yhtenäisyys varmistetaan tarvittaessa ristiinkoolauksella.”

(RakMK, C2 1999, 10.)

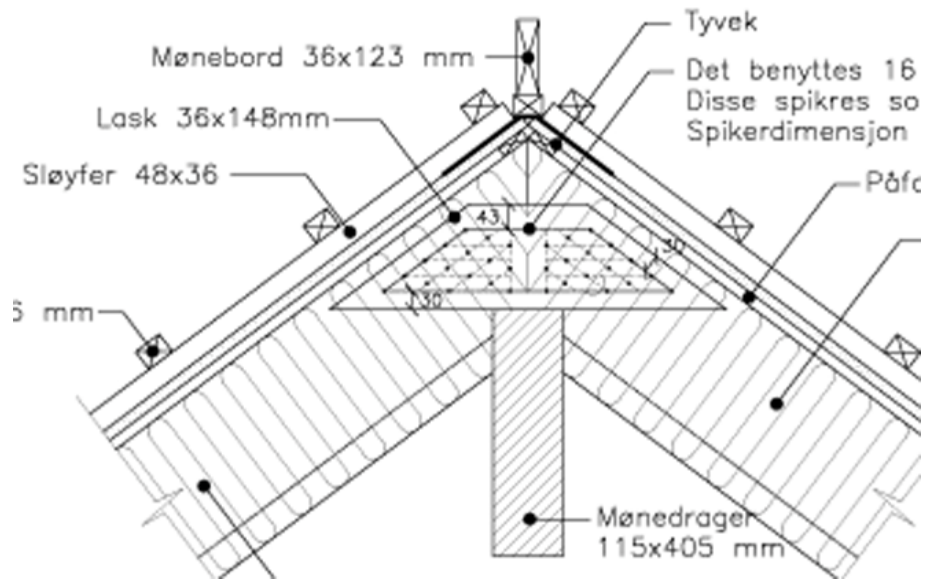
Diana-talon ulkoseinän tuuletus on järjestetty siten, että tuulensuojalevyn päälle on tehty ristikoolaus. Pystyrimojen vahvuus on 18 mm x 48 mm ja vaakakoolauksen vahvuus on 48 mm x 48 mm. Tämän päälle on tehty pystyyn peiterimalaudointus. Ala- ja yläpäästä ilma pääsee vapaasti liikkumaan, jolloin tuuletus toimii määrysten mukaisesti.

3.5.2 Yläpohja

”Lappeen suuntaisesti lämmöneristetyt harjakatot tuuletetaan räystäään lisäksi harjalla tai päädyissä olevien tuuletusaukkojen kautta. Tuuletusvälin on oltava avoin koko suunnitellulla virtaustiellä sisääntulokohdasta poistumiskohtaan. Kattoikkunat yms. tuuletusesteet eivät saa katkaista tuuletusväliä niin, että rakenteeseen jää vain yhdeltä reunalta avoin tuuletusväli.”

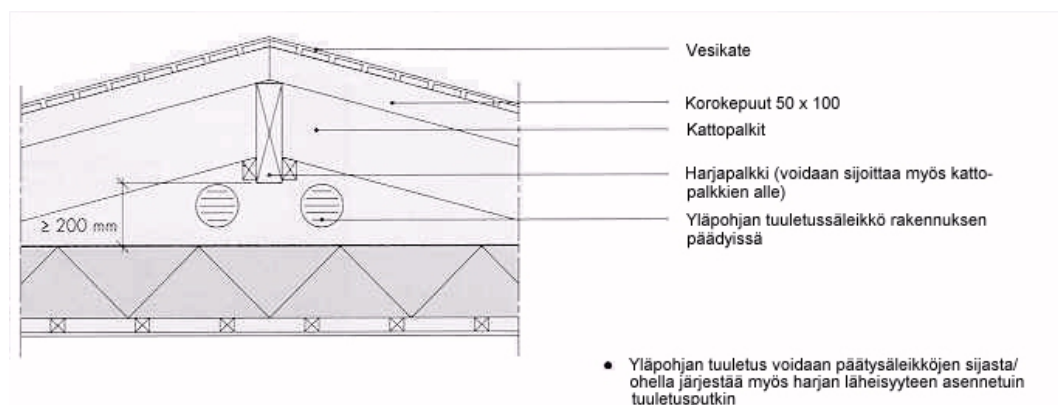
(RakMK, C2, 14)

Diana-talossa lämmöneristys on lappeen suuntainen ja tuuletusrako on 36 mm korkea. Harjalla tuuletus toimii siten, että harjalla syrjällään olevan 36mmx123mm harjatiilen tukisoiron molemmin puolin jää rakennuksen läpi kulkeva rako, josta katto pääsee tuulettumaan.



KUVIO 6 Diana-talon nykyinen yläpohjan rakenne

Suomalaisen rakennustavan mukaan tämänlaisissa kattorakenteissa tuuletusraon lappeella tulisi olla vähintään 100 mm. Harjalla harjapalkin alle tulisi jättää vähintään 200 mm ilmatilaa harjapalkin alapinnan ja lämmöneristeen yläpinnan väliin. Tuuletusilma johdetaan tähän tilaan, josta järjestetään poistoaukot harjalle. Kuviossa 7 on esitettyä hyväksyttävä yläpohjan tuuletus. (RT 82-1056)



KUVIO 7 Oikeaoppinen yläpohjan tuuletus (RT 82-1056)

Koska rakennuksen pituus harjan suunnassa on yli 10 metriä, täytyy rakennuksen päätyihin tehdä tuuletusaukot kuvion 7 osoittamalla tavalla harjalla olevien poistoaukkojen lisäksi.

3.6 Kosteat tilat

3.6.1 Saunan sijoitus

Diana-malliston merkittävin ero suomalaisiin taloihin nähden on saunan puuttuminen kokonaan, koska se on epätavallinen norjalaisessa talossa. Se on Suomessa mallistoa myydessä kuitenkin välttämätön ja se edellyttää muutoksia talojen pohjaratkaisuun. Muutokselta säästytään vain siinä tapauksessa, että taloon tulee lisäksi kellarikerros, johon sauna voitaisiin sijoittaa. Suomessa rakennuspaikkojen maasto on kuitenkin yleensä niin tasainen, ettei kellarikerrosta useinkaan tehdä.

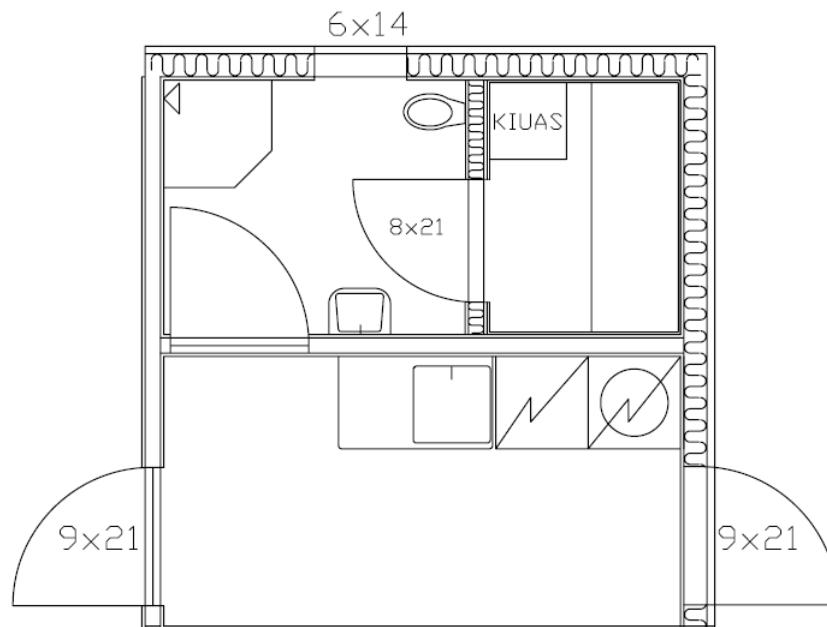
Taloissa on kaksi märkätilaa: yksi 1. kerroksessa ja toinen 2. kerroksessa. Isompi kylpyhuone, jossa on kylpyamme, on 2. kerroksessa ja siksi se olisi luonteva sijainti saunalle. Tämä kuitenkin vaatisi välipohjaan muutoksia palkiston korkeuden suhteen, koska kosteiden tilojen lattiarakenne on betonilaatan vuoksi kuivien tilojen lattiarakenteita korkeampi. Jotta lattiatasot olisivat samalla tasolla, jouduttaisiin palkkien korkeutta pienentämään.

Lisäksi kosteaa tilaa jouduttaisiin laajentamaan johonkin suuntaan, jotta kylpytilat olisivat riittävät toimiakseen. Ainoa vaihtoehto tilamuutokselle olisi sijoittaa sauna kylpyhuoneen viereisen makuuhuoneen tilalle, koska toiseen mahdolliseen suuntaan laajennuksen estävät portaat. Riippumatta siitä käytettäisiinkö koko makuuhuoneen tila vai vain osa siitä, ylijäävä tila olisi liian pieni makuuhuoneeksi eli talon makuuhuoneiden lukumäärä vähenisi yhdellä. Jos tilasta käytettäisiin vain osa, jäisi ylijäävä osa huonosti hyödynnetyksi. Tilaa voisi käyttää ehkä varastointitilana.

Toinen vaihtoehto saunan sijainnille olisi 1. kerroksessa kodinhoituhuoneen ja kylpyhuoneen yhteydessä. Nykyisen kodinhoituhuoneen tilalle sijoitetaan sauna,

pesutilat pysyvät paikallaan ja kodinhoituhuone tulee kosteisiin tiloihin johtavan oven ja ulosvievän oven väliin. Ovi kosteisiin tiloihin siirretään eteiseen päin avautuvana samaan linjaan pesuhuoneen portaita vasten olevan seinän kanssa.

Sauna sijoitetaan tässä tapauksessa 1. kerrokseen, jolloin vältetään muutoksilta elementtien suhteen. Pelkillä väliseinien paikkojen muutoksella saadaan järjestettyä löylyhuoneelle paikka. Kuviossa 8 on esitettyä yksi ratkaisu. Tässä ratkaisussa ulko-oven paikkaa on siirretty, mikä johtaisi elementtituotannossa aukon paikan siirtoon.



KUVIO 8 Ratkaisu saunan sijoittamiseksi

3.6.2 Kosteiden tilojen rakenteet

Diana-talon 2. kerroksen kosteiden tilojen välipohjapalkisto on 25mm kuivien tilojen palkiston tasoa alempana. 47mm lattiatasojen korkeusero saadaan kiinnittämällä kosteiden tilojen palkiston kylkeen tukisoivot, joiden varaan 22mm lastulevytyks kiinnitetään siten, että levyjen ja palkkien yläpinta on samalla tasolla. Kuivissa tiloissa levytyks on tehty suoraan palkiston päälle.

Lattiarakenne voidaan toteuttaa 50mm teräsbetoni-laattalla, jossa huomioidaan kaadot. Suositeltava kallistus on 1:80 mutta minimissään sen on oltava 1:100 ja kaivojen läheisyydessä 1:50. Teräsbetoni-laatan sisään on mukavuussyistä suositeltavaa asentaa lattialämmitysputket ja -vastukset. (RT 84–10793, 3)

Teräsbetoni-laatan päälle voidaan käyttää joko siveltävää vedeneristysmassaa tai muovimattoa joka on myös saumoiltaan hyväksytty käytettäväksi vedeneristeenä. Vesieriste on asennettava siten, että se nostetaan seinille vähintään 100mm valmiista lattiapintaa korkeammalle. Pintamateriaaliksi voidaan asentaa esimerkiksi keraaminen laatoitus tai muovimatto. Läpivientejä ei saa tehdä muuta kuin viemärröintitarkoituksessa. (RT 84–10793, 3)

Märkätilaa rajoittavat ulko- ja väliseinät ovat ulkopuolelta kuten muutkin seinärakenteet. Märkätilan puolelta rakenne on erilainen.

Seinän runkorakennetta vasten voidaan esimerkiksi asentaa 13mm erikoiskova kartonkipintainen kipsilevy tai 2-kertainen kartonkipintainen kipsilevy. Tämän päälle voidaan tehdä siveltävä vedeneristys tai vedeneristeeksi hyväksytty sertifioitu hitsattava muovipäällyste. Höyrynsulkua ei tarvitse asentaa vedeneristeen lisäksi. Seinien vedeneriste on joko limitettävä lattian vedeneristeen päälle tai niiden on muodostettava saumaton rakenne niin, ettei seinillä valuva vesi pääse lattian vedeneristeen taakse. Vedeneristeen päälle voidaan pintamateriaaliksi asentaa keraaminen laatoitus. (RT 84 – 10793)

Kattorakenne tulisi toteuttaa siten, että kattoverhous on erillisen koolauksen varassa. Alaslasketulla katolla kattoverhouksen ja välipohjan väliseen tilaan jää tilaa

LVIS-asennuksille ja yläpuolisen märkätilan viemäröinnille. Höyrynsulku voidaan asentaa suoraan välipohjapalkiston alapintaan. Välitila tuuletetaan pesuhuoneeseen seinän ja katon liittymään jätetyn tuuletusraon kautta. Löylyhuoneen kattoverhouksen yläpuolinen tila tuuletetaan pesuhuoneen puolelle väliseinän yläosaan tehdyistä tuuletusaukoista.

Löylyhuoneen seinärakenne on voidaan toteuttaa seuraavasti: Kaikkiin seiniin asennetaan lämpöeristys. Ulkoseinissä se on luonnollisesti, mutta se tarvitaan myös väliseiniin löylyhuoneen tapauksessa. 50 mm mineraalivillaeriste on riittävä määrä. Tämän päälle asennetaan alumiinipaperi, joka limitetään tiiviisti lattian vedeneristeen päälle. Alumiinipaperin päälle kiinnitetään jokaisen runkotolpan kohdalle esimerkiksi 22x48mm rimat, joilla saadaan tuuletusrako paneloinnin päälle. Yleisin saunassa käytetty pintamateriaali on paneeli, joka suojataan saunasuojalla. Katon rakenne on täsmälleen samanlainen. Tärkeää on, että paneloinnin taakse jäävä tuuletusrako myös tuulettaa, tai muussa tapauksessa sinne pääsee kosteissa ja lämpimissä olosuhteissa muodostumaan homekasvustoa. (RT 84 – 10793)

3.7 Yhteenveto rakenteista

Diana-talon rakenteiden mitoitukset jännitysten ja muodonmuutosten osalta oli euronormien mukaisesti vaatimukset täyttävä. Ainoastaan välipohjan mitoitukset värähtelyn kannalta oli värähtelyluokittelun mukaan heikko. Värähtelyluokkaa voisi parantaa parhaiten suurentamalla palkkien poikkileikkausta tai vaihtamalla massiivipuu esimerkiksi Kertopuuksi. Palkkijaon tihentämiselläkin värähtely pienenesi, mutta silloin lämpöeristeen standardikoko ei sopisi palkkijakoon ja se hidastaisi asennustöitä, koska jouduttaisiin leikkaamaan eristevillalevyt sopivan kokoisiksi. Rakenteiden mittojen muutokset voivat aiheuttaa monia muitakin muutostarpeita. Jos palkkien korkeutta kasvatetaan, on se pois huonekorkeudesta, ellei myös elementtien korkeutta muuteta.

Rakennuksen lämmöneristävyys oli ikkunoiden heikon U-arvon vuoksi juuri ja juuri vaatimukset täyttävä. Tämä saattaa olla asia, johon on syytä kiinnittää huo-

miota tulevaisuutta ajatellen. Kuten markkinatutkimusosiossa selviää, energiataloudellisuus tulee olemaan jo lähitulevaisuudessa yksi huomattava tekijä talotoimittajan valinnassa. Tähän johtavat energian hinnannousu, vaatimusten tiukentuminen viranomaisten taholta ja energiatodistus, joka tulevaisuudessa voi olla merkittävästi talon jälleenmyyntiarvoon vaikuttava tekijä.

Muutoksiin rakenteiden osalta johtavat vain Suomen rakentamismääräysten mukaan puutteellinen yläpohjan tuuletus. Käytännössä muutokset eivät ole ongelmallisia toteuttaa. Lappeilla tuuletusta parannetaan käyttämällä 48 x 48 mm tuuletusrimoja ja ruoteita, jolloin päästään vaadittuun 100 mm tuuletusrakoon. Harjalla lämpöeristys asennetaan sisäkaton tukipintana toimivien puristussauvojen väliin 300 mm kerroksena. Tällöin harjapalkin alapinnan ja lämpöeristeen yläpinnan väliin jää 325 mm. Tuuletusta tulisi parantaa myös tekemällä rakennuksen molempiin pätyihin tuuletussäleiköt, jotta yläpohja tuulettuisi myös pituussuunnassa harjalla.

4 MARKKINAT

4.1 Markkinatutkimus

4.1.1 Menetelmä

Työn yhteydessä tehtiin markkinatutkimusta kuluttajille ja valmistalomyyjille suunnatuilla kyselyillä. Näillä oli tarkoitus saada uutta tietoa nykyisestä markkinatilanteesta ja sen mahdollisista muutoksista tulevaisuudessa. Lisäksi tietoa käytettiin tukemaan muista lähteistä saatuja tietoja.

Kuluttajien mielipiteitä selvitettiin monivalintaisen kyselyn avulla. Ongelmaksi kysymysten teossa muodostui se, että vastaajilta kysyttiin asioita, joista monilla ei ole kovin suurta tietoutta ja kokemusta. Vastaajista suurimmalla osalla oli edessä ensimmäinen rakennushanke, jolloin heillä ei voi olla kovin selkeää ja yksityiskohtaista käsitystä kyseisen kaltaisesta projektista. Näistä syistä kysymykset pyrittiin muodostamaan yksinkertaisiksi ja siten, että myös vähän asiasta tietävällä

on jonkinlainen mielipide. Markkinatutkimuksen tavoite oli saada tietoa nimenomaan Diana-malliston menestysmahdollisuuksien selvittämiseksi. Kyselylomake on liitteessä 6.

Markkinatutkimuksen toisena osana olivat eri valmistalomyyjien haastattelut. Heillä on käsitystä laajemmin koko valmistalomarkkinoista, sen muutoksista vuosien varrelta ja myös niiden kehityssuunnasta. Tällä tavoin voidaan varautua tuleviin muutoksiin ja ennakoida niitä.

Rakentajille suunnatussa kyselyssä oli ongelmana suurpiirteisen tai heikon alan tuntemuksen lisäksi se, että vaikka monia asioita pidettiin tärkeänä, kuten laadukkaita materiaaleja ja energiataloudellisuutta, niiden vaikutusta kustannuksiin ei välttämättä ymmärretty. Jos jollain valmistalomyyjällä on todella laadukkaat materiaalit toimitussisällössä, ei myynti silti korreloi sen kanssa, kuinka tärkeänä laadukkuutta lähtökohtaisesti pidetään.

Kaikkein ratkaisevinta kustannuksiin/m² ovat juuri materiaalivalinnat. Esimerkiksi muovimatot tai jalopuuparketit ovat aivan erihintaisia. Energiasäästöä tehdään yleensä lämmöneristevalinnoilla tai -määrillä. Paremmin eristävät materiaalit ovat kalliimpia kuin heikommin eristävät. Jos lämmöneristepaksuutta lisätään, tarvitaan enemmän eristettä ja myös koolausta eli puutavaraa.

Haastattelut tehtiin kolmelle eri valmistalomyyjälle. Haastateltavat valittiin niin, että eri tavoin toimivat yritykset olivat edustettuina, koska kaikilla on hiukan erilaiset asiakasryhmät. Tilaelementtitalon ostaja arvostaa korkeaa valmiusastetta ja pre cut -talon ostaja taas on useimmiten valmis tekemään paljon itse. Mukana oli pien- ja suurelementtien ja tilaelementtien myyjiä.

Haastatteluissa talomyyjiltä kysyttiin heidän näkemyksiään valmistaloteollisuuden tulevaisuudesta kysynnän ja muutosten osalta. On erityisen tärkeää tietää, miltä ala näyttää muutaman vuoden kuluttua, jotta osaa varautua erilaisiin muutoksiin. Tuotekehityksellä on tärkeä merkitys kilpailukykyisyyden ylläpitämiseksi.

Haastatteluilla pyrittiin selvittämään, mitkä tekijät vaikuttavat ostopäätöstä tehdessä ja mikä on niiden painoarvo. Kysymykset koskivat muutostentekomahdollisuuksien, toimitussisällön laajuuden ja valmiusasteen merkitystä.

Haastatteluissa kysyttiin myös kilpailutilannetta puu- ja kivirakenteisten talojen välillä, ympäristöasioiden merkitystä, talojen asuinpinta-aloja, ammattilaisten käyttöä talotoimittajan osuuden jälkeen ja tyypillisen asiakkaan profiilia.

4.1.2 Tulokset

Rakentajille tehtyjen kyselyjen ja valmistalomyyjien haastatteluiden tuloksissa oli joissain kohdin ristiriitoja. Tähän on syynä todennäköisesti se, että kyselyillä selvisi, mitä kuluttajat pitävät tärkeinä, kun kustannuksia ei huomioida, mutta talomyyjillä on kokemusta siitä, mitkä asiat lopulta ratkaisevat ostopäätöstä tehdessä. Vastauksien suuresta ”En osaa sanoa” -osuudesta voi päätellä, että vaikka pyrittiin muodostamaan helposti vastattavia kysymyksiä, kaikilla vastaajilla ei ollut selkeää käsitystä kysytyistä asioista ja niiden merkityksestä rakennusprojektissa. Rakennustapaa kysyttäessä valmistalon rakentajien osuus oli selvästi korkeampi kuin mitä se todellisten tilastojen mukaan on. Todellisuudessa tällä hetkellä noin 70 % rakentajista ottaa talopakettin. Tähän on todennäköisesti vaikuttanut se, että kysely tehtiin Raksa-messuilla valmistalomyyjien osastolla olleille ihmisille. Taulukossa 26 nähdään vastaajien valitsema rakennustapa.

TAULUKKO 26 Rakennustavat

Rakennustapa		
Vastaajia	Valmistalo	Pitkästä tavara-
		rasta
45	91 %	9 %

Toimitussisällön laadukkuus ja energiataloudellisuus ovat asioita, joita vastaajista n. 80 % piti melko tai erittäin tärkeinä. Nämä ovat asioita, jotka yleensä nostavat

rakennuskustannuksia, ja siksi niitä ei voi myynnin kannalta pitää aivan yhtä ratkaisevina kuin tutkimus antaa ymmärtää. Lähivuosina kuitenkin määräykset tulevat tiukentumaan energiatehokkuuden suhteen, kuten myöhemmin energiataloudellisuutta käsittelevässä luvussa 4.3.4 selviää. Tämä on yksi osa-alue, jonka talotehtaat joutuvat huomioimaan ja kehittämään sen mukaan tuotteitaan. Energiatehokkuudesta voi tulla yksi tärkeä kilpailutekijä valmistaloteollisuudessa. Jokainen tietenkin pystyy valmistamaan lämpöä paremmin eristävämmän rakenteen, mutta ratkaisevaa on, kuka pystyy kehittämään mahdollisimman tehokkaan ratkaisun kustannusten suhteen.

Laajaa toimitussisältöä pitää 51 % melko tai erittäin tärkeänä. Tämä osuus tulee todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa. Talomyyjien mukaan toimitussisällöt ovat jatkuvasti kasvaneet laajuudeltaan ja tulevat myös kasvamaan jatkossa. Tämä ei ole kokonaiskustannuksia kasvattava vaan voi päinvastoin olla niitä pienentävä. Tämä johtuu siitä, että omatoimirakentaja ei saa millään samoja hintoja kuin suuria eriä ostava valmistalomyyjä. Yhteistyö materiaalitoimittajan ja valmistalomyyjän välillä takaa materiaalitoimittajalle myös jatkuvuutta enemmän kuin vähittäismyynti kuluttajille ja tällöin myös hinnat ovat erilaiset. Laaja toimitussisältö toisaalta vähentää rakentajan valintamahdollisuuksia.

Talotoimittajien tunnettuutta piti 42 % vastaajista tärkeänä. Tämä johtuu varmasti siitä, että rakennusprojekti on myös taloudellisesti iso projekti ja useimmille rakentajille rakennusala on vieras alue. Jatkuvasti on liikkeellä huhuja, miten tietämättömyyden on huijattu rakennusprojekteissa. Tämä aiheuttaa epävarmuutta ja tuntuu turvallisemmalta ottaa talopaketti tunnetulta, isolta talotoimittajalta. Ajatellaan, että niillä ei ole varaa tahrata mainettaan. Yleensä suuri talotoimittaja ja suuri talomallivalikoima kulkevat käsi kädessä ja osittain siksi varmasti talomallivalikoiman laajuutta pidettiin tärkeänä. Käytännössä suurin osa talotoimittajista toteuttaa myös asiakkaan suunnitelmat ja avustavat niiden teossa, jolloin talomalliston laajuudella ei ole suurta merkitystä.

Korkea valmiusaste on vastaajista 47 % mielestä melko tai erittäin tärkeä ja 22 % ei osannut sanoa. Korkean valmiusasteen valitsevien osuus tulee valmistalomyyjien mukaan jatkuvasti kasvamaan. Toisaalta kysely osoitti, että edelleen on kysyn-

tää niille, jotka haluavat itsekin osallistua rakennustöihin. Tämä selviää taulukosta 29, jonka mukaan 70 % osallistuu huomattavasti rakennustöihin. Itse tehtynä kustannukset ovat aina pienemmät ja oma työn arvo siirtyy talon arvoon. Valmistalomyyjien mukaan monet kysyvät esimerkiksi ”avaimet käteen”-toimitusta, mutta hinnan kuullessaan päättävät tehdä itse osan. Vaikka kysyntää korkealle valmiusasteelle on, varojen rajallisuus pakottaa tinkimään siitä.

TAULUKKO 27 Eri tekijöiden tärkeys talotoimittajaa valittaessa

Vastaaja	45				
	Ei lainkaan tärkeää	Jonkin verran tärkeää	En osaa sanoa	Melko tärkeää	Erittäin tärkeää
Laaja talomallivalikoima	-	9 %	20 %	47 %	24 %
Korkea valmiusaste	2 %	16 %	22 %	27 %	22 %
Laaja toimitussisältö	2 %	11 %	36 %	31 %	20 %
Toimitussisällön laadukuus	-	-	18 %	7 %	76 %
Talotoimittajan tunnettuus	-	38 %	20 %	22 %	20 %
Muutosten teko mahdollisuus	-	7 %	16 %	18 %	60 %
Nopea toimitusaika	4 %	11 %	9 %	29 %	47 %
Energiataloudellisuus	-	-	20 %	16 %	64 %

TAULUKKO 28 Rakennuttajan osallistuminen rakennustöihin

Osallistuminen rakennustyöhön					
Vastaaja	Ei lainkaan	Apumiehenä	Jonkin verran	Muu paitsi LVI, sähkö, viemäri	Kaikki itse
45	7%	22%	62%	9%	-

Kysely osoitti, että Internet on ylivoimaisesti tärkein tapa saada tietoa valmistaloista. Tulevaisuudessa sen asema tietolähteenä ei tule ainakaan pieneneään.

Tietotekniikka mahdollistaa tulevaisuudessa myös erilaiset virtuaalimallit, joiden avulla voidaan realisoida rakennussuunnitelmia.

Tuttujen kokemukset on yksi merkittävä tapa saada tietoa valmistaloista. Tämä tieto perustuu kokemuksiin. Toisaalta se vahvistaa tunnettujen talotoimittajien asemaa, koska useimmilla on niistä kokemuksia. Toisaalta taas pienillekin yrittäjille on siitä hyötyä jos he hoitavat asiakaspalvelun hyvin.

Messut ovat tutkimuksen mukaan tärkein tapa saada tietoa valmistaloista mutta sitä ei voi huomioida tässä yhteydessä, koska kysely tehtiin messuilla, jolloin kaikki vastaajat todennäköisesti olivat juuri etsimässä tietoa valmistaloista. Messut ovat silti tärkeä tapa tietolähteenä mutta se varmasti myös vaihtelee alueittain. Mitä kauempana asuu messupaikasta, sitä harvemmin käy messuilla. Näytteilleasettelu voi olla pienimmille yrittäjille hankala toteutettava, mutta suurille yrityksille se on hyvä markkinointikanava.

TAULUKKO 29 Tiedonsaanti valmistaloista

Tiedonsaanti valmista- loista								
Lähteet	TV	Aikakausi- lehdet	Internet	Tutut	Sanoma- lehdet	Mainokset	Radio	Messut
	-	-	80 %	38 %	44 %	22 %	-	89 %

Haastatteluista selvisi, että valmistaloteollisuudessa on positiiviset näkemykset alan kehityksestä. Kuten tilastotkin osoittavat, valmistalojen osuus uudisrakennuksista on noussut tasaisesti viimeisten kymmenen vuoden aikana ja talomyyjät uskoivat osuuden yhä kasvavan ja hidastuvan jossain vaiheessa. Aina on joukko ihmisiä, jotka osaavat ja haluavat tehdä talonsa kokonaan itse.

Muutostentekomahdollisuudet vaihtelevat tuotantotavan mukaan. Älvsbytalonsa kohdalla muutosten teko rajoittuu materiaalivalintoihin ja muut tuotantomenetelmät sallivat muutoksia enemmän. Pien- ja suurelementtitaloihin muutoksia teh-

dään käytännössä aina. Tyyppitalojen osuus myynnistä, sellaisena kuin ne on alun perin suunniteltu, on hyvin vähäinen. Muutokset ovat yleensä tilamuutoksia.

Talopakettien toimitussisältö vaihtelee toimittajakohtaisesti. Valittavissa on yleensä laajuudeltaan eroavia toimitussisältöjä. Yhteistä haastateltujen mielipiteissä oli, että koko ajan ollaan siirtymässä keksimääriin kattavampaan toimitussisältöön. Älvsbytalons kohdalla tätä ei ollut havaittavissa, koska toimitus on aina avaimet käteen-periaatteella, jolloin siihen sisältyy kaikki tarvittava kodinkoneita myöten.

Talojen koot ovat olleet koko ajan tasaisessa kasvussa. Tällä hetkellä keskimääräinen rakennettavan pientalon asuinpinta-ala on 150 – 160 m². Syiksi siihen, että Suomessa on eurooppalaiseen tasoon nähden pieniä taloja, vastaajat arvelivat olevan kustannussyyt ja se, että kunnat kaavoittavat pienille rakennuksille, mikä estää suurempien talojen rakentamisen. Suomalaisilla on unelma omakotitalosta, jolloin se halutaan saada jos suinkin mahdollista. Monessa tapauksessa käytettävät varat rajoittavat talon koon pieneksi.

Pien- ja suurelementtitoimittajien kohdalla talotoimittajan osuuden jälkeen jää yleensä jonkin verran rakennustöitä rakentajan tehtäväksi tai teetettäväksi. Yleensä rakentaja tekee itse niin paljon kuin osaa mutta esimerkiksi sähkö- ja putkityöt joudutaan jättämään ammattilaisille.

Haastatellut kertoivat, että ihmisten on hyvin hankala hahmottaa talopakettien valmiusastetta ja toimitussisällön laadukkuutta ja laajuutta. Tämä on johtanut monesti siihen, että rakentaja on valinnut halvimman talopakettien. Lopullinen hinta ei kuitenkaan välttämättä olisi ollut korkeampi, jos olisi valittu kalliimpi talopaketti. Talopakettien korkea hinta voi siis olla myyntitilanteessa jossain määrin heikkous.

Diana-talojen kannalta keskeisiä tutkimustuloksia olivat, että valmistaloteollisuus kehittyi siten, että valmiusaste jatkuvasti kasvaa, samoin toimitussisältöjen laajuus. Tämä juontuu juuri siitä, että ihmisten kädentaidot vähenevät ja samalla haetaan jatkuvasti mahdollisimman helppoja ratkaisuja. Tämä johtaa siihen, että talotoimittajat vastaavat kysyntään parantamalla näitä asioita ja ne talotoimittajat, jot-

ka haluavat pysyä mukana kilpailussa, joutuvat muiden mukana kehittämään toimintaansa juuri tähän suuntaan.

Tärkeä tieto oli myös, että lähes jokainen suurelementtitalo myydään vasta erilaisien muutosten jälkeen. Aiemmin valmistalomarkkinat toimivat hyvin tuotantolähtöisesti, mutta toiminta on muuttumassa yhä enemmän asiakaslähtöiseksi. Tähänkin johtaa tiukka kilpailutilanne, jossa pyritään kaikin tavoin saamaan kilpailuetua muihin nähden. Muutokset ovat yleensä erilaisia tilamuutoksia. Tavallisesti asiakkaan maksettavaksi näistä muutoksista jää vain materiaalikustannukset, eli hinta voi laskeakin.

4.2 Markkinoiden nykytilanne

4.2.1. Kysyntä

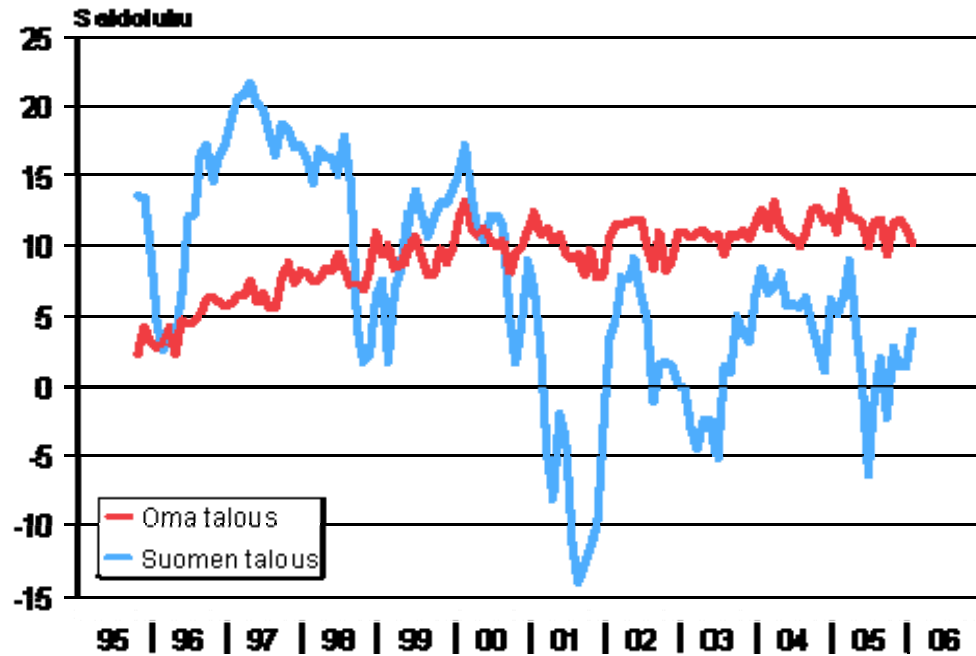
4.2.1.1 Kysyntään vaikuttavat tekijät

Aivan ensimmäiseksi on todettava, että 80 % suomalaisista unelmoi omakotitalosta (Asumisen vaihtoehdot 2006). Kun vain noin puolet asuntokannasta on pientaloja, voidaan päätellä, että kysyntää talomarkkinoilla tulee olemaan, kun vain taloudelliset edellytykset ovat kunnossa.

Yksi syy tähän valtavaan pientalojen suosioon löytynee suomalaisten luonteenpiirteistä. Suomalaiset rakastavat rauhaa, tilaa ja luonnonläheisyyttä. Kaupunkialueella kerrostalossa on vaikea nauttia niistä mistään, mutta oma talo hiukan syrjemässä mahdollistaa ne kaikki. Suomessa ei tunnetusti ole pulaa tilasta ja luonnosta, joten ne eivät ole esteitä näiden haaveiden toteuttamiseen. (Mikkola & Riihimäki 2002, 18.)

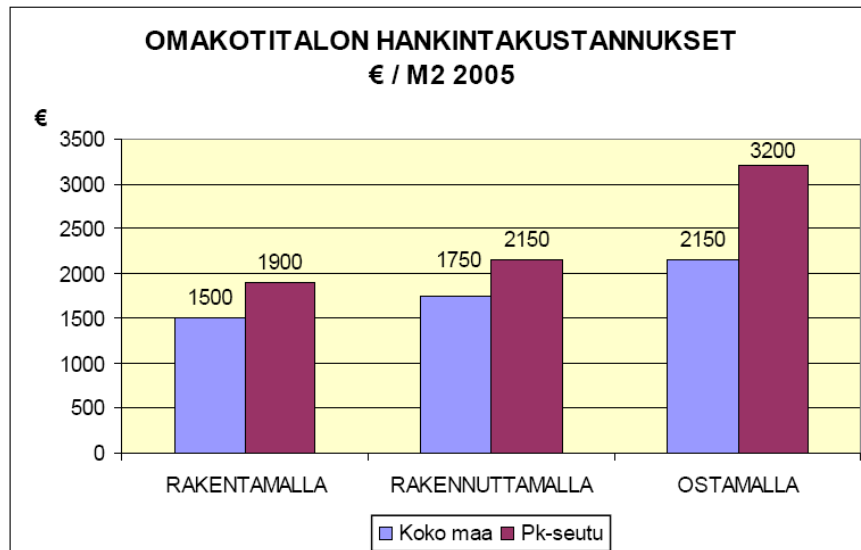
Pientalomarkkinat seuraavat tiiviisti yleistä talouden kehitystä. Kun taloustilanne on hyvä ja uhkatekijöitä ei ole näköpiirissä, luottamus omaan talouteen on hyvä. Luottamus omaan talouteen on monen tekijän summa. Siihen vaikuttavat työllis-

syystilanne ja työllisyysennusteet, Suomen taloudellinen tilanne, yleinen maailmantilanne, korkotaso ja sen kehitys ja asuntojen hintakehitys.



KUVIO 9 Kuluttajien odotukset omasta ja Suomen taloudesta vuoden kuluttua, 10/1995-1/2006 (Kuluttajien luottamus talouteen notkahti hieman tammikuussa 2006.)

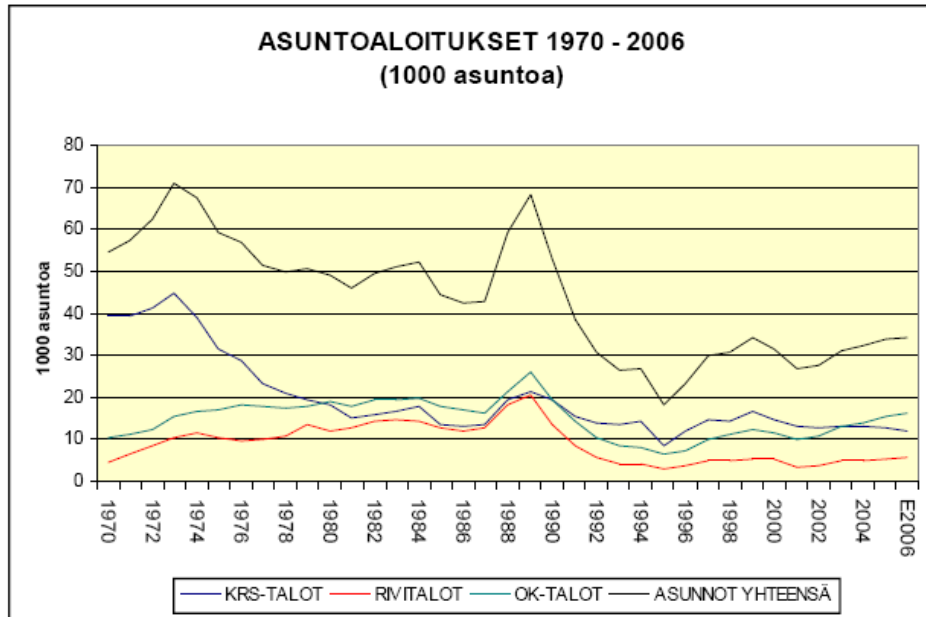
Viimeisten kymmenen vuoden ajan odotukset omasta taloudesta ovat pikkuhiljaa parantuneet. Korkotaso on jatkuvasti laskenut aivan viime aikoja lukuun ottamatta ja asuntojen hinnannousu on ollut luonnottoman nopeaa. Kun velanoton kynnys on laskenut ja asuntojen hinnat ovat korkealla, on yhä useampi valinnut oman talon rakennuksen parhaaksi vaihtoehdoksi.



KUVIO 10 Omakotitalojen hankintakustannukset (Pientalobarometri, joulukuu 2005, 1)

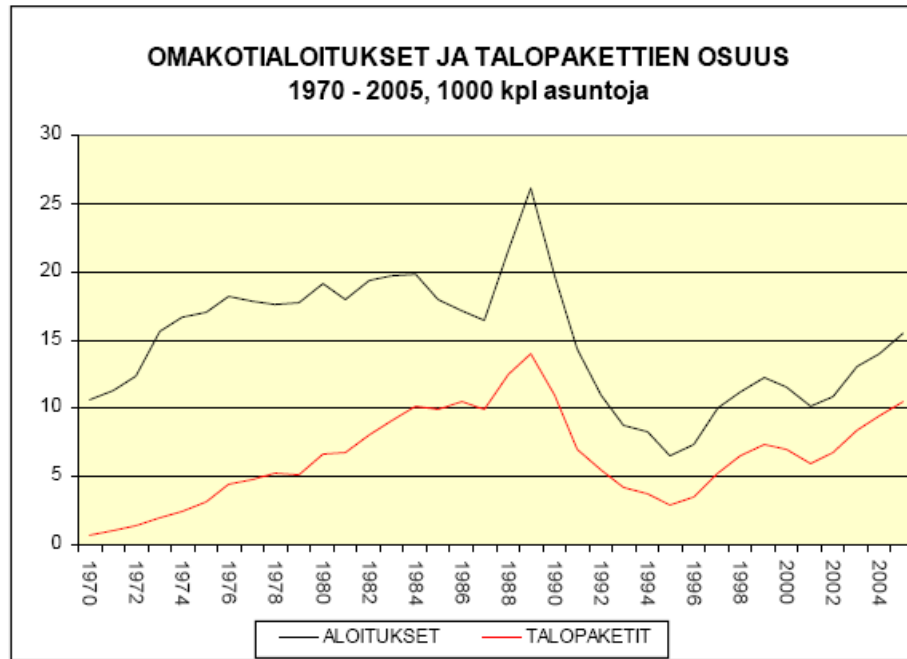
4.2.1.2 Talopakettien kysyntä

Pientalorakentaminen on kasvanut voimakkaasti viimeisten kymmenen vuoden aikana. Vuonna 1996 aloitettiin 7 300 omakotitalon rakentaminen. Vuonna 2005 vastaava luku oli 15 500. Vuonna 1996 myytyjen talopakettien osuus oli omakotitaloaloituksista 3 500 kpl eli 48 %. Vuonna 2005 talopaketteja myytiin 10 500 kpl eli 69 % kaikista omakotitaloaloituksista. Talopakettien osuus on siis kasvanut erittäin paljon, ja ennusteiden mukaan se tulee myös jatkossa kasvamaan. Lisääntyvään talopakettien osuuteen on useita syitä. Omatoimisesti rakentajien määrä vähenee, ja ihmiset haluavat ostaa yhä valmiimpia kokonaisuuksia.



KUVIO 11 Asuntoaloitukset aikavälillä 1970 – 2005. (Pientalobarometri, 2005, 7)

Syitä valmistalopakettien suosioon on useita. Yksi suurimmista lienee se, että nykyään ei yksinkertaisesti ihmisillä ole riittävästi kädentaitoja ja tietämystä oma-toimisen rakennusprojektin aloittamiseen. Entisaikaan kun kaikki, mikä voitiin, tehtiin itse, ihmisillä oli riittävästi edellytyksiä rakentaa itse talonsa. Nykyään ihmisten taidot keskittyvät hyvin pienelle sektorille työelämän vaatimusten seurauksena. Työelämä asettaa muutenkin nykyään niin paljon vaatimuksia, ettei välttämättä ole mahdollisuuksia omatoimiseen rakentamiseen. Lisäksi voi olla taloudellisesti kannattavampaa keskittyä omiin töihinsä kuin käyttää aikaansa rakentamiseen. (Omakotitalojen markkinat 2004 -kohtaavatko kysyntä ja tarjonta? 2004.)



KUVIO 12 Omakotialoitukset ja talopakettien osuus vuosina 1970 – 2005 (Pientalobarometri 2005, 8.)

Talopakettirakentaminen on myös oleellisesti nopeampaa kuin pitkästä tavarasta rakentaminen. Kriittinen rakennusvaihe eli rakennuksen säältä suojaus lyhenee merkittävästi. Tällöin rakennuksen aikaiset riskit kosteuden joutumisesta rakenteisiin vähenee ja myös rakentamisolosuhteet ovat miellyttävämmät rakennusvaiheen sään armoilla lyhentyessä. (Mikkola & Riihimäki, 2002)

Rakennusajan lyheneminen on myös taloudellisesti suotuisaa rakentajalle. Monessa tapauksessa rakentaja tekee itse suuren osan rakennustöistä normaalin päivätyön ohessa. Tällöin työpäivän pituus rakennuksella ei ole kovin pitkä ja tehokin voi päivätyön jälkeen olla vähäistä. Koko rakentamisaikaa rakentaja maksaa asumisesta kertyviä kustannuksia ja lisäksi hoitaa rakennuslainaa. Mitä nopeammin rakennus tulee valmiiksi, sitä nopeammin vapautuu kahden asunnon loukusta. Taloudellisten syiden lisäksi on huomioitava se tosiseikka, että usein omatoimirakentaja ei ole ammattilainen. Rakennusvaiheista vaativimpia perustustöiden lisäksi on talon saaminen oikeaan muotoonsa eli rungon teko. Jos perustukset ja runko eivät ole riittävän tarkasti tehtyjä, kertaantuvat siitä aiheutuvat haitat usein rakentamisen myöhemmissä vaiheissa. (Mikkola & Riihimäki 2002.)

4.2.2 Asuntojen tarve

Uudisrakentamisen määrään vaikuttaa sen lisäksi, että ihmiset haluavat asua omassa talossa, myös yksinkertaisesti tarve asunnoille. VTT:n tutkimuksen mukaan uusien asuntojen tarve tulee olemaan noin 30 000 kappaletta vuodessa noin kymmenen seuraavan vuoden ajan. Tämän jälkeen tarve alkaa hiljalleen hiipua. Tämän lisäksi asuntojen korjaustarve tulee lisääntymään voimakkaasti. (VTT 2005.)

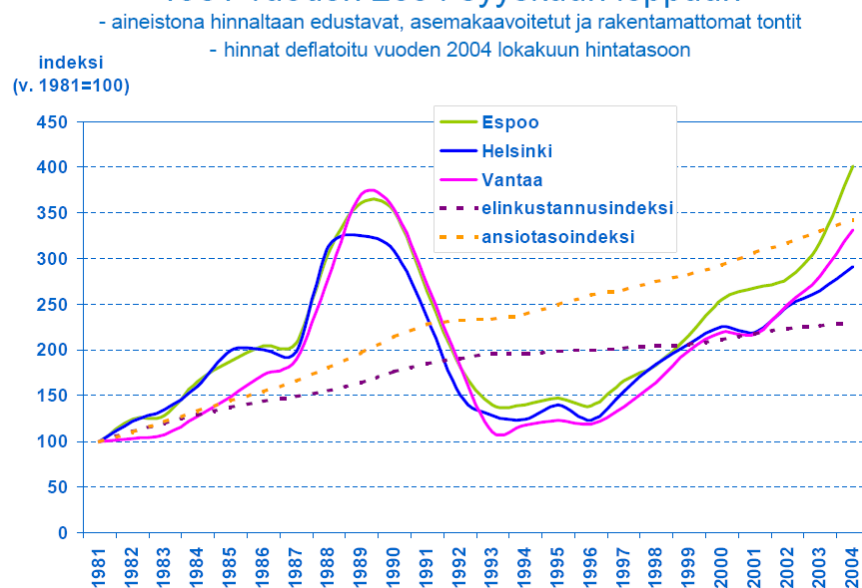
Länsi – eurooppalaiseen tasoon verrattuna Suomessa uusien asuntojen tarve on korkea, 6 uutta asuntoa/1000 asukasta, kun länsieurooppalainen taso on 3 – 4 uutta asuntoa/1000 asukasta. 1970-luvulta suuntaus oli laskeva 1990-luvun alun piikkiä, mutta nyt se tulee pysymään samalla tasolla suhteellisen kauan. (VTT 2005.)

Suuri ero uusien asuntojen tarpeessa verrattuna eurooppalaiseen tasoon johtuu useasta tekijästä. Suurimmat syyt ovat asuntojen poistumassa ja väestön ikääntymisessä ja perherakenteen muutoksessa. Näillä selittyy lähes 60 % uusien asuntojen tarpeesta. 20 % johtuu väestön kasvamisesta ja 20 % nuorison siirtymisestä omiin asuntoihinsa. Lisäksi voisi kuvitella muuttovirran kaupunkeihin ja eteläiseen Suomeen vaikuttavan osaltaan. Suuri asuntojen poistuma johtunee suuresta asuntotuotannosta sodan jälkeisinä vuosina. Suurin osa niistä alkaa olla elinkaarensa lopussa.

Nykytilanne, jossa pientalojen hinta on korkea yhdistettynä suureen ja lisääntyvään korjaustarpeeseen, houkuttaa monia ryhtymään rakennushankkeeseen. Pientalon haluavan on usein tehtävä valinta joko vanhan talon tai oman rakennushankkeen välillä. Vanhan talon ostoon liittyy yleensä korjaustarve ennen pitkää. Rakentaessa pientalon voi valita valmiusasteen omien rakennustaitojen ja -halujen puitteissa. Asuntojen hintojen ollessa korkeat on täysin kilpailukykyistä kustannusten suhteen ryhtyä itse rakentajaksi. Omalla työllään voi säästää kustannuksissa huomattavia määriä. Tämän lisäksi talo on uusi, mikä tarkoittaa korjaustarpeen olevan kaukana. Talo on siihen olevien varojen suhteessa sellainen, kuin sen haluaa olevan, samoin asuinpaikka. (Pientalobarometri 2005.)

Tonttitarjonta on tällä hetkellä yksi hidastava tekijä pientalorakentamisessa. Sen lisäksi, että se rajoittaa rakentamista, se myös nostaa saatavilla olevien tonttien hintaa. Kuviossa 13 nähdään pääkaupunkiseudun tonttien hintakehitys indeksilukuna vuosien 1981 ja 2004 välillä. Heikko tonttitarjonta johtuu pitkälti kaavoituksen byrokraattisuudesta ja kuntien resurssien vähäisyydestä.

Pientalotonttien hintojen kehitys YTV-alueella vuodesta 1981 vuoden 2004 syyskuun loppuun



KUVIO 13 Pientalotonttien hintojen kehitys 1981 – 2004. (Tonttien hintakehitys, 2006)

Viime vuosina on yleisesti kritisoitu kuntien kaavoitustahtia suhteessa uudisrakennushalukkuuteen. Kaavoitusta arvostellaan kovin byrokraattiseksi ja hitaaksi prosessiksi. (Pääministeri Matti Vanhanen puhuu omakotirakentamisen puolesta, 2004, 3.4.2006) Esimerkiksi kaksinkertainen valitusoikeus asemaakaavasta on hidastanut prosessin edistymistä. Lisäksi kuntalaisilla on ollut valitusoikeus, jolla on voitu hidastaa uudisrakentamista. Tonttien rajuun kysyntään on kuntien puolelta ollut työlästä vastata taloudellisista syistä, koska se vaatisi työntekijöitä, mistä koituu kustannuksia. (Tonttitarjontatyöryhmä: Kaavoitukseen ja rakentamiseen lisää sujuvuutta 2004.)

Ympäristöministeriön työryhmä on hiljattain tehnyt ehdotuksia kaavoittamisen sujuvoittamiseksi. Yksi kohta on kaksinkertaisen valitusoikeuden poistaminen.

Tällöin hallinto-oikeuden antamasta päätöksestä asema-kaavasta ei enää voisi valittaa kun se on jo yleiskaavassa ratkaistu, samoin rakennusoikeudesta valittaminen ei onnistuisi niiltä osin kuin se on asemakaavassa ratkaistu. (Tonttitarjontatyöryhmä: Kaavoitukseen ja rakentamiseen lisää sujuvuutta 2006.)

4.2.3 Tarjonta

Pientalotoimittajien määrä on kasvanut ja markkinoille ovat tulleet myös suuret rakennusliikkeet, jolloin kilpailutilanne on kiristynyt ja pakottanut yritykset palvelemaan kuluttajaa entistä paremmin ja monipuolisemmin. Erilaisten vaihtoehtojen määrä on valtava rakennustavan, talon mallin ja koon suhteen. Valmiusaste ja toimitussisältö ovat useimmissa tapauksissa asiakkaan valittavissa. Kustannukset ovat täysin kilpailukykyiset itsenäisen rakennushankkeen kanssa vertailtaessa ja vaiva on useimmassa tapauksessa paljon vähäisempi. Näistä syistä kokematon rakennuttaja päätyy yhä useammin pakettitaloon. (Mikkola & Riihimäki 2002.)

Pientalomarkkinoilla on puurakenteisten talojen lisäksi myös kivitalot. Puutalojen myyjät eivät kuitenkaan näe kilpailevansa samoista asiakkaista kivrakenteisten talojen myyjien kanssa. Kivitalon rakennuskustannukset ovat noin 20 % suuremmat kuin puurakenteisessa talossa. Ne jotka päätyvät kivrakenteiseen taloon, valitsevat sen joko siksi, että haluavat välttämättä sellaisen ja ovat siitä valmiita maksamaan enemmän tai ympäristön vaatimusten vuoksi. Esimerkiksi lentokenttien läheisyydessä kivrakenteinen talo on ääneneristyskyvyn ja vähemmän värähtelyn vuoksi sopivampi valinta. (Virtanen 2006.)

4.3 Markkinoiden vaatimukset

4.3.1 Vaihtoehtojen tarve

Valmistalotuotanto on edelleen melko tuotantolähtöistä mutta yksilöllinen ajattelu on heräämässä. Kuluttajat ovat tajunneet että myös valmistalo voi olla persoonallinen kuten esimerkiksi vaatteet. Valmistalotarjontakin on nykyään todella laaja ja käytännöllisesti katsoen minkä tahansa mallinen ja näköinen talo on saatavilla. Jos haluttua mallia ei löydy, voidaan se lähes poikkeuksetta toteuttaa. Toteutusmahdollisuudet eroavat tuotantotavoista riippuen. Pre cut -menetelmällä on helpointa toteuttaa erikoisiakin rakenteita. Tilaelementtijärjestelmällä erikoisten rakenteiden toteutus on rajoitetumpaa. (Talon rakennuksesta tulee massaräätälöintiä 2004.; Hyttinen 1984.)

Pientalovalmistajien mallivalikoimissa on kymmenittäin vaihtoehtoja ja yhdistelemällä eri katteita, ulkoverhoustapoja ja malleja, erilaisia vaihtoehtoja voi olla sadoittain tai jopa tuhansittain.

Muutoksien määrä ja laatu vaihtelevat hiukan valmistajan mukaan. Kaikki tuotantotavat eivät salli samanlaisia muutoksia. Sääntönä voidaan sanoa, että mitä valmiimpi tuote rakennuspaikalle saapuu, sen vähemmän muutoksia voidaan tehdä arkkitehtuuriin ja huonejärjestelyihin.

Materiaalivalintoja tuotantotapa ei rajoita mitenkään. Raja tulee vastaan siinä, kuinka paljon vaihtoehtoja talotoimittajan on järkevää pitää valikoimissaan. Laadulliset erot syntyvät yleensä talotoimittajien välillä. Niillä, joiden toiminta-ajatuksena on tarjota mahdollisimman edullinen paketti, ei yleensä materiaalien, kuten lattiapäällysteiden, laatu ole parasta. Niiden talotoimittajien toimitussisältö, jotka tarjoavat laadukasta asumista, yleensä sisältää laadukkaampia materiaaleja. Tällaisia eroja voivat olla esim. aito puuparketti ja laminaattilattia tai sisäseinissä tavallinen ja erikoiskova kipsilevy.

4.3.2 Muutosmahdollisuudet

Tutkimuksen yhteydessä valmistalomyyjille tehdyssä kyselyssä selvisi, että käytännöllisesti katsoen ainuttakaan taloa ei myydä ilman yhtään muutosta. Tyypillisimmät muutokset ovat lähinnä tilajärjestelymuutoksia. Tällaisia tyypillisiä muutoksia ovat kodinhoituhuoneen paikan vaihto tai talvipuutarhan lisäys. Huonekorkeuksien muutos on myös yleistä, 1½-kerroksisten talojen ylemmän kerroksen käyttötiloja saadaan laajennettua korottamalla ulkoseiniä ja loiventamalla kattokaltevuutta ilman, että pohjapinta-ala muuttuu. (Virtanen 2006.; Rantala 2006.)

Myös kaavamääräykset pakottavat joskus muutoksiin. Esimerkiksi kattokaltevuus on usein määrätty kaavassa, ja sen vuoksi saatetaan joutua tekemään muutoksia.

Asiakaslähtöisyyden lisääntyessä ja osin pakottavienkin syiden, esimerkiksi kaavamääräysten, vuoksi talotoimittajan on pystyttävä tekemään muutoksia asiakkaan toivomusten mukaan ollakseen kilpailukykyinen tämän päivän valmistalomarkkinoilla (Rantala 2006).

Yksi syy, miksi oman talon rakentamiseen ryhdytään on se, että sillä tavoin saadaan juuri sellainen koti kuin halutaan. Suhdanteiden mukaan rakentajilla on varoja käytettävissä vaihtelevasti, ja taloudellisesti hyvinä aikoina muutoksista ollaan valmiita maksamaan, jotta talosta tulee halutunlainen.

4.3.3 Toimitussisältö

Valmistalotoimitukseen kuuluu aina runkomateriaalien tai elementtien lisäksi sekalainen joukko rakennusmateriaaleja. Useat talotoimittajat tarjoavat kaiken tarvittavan materiaalin pintamateriaaleja ja kodinkoneita myöten. Rakennuttajalle koituvat kustannukset voivat tällä tavoin olla pienemmät kuin itse hankittuna. Syynä tähän ovat valmistalotoimittajien yhteistyösopimukset eri toimittajien kanssa ja suuret ostoerät. Toisaalta tämä voi rajoittaa rakennuttajan valintamahdollisuuksia merkittävästi. Edullisuuden lisäksi hyväksi puoleksi voidaan lukea sääs-

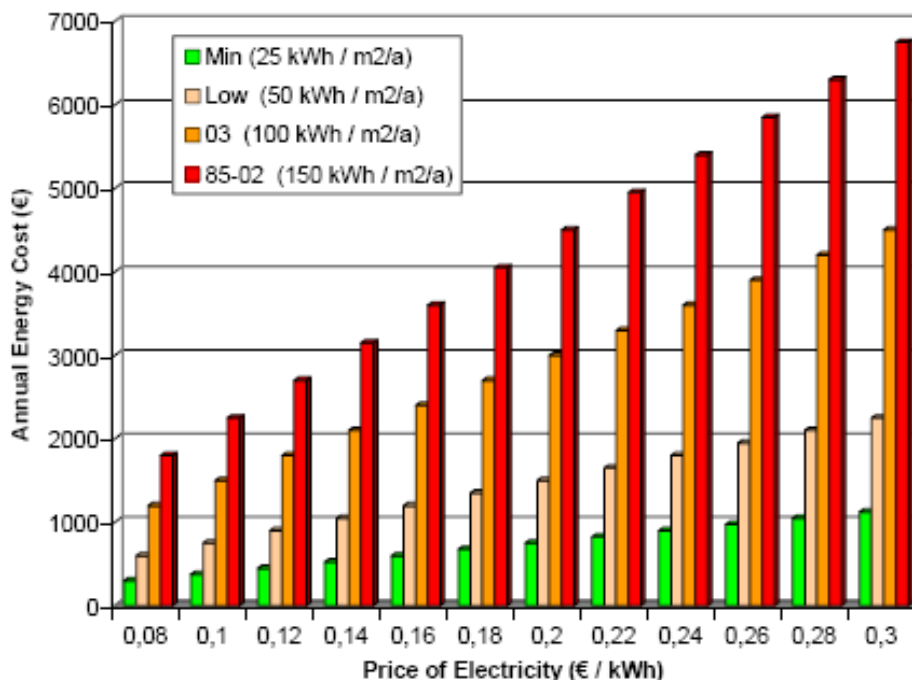
tyminen materiaalihankintojen työmäärältä, joka voi olla omatoimirakentajalle merkittävä ja vaikeakin tehtävä.

Tämän päivän asiakas valitsee entistä laajemman toimitussisällön ja kehitys on valmistalomyyjien mukaan samansuuntainen. Tämä on osa kehitystä, jonka mukaan asiakkaat haluavat yhä valmiimpia kokonaisuuksia. Tilaelementtitalojen toimittajien toimitussisältö sisältää kaikki rakennukseen liittyvät materiaalit kordinkoneita myöten. Asiakkaan valintamahdollisuudet rajoittuvat muutamiin vaihtoehtoihin, mutta toisaalta valmiusaste on korkea.

4.3.4 Energiataloudellisuus

Energiataloudellisuus on viime vuosina noussut yhdeksi tärkeimmistä kysymyksistä asumisessa. Sähkön ja öljyn hinta on ollut rajussa nousussa, ja sama trendi näyttäisi jatkuvan. Ne ovat olleet tähän asti yleisimpiä energianlähteitä asuntojen lämmityksessä. Sähkölämmityksen suosio jatkuu yhä sen hinnan nousuista huolimatta, koska se on äärettömän helppo tapa lämmittää ja perustamiskustannukset ovat hyvin pienet verrattuna muihin lämmitystapoihin.

Kuviosta 14 nähdään, millainen yhteisvaikutus energian hinnan nousulla ja energiakulutuksella pinta-alayksikköä kohden on kokonaisenergiakustannuksiin. Kuviosta voidaan päätellä, kuinka paljon esimerkiksi paremmalla lämmöneristyksellä tai lämmöntalteenotolla voidaan vaikuttaa kokonaisenergiakustannuksiin.



KUVIO 14 Energian kulutuksen ja hinnan vaikutus kokonaisenergiakustannuksiin. (Holopainen 2006)

Kioton sopimuksen mukaan Eurooppa on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjään 8 % vuoteen 2012 mennessä. EU:n alueella rakennukset vastaavat 40 % energian kokonaiskulutuksesta. Rakennusten energiankulutuksen vähentäminen olisi merkittävä keino kasvihuonekaasujen vähentämiseen.

”-Energiatehokkaampien rakennusten avulla olisi Euroopassa mahdollista vähentää vuodessa yli 400 miljoonaa tonnia hiilidioksidipäästöjä, mikä vastaa lähes kokonaan EU:n Kioton sopimuksen mukaisia CO₂ – päästöjen vähimmäistavoitteita.” (Holopainen 2006, 23)

Suomessa, jossa talvet ovat erittäin kylmiä, energiaa voitaisiin säästää suhteellisesti vielä enemmän kuin keskimäärin Euroopan alueella. Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädännön valmistelua tehdään ympäristöministeriön ja kauppaja- ja teollisuusministeriön yhteistyönä. Tavoitteena on energiatodistus asuinrakennuksille, jolla voidaan arvioida energiakustannuksia ja vertailla rakennusten energiatehokkuutta. Energiatodistus tulisi pakolliseksi kaikille muille rakennuksille paitsi vanhoille omakotitaloille ja rivitaloille ja vapaaehtoiseksi ole-

massa oleville omakotitaloille ja alle 7 huoneiston rivitaloille. Lisäksi on mahdollista, että lyhyellä aikavälillä energiataloudellisuutta tuetaan valtion taholta, esimerkiksi verohelpotuksin. (Rakennusten energiatehokkuus-lainsäädännön valmistelussa uusia linjauksia 2006.)

Energiankulutusta voidaan vähentää erilaisin keinoin. Valmistalomyyjän näkökulmasta yksi keino on parantaa rakennuksen lämpöeristystä. Tällä hetkellä pienetalarakentajista 50 % haluaa tehdä energiatehokkaan kodin mutta vain 10 % myös toteuttaa sen. Viranomaisten taholta energiatehokasta rakentamista pyritään lisäämään tiukentamalla rakennusmääräyksiä ja lisäksi siitä puhumalla pyritään muuttamaan asenteita myönteisemmiksi. (Me Rakentajat, 2006)

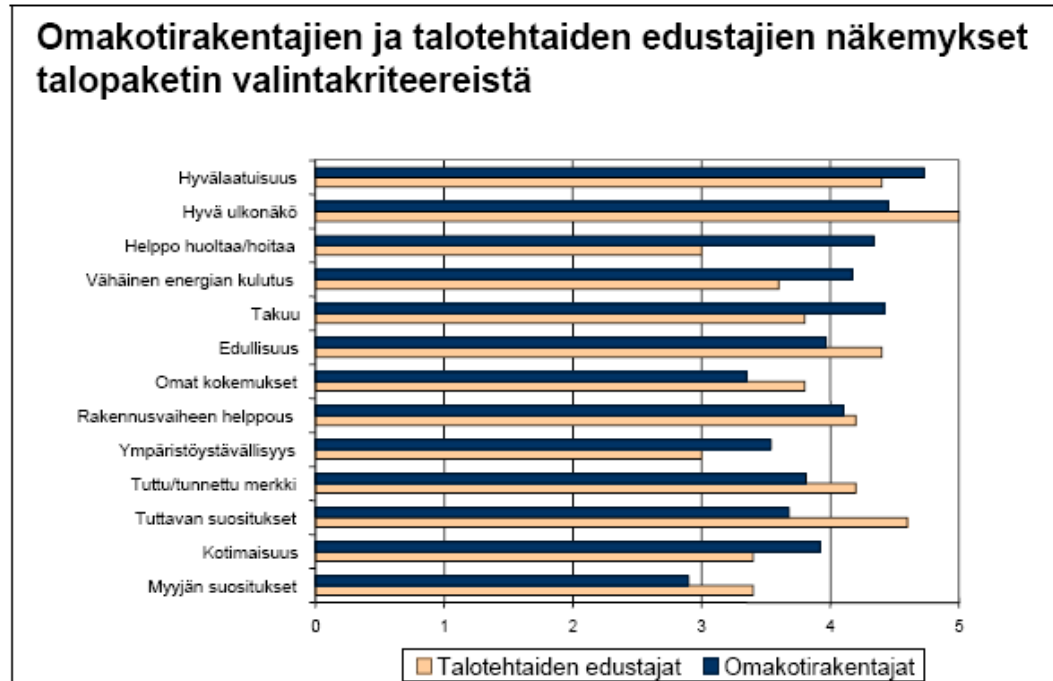
4.4 Ostopäätöksen tekijät

Talotoimittajien arvioiden mukaan suurin ostopäätökseen vaikuttava tekijä on talopakettien kokonaishinta. Vaikka tämän työn yhteydessä tehty kysely osoitti laadun ja energiatehokkuuden olevan tärkeitä, eivät ne kuitenkaan vaikuta kovin paljo lopullisen ostopäätöksen hetkellä. Tätä väitettä tukee myös esimerkiksi VTT:n vuonna 2002 tekemä tutkimus Omakotitalorakentajien valmius ympäristöystävällisiin rakennustapoihin.

Tutkimuksessa selvisi, että usein henkilökohtaiset tavoitteet ajavat rakennusprojektien valinnoissa muiden tekijöiden, esimerkiksi ympäristöystävällisyyden, edelle. Kun jostain täytyy tinkiä, jotta saadaan taloon esimerkiksi jokin mukavuustekijä enemmän, on ympäristöystävällisyys ensimmäinen asia, josta tingitään. Yleensä laadukkaat, energiaa säästävät ja ympäristöystävälliset ratkaisut ovat investointikustannuksina tavallista korkeampia. Näillä saadaan kuitenkin usein käyttökustannuksiltaan, käyttöikänsä ja jälleenmyyntiarvonsa puolesta edullisempi ratkaisu. (Mikkola & Riihimäki 2002)

Talomallia valitessa päätöksenteossa ovat mukana myös tunnetekijät. Asiakkaan tavoitteena on onnellinen perhe kauniissa asuinympäristössä. Yksi tärkeimmistä valintakriteereistä onkin nykyään talon ulkonäkö. Esimerkiksi talokirjassa oleva

onnistunut kuva talosta saattaa tehdä mallista menestyksen, vaikka se ei erityisemmin poikkea muista malleista. (Mikkola % Riihimäki 2002, 32.)



KUVIO 15 Talopakettien valintakriteerit, 0=ei ollenkaan tärkeää, 5=erittäin tärkeää (Mikkola ym, 2002, 32)

4.3 Kilpailukykyinen hinta

Tärkein kilpailukykyyn tekijä Suomen valmistalomarkkinoilla on hinta. Tämä selvisi markkinatutkimuksen yhteydessä. Toimitussisältöjen laajuuden ja laadun vaihdellaessa talopakettien osa kokonaiskustannuksista vaihtelee huomattavasti. Todellisuudessa samanlaisella laatuasteella rakennettaessa lopulliset kustannukset ovat erittäin lähellä toisiaan talotoimittajasta riippumatta.

Diana-talon toimitus koostuu ulkoapäin valmiista ulkoseinäelementeistä, kantavista väliseinistä, levytetystä välipohjasta ja valmiista vesikatosta. Toimitus ei sisällä alapohjaa, portaita, höyrynsulkumuoveja, sisäpuolen seinäpintojen levyjä, pintamateriaaleja, kalusteita, mahdollisia terasseja, pohja-, maalaus- ja LVIS-töitä.

Hinnan kilpailukyvyn selvittämiseksi pyydettiin tarjous mahdollisimman samantyyppisellä toimitussisällöllä suomalaiselta suurelementtitalojen toimittajalta. Pohjana käytettiin Diana Exclusivea, johon oli tehty saunan sijoittamisesta aiheutuneet muutokset.

Jotta saatu tarjouslaskelma vastaisi Diana-talon toimitusta, vähennettiin siitä työn ja materiaalien kustannukset, jotka aiheutuvat laajemmasta toimitussisällöstä ja valmiusasteesta. Hinnan määrittäminen ei voi olla kovin tarkka, koska saatavilla ei ollut tarkkoja hintoja, joilla suuret yritykset ostavat tavarantoimittajilta. Lisäksi kun materiaalit eri toimitussisällöissä eivät täysin vastaa toisiaan, on laskenta vielä epätarkempi.

Vesikaton asennuksen arvo on laskettu 172 m² katolle. Työn arvioitiin vievän 0,9h/m². Työntekijän palkaksi on laskettu 15 euroa/tunti ja henkilösivukuluiksi 70 % eli työn kustannus/m² on 22,95 euroa. (Hyttinen & Tuttujew 1999.)

Välipohjan lastulevyjen asennuksen arvioitiin vievän 0,5h/m². Kustannus/m² on tällöin ylläesitetyn perusteella 12,75 euroa. Levytettävää lattiapinta-alaa on 100 m². Höyrynsulun asennukseen arvioitiin kuluvan 0,05m² eli kustannus/m² on 1,3 euroa/m². Kipsilevyjen asennukseen arvioitiin kuluvan 0,33h/m² eli 8,4 euroa/m². Taulukossa 31 on eriteltyä saatuun tarjoushintaan lisättävät ja siitä vähennettävät kustannukset.

Tämän laskennan mukaan kilpailukykyinen hinta Diana Excluserille on 56 080 euroa, kun arvioidaan eri toimittajien rakenneosien vastaavan toisiaan. Todellisuudessa laskennassa olisi syytä huomioida esimerkiksi ulkoseinien ja ikkunoiden ominaisuudet. Paremminkin lämpöä eristävä rakenneosa voitaisiin arvioida arvokkaammaksi kuin heikommin eristävä, koska lämpöeristävyys on yksi rakennuksen käyttökustannuksiin vaikuttava tekijä. Samoin esimerkiksi vesikatemateriaalien välillä voisi tehdä vertailuja. Tässä tapauksessa tiilikatteet ovat Benders ja Ormax. Toisaalta suuria eroja näistä ei saisi syntyä, koska kuten aiemmin todettiin, asiakkaat eivät osaa kovin hyvin vertailla eri ominaisuuksia ja tällöin talopaketin hinta monesti ratkaisee.

TAULUKKO 30 Vähennettävät ja lisättävät kustannukset

Vähennettävät kustannukset			
Materiaali	määrä	á-hinta	Yhteensä
Saunan ovi	1 kpl	100	100
Sisäpuolen ovet	10 kpl	85	850
Höyrynsulkumuovit	380 m2	0,7	270
Väliseinien puutavara	330 jm	1,5	500
Sisäpuolen kipsilevyt	380 m2	2,5	960
Lämpöeristeet	63 m3	40	2520
PH+S kuusipaneeli	264 jm	0,9	240
laudepuutavara			400
Höyrynsulun asennus	210 m2	1,3	270
US kipsilevyjen asennus	210 m2	8,5	1785
Maali	80 l	6	480
Maalaustyö	40 h	22,95	920
Yhteensä			9295
Lisättävät kustannukset			
Materiaali	määrä	á-hinta	Yhteensä
Pontattu lastulevy	110 m2	5,8	640
Lastulevyn asennus	100 m2	12,75	1275
Tiilikaton asennus	172 m2	23	3960
Yhteensä			5875
(59 500-9295+5 875) euroa = 56 080 euroa			

3.4 Markkinointi- ja myyntikanavat

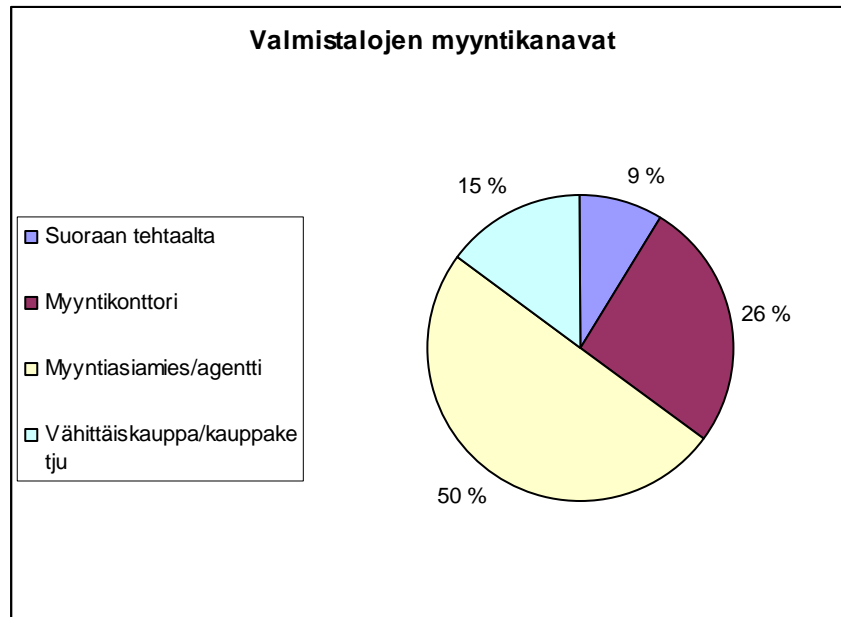
Pientalomarkkinat ovat Suomessa vilkkaat tällä hetkellä, kuten on monesti aiemmin jo todettu. Tarjonta on runsasta, mikä johtaa siihen että jokaisen yrityksen on markkinoitava itseään aktiivisesti. Yhdelläkään yrityksellä Suomen valmistalomarkkinoilla ei ole sellasita kilpailuetua, että se voisi luottaa asiakkaiden tulevan luokseen itsestään. Yritysten on oltava aktiivisia ja käytettävä vahvuuksiaan markkinoinnissaan erottuakseen ja tavoittaakseen kohderyhmänsä.

Pientalo on sen koko luokan hankinta, että ostaja on itsekin aktiivinen löytääkseen itselleen sopivimman ja edullisimman ratkaisun. Nykypäivänä Internet on kanava, josta kuluttajan on helpointa aloittaa tiedon hankinta valmistaloista. Kyselytutkimus myös osoitti, että lähes kaikki valmistalorakentajat hankkivat tietoa valmistaloista internetin kautta.

Jo tällä hetkellä osalla talotoimittajista on kotisivuillaan erilaisia virtuaalimalleja, joissa sivun käyttäjä voi mennä tyypitalon sisään ja esimerkiksi pyörittää kuvaa 360°. Tekniikkojen kehittyessä, Internet tulee todennäköisesti olemaan suuremmassa asemassa myös valmistalomarkkinoilla. Sivulla asiakas voi - talotoimittajan toimintatavasta riippuen - erilaisista komponenteista koota mieleisensä talon ja valita siihen materiaalit ja vaihdella niitä. Kehittyneen tietotekniikan käyttö voikin olla yksi tärkeä tapa pysyä mukana tiukassa kilpailussa.

Talojen myyminen voidaan järjestää useilla tavoilla. Yksi tehokas tapa, jolla tavoitetaan suuri määrä kuluttajia, on järjestää myynti jonkin suuren ketjun alaisena. Esimerkiksi Suomessa Koskisen Oy Taloteollisuus myy Herrala-taloja Starkin ja Puutalo Keskon rautakauppioiden kautta. Jotta tällainen toimintatapa olisi mielenkiintoista suuren ketjun puolelta, vaatisi se jo etukäteen vahvaa mainetta ja asemaa markkinoilla. (Riihimäki & Lehtinen, 2000, 34)

Myyntikonttorit ovat yksi tapa myydä. Tämä toimintatapa sopii suurille talotoimittajille, jotta yhdelle toimistolle on riittävästi myyntitöitä hiljaisinkin aikoina. Omaan myyntikonttoriin liittyy myös jonkin verran kiinteitä kustannuksia, jotka täytyy pystyä kattamaan kilpailukykyisesti verrattuna ulkoistettuun myyntiin. Toiminnan kontrollointi on talotoimittajan kannalta helpompaa, kun on oma myyntiosasto. Myös myyjän ja talotoimittajan tavoitteet ovat samanlaiset. Myyntimiehellä voi olla muitakin intressejä, jolloin valmistalotoimittajan edut voivat jäädä toissijaisiksi.



KUVIO 16 Valmistalojen myyntikanavat (Riihimäki & Lehtinen 2000, 34.)

Ylivoimaisesti yleisin tapa on järjestää myynti agentin tai myyntiasiamiehen välityksellä. 50 % Suomen valmistaloista myydään tällä toimintatavalla. Tällä tavoin myynnistä koituvat kustannukset ovat pienemmät kuin oman myyntikonttorin välityksellä. Lisäksi uudisrakentamisen kausiluonteisuus johtaa siihen, että hiljaisina aikoina myyntityölle ei ole yhtä suurta tarvetta kuin sesonkiaikana. Tällöin on edullista, että myynti tapahtuu ulkoisesti ja kustannukset ovat riippuvaiset myynnin määrästä.

5 YHTEENVETO

Diana – malliston rakenteiden yhteenveto käsiteltiin luvussa 3.7 joten tässä keskitytään markkinatutkimusosiossa ilmenneiden asioiden arviointiin.

Markkinatutkimus osoitti, että Suomen valmistalomarkkinoilla on laaja tarjonta ja paljon yrittäjiä. Jokaiselle rakentajalle löytyy sopiva toteutustapa suhteessa taitoihin ja varoihin. Hartiapankkirakentajalle sopii pre cut–talo, jolloin omalla työllä voi alentaa kustannuksia. Sille joka haluaa ”avaimet käteen”–toimituksen, sopii tilaelementtitalo ilman että kustannukset ovat suuremmat kuin hartiapankkirakentajalla. Valinnanvara tilojen ja materiaalien suhteen vain on paljon suppeampi.

Tässä työssä oli tarkoituksena selvittää miten Diana–mallisto voisi menestyä Suomen markkinoilla. Suurelementtitalona se ei kilpaile valmiusasteella suomalaisten suurelementtitalojen kanssa. Jollain tapaa toimintatapa muistuttaa pienenlementtituotanto, koska elementteihin ei tehdä muutoksia ja periaatteessa niitä voisi tehdä varastoonkin. Kun taloihin ei tehdä muutoksia, suunnittelutarve on todella vähäistä, joka voi näkyä talopakettin hinnassa.

Mahdollinen asiakasryhmä muodostuu melko pieneksi, koska kaikkien Dianamallistoon liittyvien ominaisuuksien täytyisi miellyttää asiakasta. Ostajan täytyisi olla valmis tekemään sisäpuolen työt käytännössä kaikki. Pohjaratkaisu on hyvin tavanomainen, mikä on todennäköisesti etu. Jos siinä olisi erikoisia tilaratkaisuja tai erikoisia ulkonäöllisiä tekijöitä, ei se välttämättä miellyttäisi kovin monia. Dianan symmetrinen ja suorakulmainen muoto on myös rakennuskustannuksiltaan matalampi verrattuna monimuotoiseen ja epäsäännölliseen rakennukseen.

Diana–malliston talot ovat melko korkeita ja terävämuotoisia, joka johtuu 1,5–kerroksisuudesta ja jyrkästä kattokaltevuudesta, 37°. Pystyverhous tekee vaikutelmasta vielä korkeamman. Tämä ulkonäkö sopii hyvin Norjan vuoristoiseen maisemaan. Hankala maasto varmasti osaltaan suosii mieluummin pientä rakennuksen pohjapinta-alaa. Diana–talo onkin hyvin tyypillisen norjalaisen pientalon näköinen. Suomessa taas talot ovat usein matalia ja katot loivia. Tämä sopii toisaalta Suomen tasaisempaan maastoon. Toisaalta hieman erinäköistä taloa ei estä

muut kuin kaavamääräykset, jos se muuten miellyttää rakentajaa. Kilpailukykyä heikentävä tekijä on, että kattokaltevuutta ei voida muuttaa. Kattokaltevuus on useimmiten määrätty kaavassa, ja muutoksen haku rakennuslupa-aiheuttaa asiakkaalle aina lisätyötä, jos kattokaltevuus poikkeaa kaavamääräyksistä.

Merkittävä ero Diana – talon ulkonäössä verrattuna tyypilliseen suomalaiseen taloon on ulkoverhous. Suomessa talotehtaat tarjoavat yleensä tavallista pysty- tai vaakapanelointia. Diana – talon profiloitu peiterimalaudoitus on selvästi erinäköinen ja se voi olla yksi vahvuus. Markkinatutkimuksessa selvisi, että talon ulkonäkö on yksi tärkeimmistä tekijöistä tyypitalon valinnassa.

Toimitussisällön laajennus voisi olla kilpailukykyä lisäävä tekijä, koska se helpottaa asiakkaan työtä paljon ja kustannukset olisivat pienemmät. Talopakettien toimitussisällöt kasvavat jatkuvasti juuri siksi, että sille on kysyntää.

Diana-talon kohdalla on luonnollisesti järkevintä, että myynti tapahtuu myyntimiehen välityksellä, koska alkuvaiheessa on monia epävarmoja tekijöitä, etenkin kun markkinoille pyritään ulkomaalaisella konseptilla, jonka toimivuudesta Suomen markkinoilla ei ole kokemuseräistä tietoa.

Tämä työ osoitti, että Suomen valmistalomarkkinat vaativat paljon valmistalotoimittajilta. Ala kehittyy jatkuvasti, ja se vaatii yrityksiltä kilpailukykyyn säilyttämiseksi jatkuvaa kehitystyötä. Kehityksen on tapahduttava jatkuvasti asiakaslähtöisyyden parantamiseksi.

Rakentamismääräykset täytyvät Diana – malliston kohdalla yläpohjan tuuletustalukuun ottamatta, joka on helposti korjattavissa. Heikkoudet ilmenevät jossain määrin valmiusasteessa ja erityisesti muutosmahdollisuuksissa. Valmiusasteen alhaisuus ei välttämättä ole aina heikkous, kun se näkyy hinnassa. Nykyään kysyntää on kuitenkin enemmän mahdollisimman valmiille tuotteelle, ja tässä kilpailussa Diana – mallisto jää auttamatta toiseksi.

Suurempi ongelma on muutosmahdollisuuksissa, joita Diana – malliston kohdalla ei ole käytännössä lainkaan. Nykyään valmistaloasiakkaat voivat viedä omat

suunnitelmansa valmistalomyyjälle, joka muokkaa niistä toteutuskelpoiset. Tyypitaloja myydään harvemmin sellaisenaan. Niihin tehdään lähes aina jotain muutoksia, useimmiten tilojen suhteen.

Diana – mallisto voi olla joillain muilla, vähemmän kehittyneillä valmistalomarkkinoilla hyvinkin kilpailukykyinen. Suomen markkinoilla menestyminen kuitenkin vaatisi jonkin verran kehitystyötä asiakaslähtöisempään suuntaan. Toiminnan laajennus Suomeen sisältää kovin paljon epävarmuustekijöitä, jolloin sitä ei voida suositella nykyisellä konseptilla.

LÄHTEET

Kirjalliset julkaisut

- Holopainen, R. 2006. Nykyisessä rakennuskannassa energiatehokkuuspotentiaalia: Lisäeristämällä energiasäästöjä. *Me Rakentajat*. Kevät 2006, 22.
- Hyttinen R. 1984. Puuelementtirakentaminen. Rakentajain Kustannus Oy, Jyväskylä.
- Hyttinen, R & Tuttujew, J. 1999. Pientalon rakentamiskustannukset, Rakennusalan kustantajat RAK, Jyväskylä.
- Kuntsi, S. 1998. Katot ja vedeneristys. Rakennusalan Kustantajat RAK, Helsinki.
- Leivo, M., Nupponen, A. ja Pitkänen J. 1997. Eurocode 5 esimerkkilaskelmat. Wood Focus.
- Lämmöneristysmääräysten 2003 täyttäminen. 2003. Ympäristöministeriön ympäristöopas julkaisusarja. Rakennustieto Oy, Tampere.
- Rakentaminen ja asuminen Vuosikirja 2005. 2005. Tilastokeskus. Helsinki.
- RakMK C2. 1999. Kosteus rakentamisessa. Opas. Ympäristöministeriön ympäristöopas julkaisusarja. Rakennustieto Oy.
- RIL-201-1999, Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat, Euronormi, osat 1, 2-3 ja 2-4. 1999. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Helsinki.
- RIL-205-1997, Puurakenteiden suunnittelu, Euronormi. 1997. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Helsinki.
- STEP 1, Puurakenteet. 1996. Rakennustieto Oy, Tampere.
- Trebjelkelag, dimensjonering og utførelse. 1997. Byggforskserien. Byggforsk.

Elektroniset lähteet

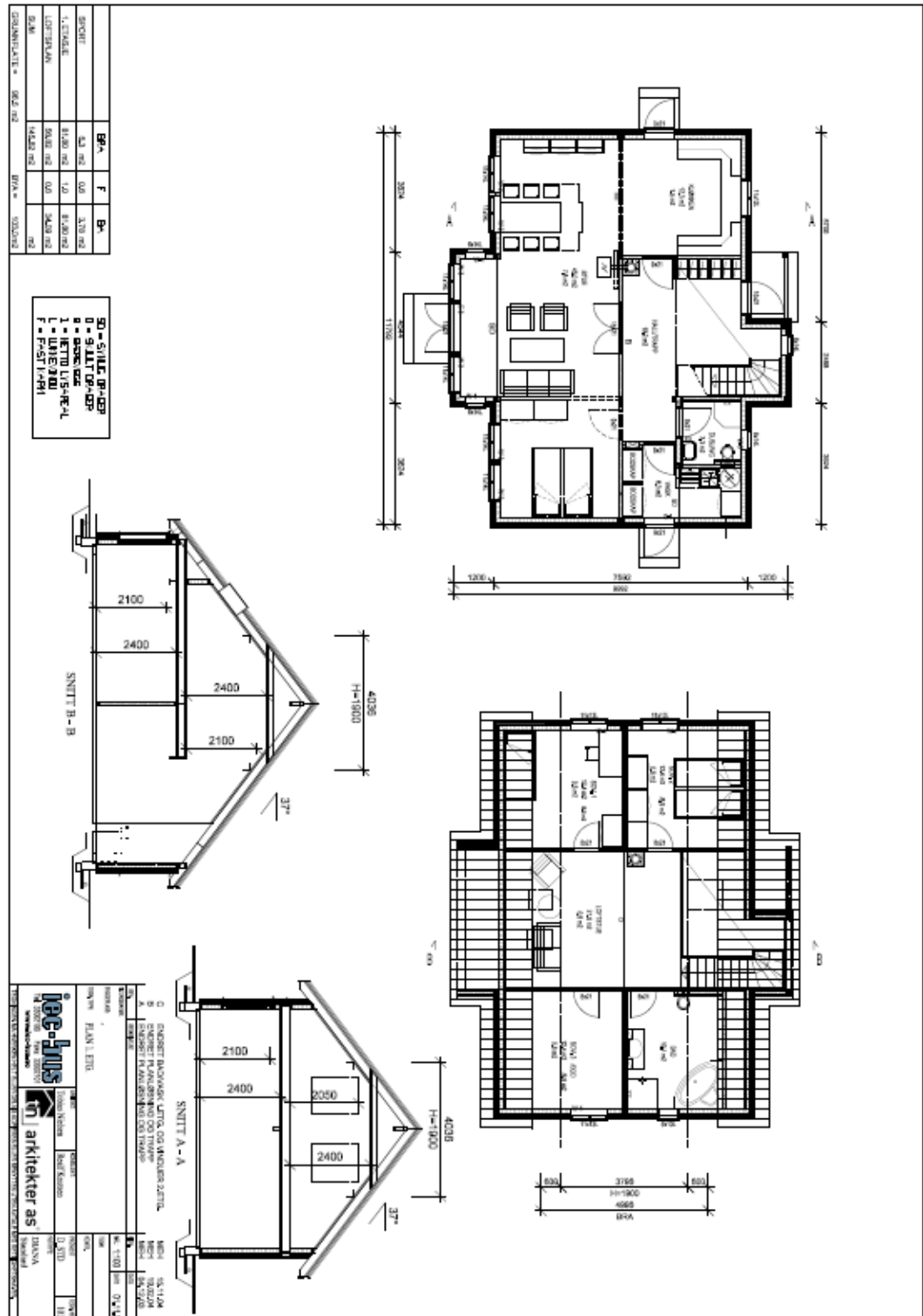
- Mikkola, K. ja Riihimäki, M. 2002. [verkkodokumentti]. Omakotitalorakentajien valmius ympäristöystävällisiin rakentamistapoihin. VTT. Tampere. [viitattu 13.4.2006]. Saatavissa: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/tiedotteet/2002/T2170.pdf>
- Talon rakennuksesta tulee massaräätälöintiä. [verkkodokumentti]. STT. 2004. [viitattu 15.2.2006]. http://www.talentum.com/doc.ot?d_id=189137

- Taloteollisuuden tilauskanta kasvoi viidenneksen. [verkkodokumentti]. STT. 2004. [Viitattu 15.2.2006]. Saatavissa: http://www.talentum.com/doc.ot?d_id=107542
- Malin R. Isot tekemään pieniä taloja [verkkodokumentti]. 2003, [viitattu 15.2.2006]. Saatavissa: http://www.talentum.com/doc.ot?d_id=98744
- Pientalojen suosio huippulukemissa [verkkodokumentti]. STT. 2003. [viitattu 15.2.2006]. Saatavissa: http://www.talentum.com/doc.ot?d_id=55650
- Talopakettien toimituksissa on huomattavia eroja [verkkodokumentti]. STT. 2000. [viitattu 15.2.2006]. Saatavissa: http://www.talentum.com/doc.ot?d_id=189138
- Teollisuus haluaisi alentaa pientalotuotannon kynnyksiä [verkkodokumentti]. STT. 2003. [viitattu 15.2.2006]. Saatavissa: http://www.talentum.com/doc.ot?d_id=92199
- Tonttitarjontatyöryhmä: Kaavoitukseen ja rakentamiseen lisää sujuvuutta [verkkodokumentti]. [viitattu 3.4.2006]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=174588&lan=fi>
- Pientalobarometri joulukuu 2005 [verkkodokumentti]. Pientaloteollisuus. [viitattu 20.2.2006] Saatavissa: http://www.pientaloteollisuus.fi/Tiedotteet/BAROMETRI_joulu-kuu_2005.pdf
- VTT selvitti koko maan asuntotarpeen: Uusia asuntoja tarvitaan 30 000 vuodessa [verkkodokumentti]. VTT. 2005. [viitattu 26.3.2006]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/newsarchive/2005/uutinen0506009.htm>
- Asuinrakennuslupien määrä kasvoi tammikuussa [verkkodokumentti]. Tilastokeskus. 2006. [viitattu 29.3.2006]. Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/til/rl/2006/01/rl_2006_01_2006-03-24_tie_001.html
- RT 82–1056 [verkkodokumentti]. Rakennustieto [viitattu 30.3.2006]. Saatavissa: <http://www.rakennustieto.fi/82-10560/harjatuuletus.htm>
- RT 84–10793 [verkkodokumentti]. Rakennustieto [viitattu 30.3.2006]. Saatavissa: <http://www.rakennustieto.fi/84-10793>
- Rakennusten energiatehokkuuslainsäädännön valmistelussa uusia linjauksia [verkkodokumentti]. 2006 [viitattu 3.4.2006]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=175630&lan=fi>

- Pääministeri Matti Vanhanen puhuu omakotirakentamisen puolesta [verkkodokumentti]. 2004 [viitattu 3.4.2006]. Saatavissa: http://www.asuntotieto.com/10000i_ASUNTOMARKKINATIETO/Vanhasen_haast.html
- Omakotitalojen markkinat 2004 -kohtaavatko kysyntä ja tarjonta? [verkkodokumentti]. 2004 [viitattu 3.4.2006]. Saatavissa: http://www.asuntotieto.com/10000i_ASUNTOMARKKINATIETO/10000i_oktalomarkk04.html
- Gyproc käsikirja [verkkodokumentti] Gyproc Oy. Kirkkonummi. 2003 [viitattu 22.3.2006]. Saatavissa: <http://www.gyproc.fi>
- Riihimäki M & Lehtinen E, Talopaketit asuinrakentamisessa [verkkodokumentti]. VTT, Espoo, 2000 [viitattu 4.4.2006]. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2025.pdf>
- Asumisen vaihtoehdot [verkkodokumentti] [viitattu 10.4.2006] Saatavissa: <http://www.suomirakentaa.fi/Default.aspx?id=356093>
- ISOVER KL 37 Multipack, tuoteseloste [verkkodokumentti]. Isover [viitattu 9.4.2006]. Saatavissa: <http://www.isover.fi/fi/Tuotesivu/?intProductID=17757&tuoteseloste=1#>
- Kuluttajien luottamus talouteen notkahti hieman tammikuussa [verkkodokumentti]. 2006 [viitattu 3.2.2006]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/kbar/2006/0/kbar_2006_01_2006-0127_tie_001.html
- Talja A, Toratti T & Järvinen E, Lattioiden värähtelyt, suunnittelu ja kokeellinen arviointi [verkkodokumentti]. VTT, Espoo, 2002 [viitattu 20.3.2006]. Saatavissa: <http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2124.pdf>
- Tonttien hintakehitys [verkkodokumentti]. YTV, 2006 [viitattu 5.4.2006]. Saatavissa: <http://www.ytv.fi/NR/rdonlyres/2B02CC59-EB60-4432-B78B-9B92CA177AAC/0/hintakehitys2004.pdf>

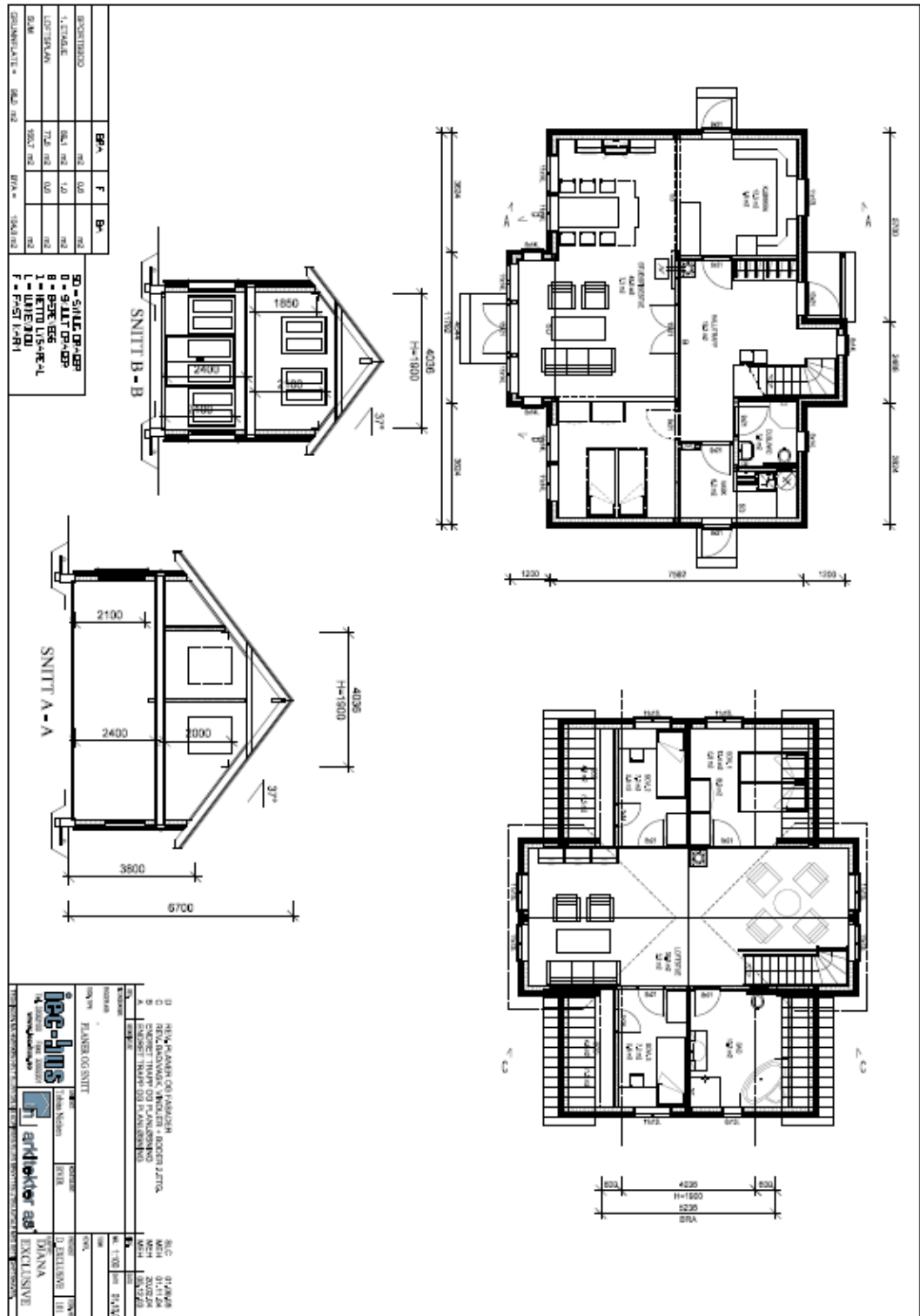
Haastattelut

- Jarmo Virtanen, myyntiedustaja, Lappli-talot, Lahti, 10.2.2006
- Tuula Rantala, myyntiedustaja, Jukka-talot, Lahti, 9.2.2006
- Jari Halmesuo, myyntiedustaja, Älvsbytalot, Hollola, 16.2.2006

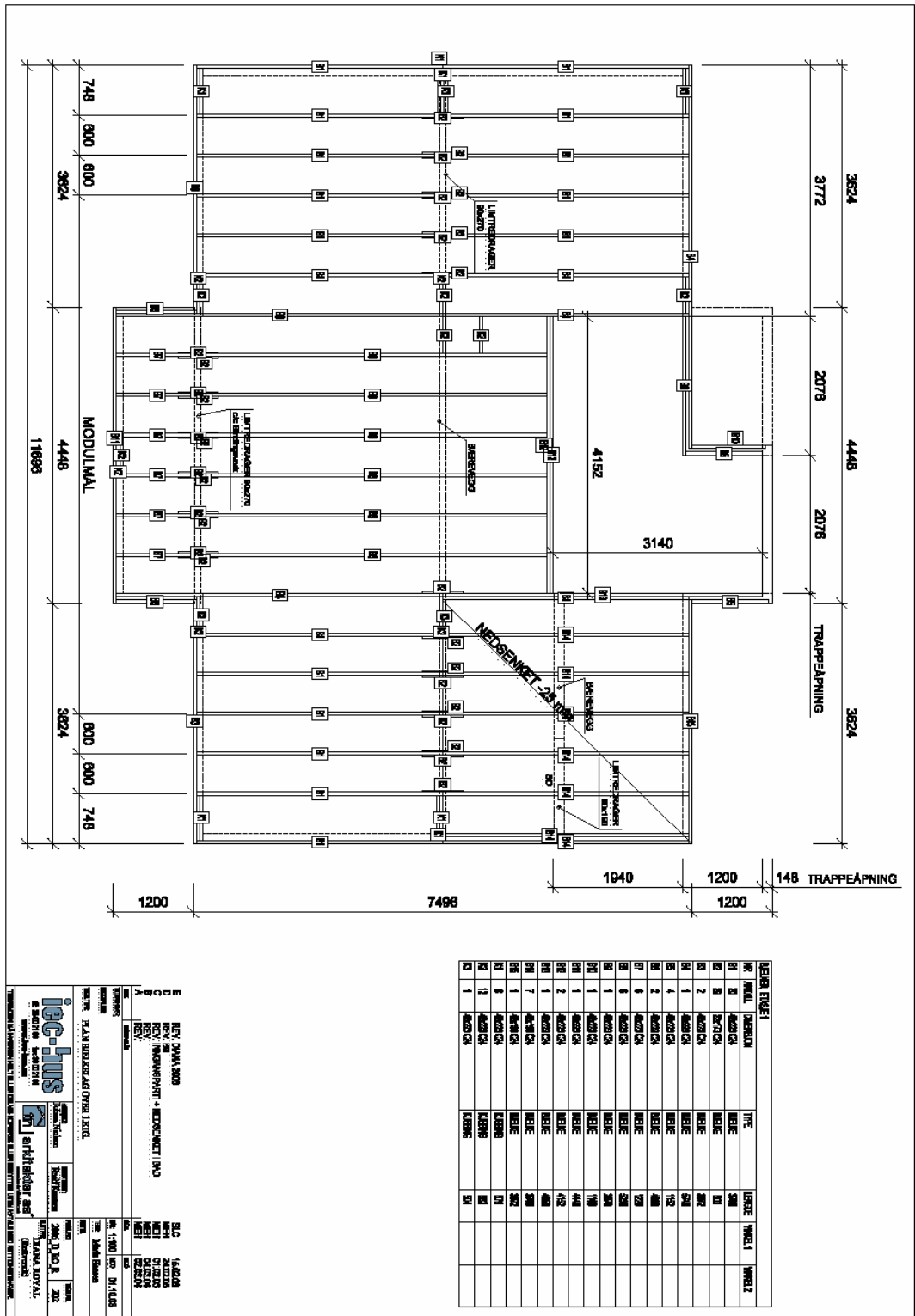


KUVIO 1 Diana Standardin pohjapiirros

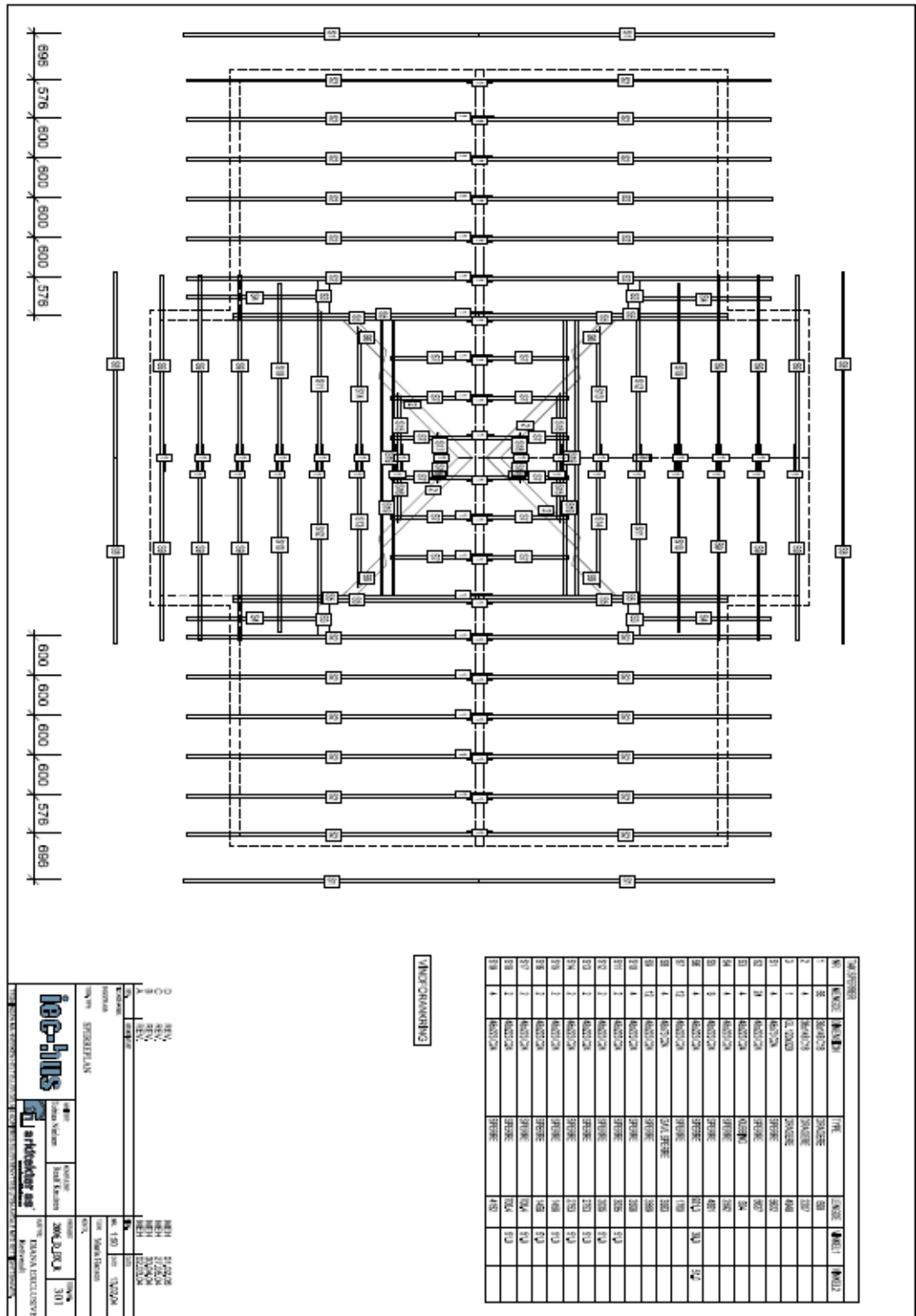
LIITE 1 (jatkuu)



KUVIO 3 Diana Exclusiven pohjapiirros

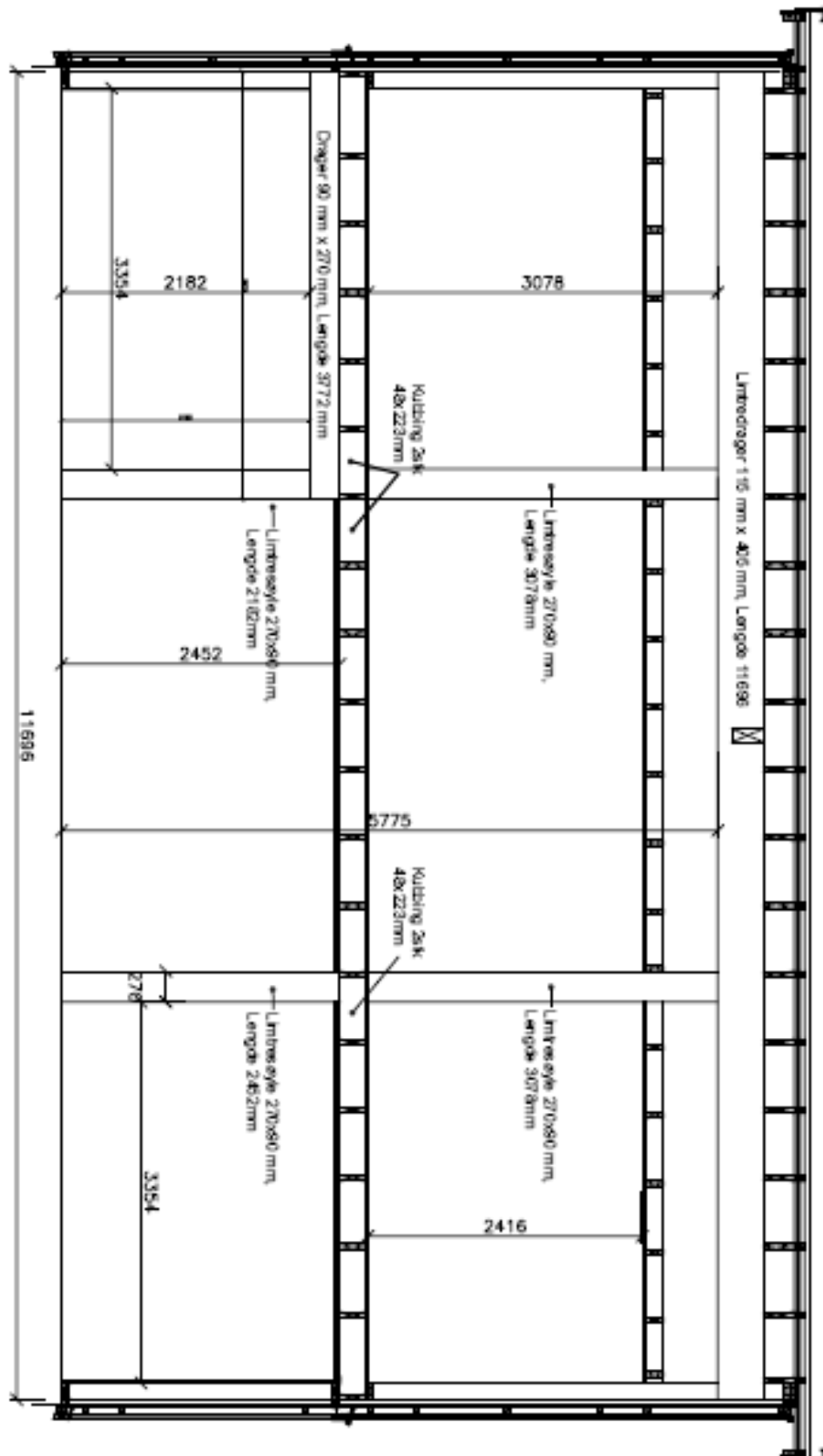


KUVIO 4 Diana Royalin välipohjapalkisto

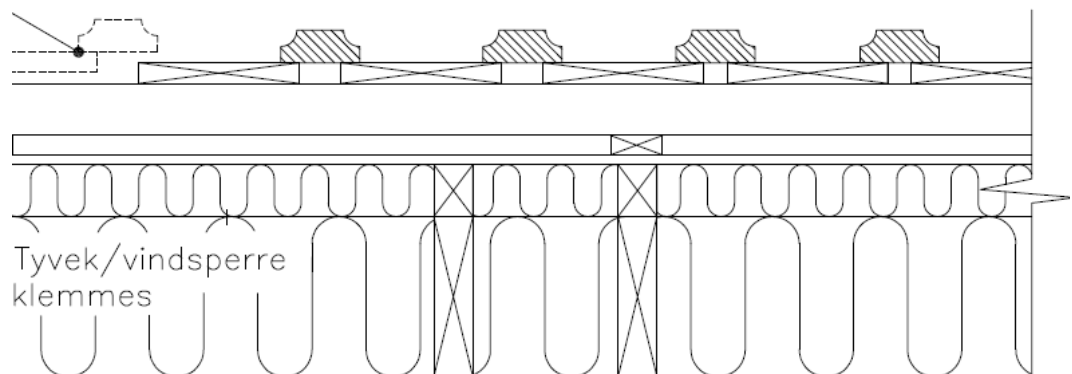
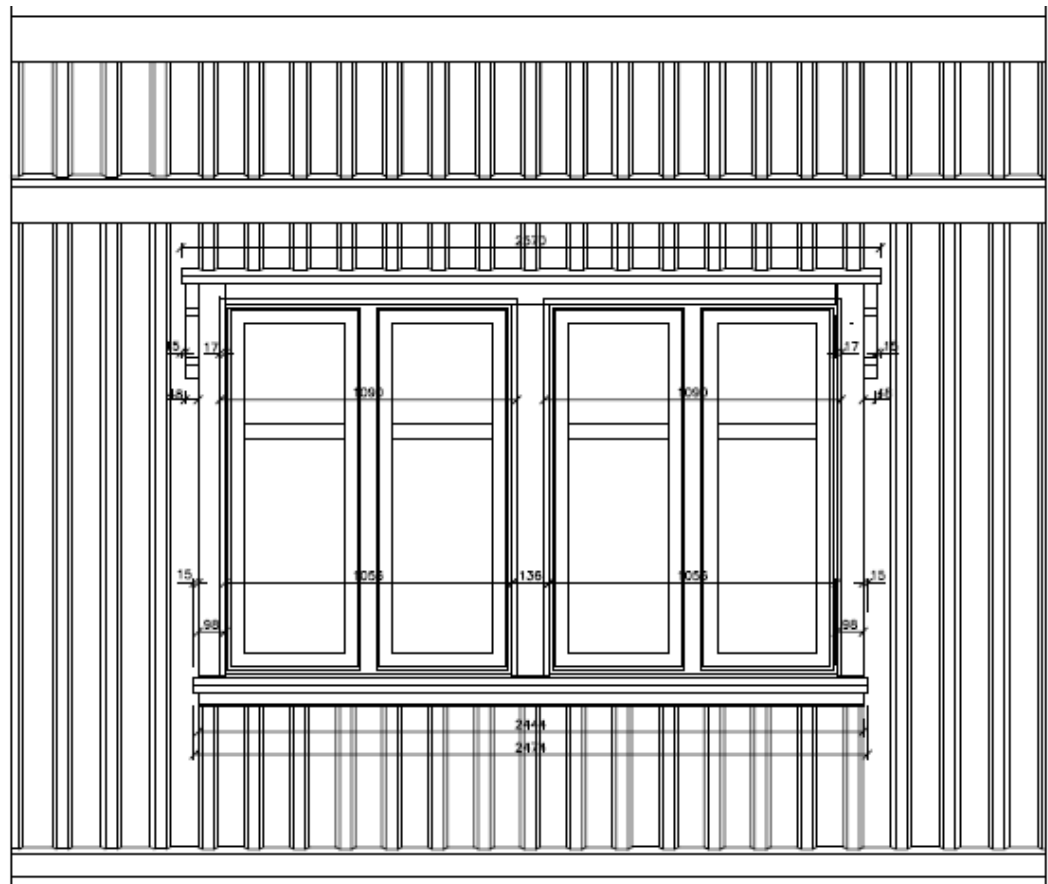


КУВИО 5 Diana Exclusiven kattopalkisto

Diana-malliston harjapalkki ja kantavan linjan liimapuupalkit ja pilarit LIITE 4



KUVIO 6 Harjapalkki ja liimapuupilarit



Kyselylomake

LIITE 6

Markkinatutkimus**Ikä** alle 25 25 – 34 35 – 44 45 →**Sukupuoli** Mies Nainen**Aion ryhtyä rakennushankkeeseen** Ei Kyllä**Rakennan/rakennutan** valmistalon pitkästä tavarasta

Osallistun rakennustyöhön En lainkaan
 Apumiehenä
 Jonkin verran
 Teen muun paitsi sähkö-, viemäri- ja
 LVI-työt
 Teen kaiken itse

Pidän tärkeänä talotoimittajaa valittaessa 1=en lainkaan 2=jonkin verran
 3=melko tärkeänä 4=erittäin tärkeänä 5= en osaa sanoa

laaja talomallivalikoima

1 2 3 4 5

korkeaa valmiusastetta

1 2 3 4 5

laajaa toimitussisältöä

1 2 3 4 5

toimitussisällön laadukkuutta

1 2 3 4 5

talotoimittajan tunnettuutta

1 2 3 4 5

muutosten teko mahdollisuutta

1 2 3 4 5

nopeaa toimitusaikaa

1 2 3 4 5

energiataloudellisuutta

1 2 3 4 5

Saan tietoa valmistalopaketeista

TV	Sanomalehdet
Aikakausilehdet	Mainokset
Internet	Radio
Tutuilta	Muu