

Moduulirakentaminen-

Rankarunkotilaelementtien mahdollisuudet asunnon tilallisuuden
muodostamisessa

TIIVISTELMÄ

Tekijä:	Kukka-Maaria Niemikorpi
Otsikko:	Moduulirakentaminen- Rankarunkotilaelementtien mahdollisuudet asunnon tilallisuuden muodostamisessa
Sivumäärä:	65 sivua + 1 liitettä
Aika:	4.5.2022
Tutkinto:	Rakennusarkkitehti (AMK)
Koulutusohjelma:	Rakennusarkkitehtuuri
Ohjaajat:	Arkkitehti Jorma Lehtinen, lehtori Arkkitehti Jarkko Könönen, lehtori
Avainsanat:	Tilaelementti, rankarunko, tilasuunnittelu, moduuli- rakentaminen

Puurakentamisen lisääminen on osa kansallista ilmastostrategiaa, jonka tavoite on vähentää hiilidioksidipäästöjä. Jatkuvasti lisääntyvän puurakentamisen teollistaminen ei kuitenkaan saa vähentää lopputuotteen arkkitehtonisten ratkaisujen monipuolisuutta. Massatuotannosta ja standardoinnista huolimatta tulisi suunnittelijoilla olla mahdollisuus luoda arkkitehtonisesti ja tilallisesti korkealaatuisia asuntoja.

Opinnäytetyössä kartoitetaan puurankarunkoisten tilaelementtien ominaispiirteet ja kehitetään niiden pohjalta asuntojen arkkitehtonista tilasuunnittelua. Työn pohjaksi kartoitetaan perustietoa tilaelementtirakennejärjestelmästä ja mitoitukseseen vaikuttavista tekijöistä. Vakiintuneelle moduulikoolle pyritään löytämään vaihtoehtoisia mitoja, jotka mahdollistaisivat joustavamman tilasuunnittelun ja laajemman arkkitehtonisten elementtien käytön. Mitoituksen toimivuutta asuntosuunnittelussa testataan konstruktiivisena tutkimuksena, jossa vaihtoehtoisen mitoituksen mukaisiin moduuleihin ja moduuliyhdistelmiin sijoitetaan eri asuntotyyppisiä. Asuntovariaatioiden toimivuus todennetaan sijoittamalla variaatio esimerkkikerrostaloon. Suunnitteluratkaisujen arkkitehtuuria ja toiminnallisuutta arvioidaan arkkitehtuurin peruskäsitteiden kautta.

Vakiintuneesta koosta poikkeavia moduuleja voidaan toteuttaa tietyissä mittarajoissa. Vakiintuneesta 4,2 metrin moduulileveydestä leveämpi moduuli mahdollisti asunnon vapaamman tilasuunnittelun, arkkitehtonisesti monimuotoiset ratkaisut ja hyvän muuntojoustavuuden. Erityisesti kahteen tasoon sijoittuvat asunnot synnyttivät hyvin monimuotoista ja mielenkiintoista tilallisuutta ja näyttävää arkkitehtuuria. Kerrostalon ylimmät kerrokset tarjosivat hyvät mahdollisuudet moninaisen arkkitehtuurin toteuttamiseen, esimerkiksi suorakulmaisesta särmiöstä poikkeavalla tilamuodolla.

Työssä esitetyt rakenteet ovat arkkitehtiluonnoksia ja vaativat tarkempaa jatkokehitystä, toteutuskelpoisuuden varmistamiseksi. Työn tulokset ovat sovellettavissa yleisesti ottaen moduulirakentamiseen, runkorakenteen rajoitteet huomioon ottaen.

ABSTRACT

Author:	Kukka-Maaria Niemikorpi
Title:	Modular Construction- Possibilities of Volume Elements of Wooden Frame in Creating Spatiality of Dwelling
Number of pages:	65 pages + 1 appendices
Date:	4 May 2022
Degree:	Bachelor of Construction Architecture
Degree Programme:	Construction Architecture
Instructors:	Jorma Lehtinen, Senior Lecture Jarkko Könönen, Lecture
Keywords:	Volume element, wooden frame, spatial design, modular construction

Addition of wooden construction is part of national climate strategy whose goal is to reduce carbon emissions. Industrialization of constantly increasing wooden construction should not, however, reduce the versatility of architectural design solutions. Despite mass production and standardization designers should have the opportunity to create architecturally and spatially high-quality dwellings.

The thesis map the characteristics of the volume elements of wooden frame and developing the architectural space design of dwellings. The study uses as the basis the stud information about the volume element structure system and factors affecting dimensioning. The aim is to find alternative dimensions or established module sizes that would allow more flexible spatial design and wider use of architectural elements. The functionality of dimensioning in dwelling planning was tested as a constructive study where different types of dwelling are placed in modules and module combinations of alternative dimensioning. The functionality of the dwelling variations was verified by placing a variation in the example block of flats. The architecture and functionality of the design solutions is evaluated using the basic concepts of architecture.

Modules different from the established size can be implemented within certain dimension limits. From the established 4.2 m module width, the wider module allowed for a flexible spatial design, architecturally varied solutions and good conversion flexibility of the dwellings. In particular the apartment located on two levels formed very diverse, interesting and spatially spectacular architecture. The top floors of the block of flats provided good opportunities for the implementation of a varied architecture for example a space shape that differs from a rectangular prism.

The structures presented in the study are architectural sketches and require further development. The results of the study are generally applicable to modular construction taking into account the constraints of frame structures.

Sisällys

1	Johdanto	1	4.2.2	Korkeus	17
1.1	Tausta	1	4.3	Rakenteiden tuottama mitoitus	19
1.2	Aihe	1	4.3.1	RunkoPES 2.0	19
1.3	Tavoitteet	1	4.3.2	Pystyrakenteet	19
1.4	Tutkimuskysymys	2	4.3.3	Vaakarakenteet ja pystymitoitus	23
2	Moduulirakentaminen	2	4.4	Rakenteiden mahdollistama vaihtoehtoinen mitoitus	25
2.1	Moduuli käsitteenä	2	4.4.1	Leveys	25
2.2	Mittajärjestelmän kehittyminen	3	4.4.2	Korkeus	26
2.3	Teollinen puurakentaminen Suomessa	4	4.5	Yhteenvedo vaihtoehtoisesta moduulimitoituksesta	29
3	Tilaelementtitekniikka	8	5	Tilavariaatiot	31
3.1	Tilaelementti	8	5.1	Vaihtoehtoinen moduulikoko: asuntotyyppien sovitus	32
3.2	Rakennejärjestelmät	9	5.2	Vaihtoehtoinen moduulikoko ja muuntojoustavuus	34
3.3	Tilaelementtitekniikan vaikutus asutosuunnitteluun	10	5.2.1	Variaatio A	35
3.4	Lisäkerrosrakentaminen tilaelementeillä	12	5.2.2	Variaatio B	36
3.5	Edut ja haasteet	13	5.2.3	Variaatio C	37
4	Tilasuunnittelun lähtökohdat	15	5.2.4	Variaatio D	38
4.1	Siirrettävyyden tuottama mitoitus	15	5.3	Kahteen tasoon sijoittuvat asunnot	39
4.2	Siirrettävyyden mahdollistama vaihtoehtoinen mitoitus	17	5.3.1	Variaatio E	40
4.2.1	Leveys	17	5.3.2	Variaatio F	42
			5.3.3	Variaatio G	44
			5.3.4	Variaatio H	46
			5.3.5	Variaatio I	48
			5.4	Parviasunnot	50

5.4.1	Variaatio J	51
5.4.2	Variaatio K	53
6	Johtopäätökset	55
7	Lähteet	62

Liitteet

Liite 1: Opinnäytetyön tehtävänanto

1 Johdanto

1.1 Tausta

Puun käyttö alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä, mikä on yhteiskunnallinen ja ilmastopoliittinen tavoite. Puupohjaisten rakennejärjestelmien ja tuotteiden kehittäminen laajentaa puunkäytön mahdollisuuksia ja taloudellisuutta. Teollinen tuotanto mahdollistaa hallitun teollisen prosessin kautta laadun ja kustannustehokkuuden. Puun käytön lisäämisellä rakentamisessa voidaan tehokkaasti edistää kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaisten ilmastotavoitteiden täyttymistä vuoteen 2035 mennessä. Puun sitoma hiili säilyy rakenteissa pitkään ja toimii hiilivarastona.¹

Teollisen tuotannon käyttö rakentamisessa, luo suunnittelulle tiettyjä rajoitteita ja rajoittaa ratkaisujen monipuolisuutta. Massatuotanto ja standardointi ei saa heikentää tuotteiden arkkitehtonista laatua. Parhaimmillaan teollisella tuotannolla saavutetaan ratkaisuja, jotka

palvelevat sekä taloudellisia tavoitteita että arkkitehtuuria. Uudet ratkaisut vaativat syntyäkseen tutkimusta ja kehitystä, johon opinnäytetyö osaltaan vastaa.

1.2 Aihe

Opinnäytetyön tehtävänä on tutkia, kuinka rankarunkotilaelementtien käyttö rakennejärjestelmänä vaikuttaa asuintilojen arkkitehtisuunnitteluun ja kuinka sitä voisi kehittää. Työssä etsitään moduulien suunnitteluun tilallisesti, toiminnallisesti ja muuntojoustavasti monipuolisia ratkaisuja, jotka tuovat asuintiloihin arkkitehtonista lisäarvoa. Tarkoituksena on tutkia asuintilasuunnittelua innovatiivisesta näkökulmasta pohjaksi tilaelementtirakentamisen kehitystyölle.

1.3 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoite on kartoittaa rankarunkotilaelementtirakentamisen erityispiirteet ja niiden vaikutus asuintilojen arkkitehtisuunnitteluun. Kartoitettujen erityispiirteiden pohjalta kehitetään tilaelementtirakentamisen tilasuunnittelua ja etsitään siihen uusia näkökulmia. Työn

¹ Ympäristöministeriö: Puurakentamisen ohjelma (www.ym.fi)

osatavoite on lisätä suunnittelijoiden tietoisuutta rankarunkotilaelementtirakentamisesta, sen erityispiirteistä, mahdollisuuksista ja rajoitteista. Opinnäytetyö ei kuitenkaan ole suunnitteluohje arkkitehdeille, vaan keskittyy tilaelementtirakentamisen arkkitehtonisen tilasuunnittelun kehitystyöhön.

1.4 Tutkimuskysymys

Kuinka rankarunkotilaelementtien käyttö rakennejärjestelmänä vaikuttaa asuintilojen arkkitehtoniseen tilasuunnitteluun ja kuinka sitä voisi kehittää?

² Suomi Sanakirja: moduuli (www.suomisanakirja.fi)

2 Moduulirakentaminen

2.1 Moduuli käsitteenä

Sanakirjan mukaan termi moduuli tarkoittaa teknistä itsenäistä osaa, jollaisista voidaan koota erilaisia kokonaisuuksia². Moduuli, modulaarisuus on monitahoinen termi, jota käytetään laajasti eri asiayhteyksissä, mikä voi aiheuttaa virhekesityksiä. Yleisesti ottaen moduuli ymmärretään jonkin kokonaisuuden itsenäiseksi osaksi, jonka voi vaihtaa tai yhdistää muihin moduuleihin. Rakentamisen alalla moduuli tarkoittaa myös mittaa. Termin merkitys mittana säilyi aina 1900-luvulle asti ja sen avulla rakennuselementtejä voitiin yhdistellä vakiodusti.³ Tässä opinnäytetyössä termillä moduuli tarkoitetaan itsenäistä osaa eikä mittaa.

Sekä standardoidut rakennusosat että moduulit ovat teollisesti esivalmistettuja elementtejä, mutta niiden välillä on eroavaisuuksia. Millerin ja Elgårdin tutkimuksen mukaan rakennusosalla on rajoittunut toiminnallisuus lopputuotteeseen verrattuna, kun taas moduuli sisältää sekä standardoituja että toiminnallisia ominaisuuksia. Pahlin ja Beitz

³ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.37

näkevät, että moduuli ilman toimintoa on epämoduuli. Nykypäivänä suurin osa rakentamisesta on esivalmistettujen osien yhdistelemistä. Modulaarisen rakentamisen määritelmä riippuu esivalmistettujen rakennusosien toiminnallisuudesta. Yksittäisen moduulin tulee sisältää toiminallisuutta lopputuotteeseen verrattuna. Esimerkiksi tiili on esivalmistettu rakennusosa, mutta siihen liittyy suhteellisen vähän toiminnallisuutta suhteessa lopputuotteena olevaan rakennukseen.⁴ Eskolan mukaan moduloinnissa tuote jaetaan fyysisen toiminnallisuuden mukaisiin osiin, joita yhdistelemällä voidaan tuottaa mahdollisimman suuri määrä erilaisia vaihtoehtoja mahdollisimman pienellä moduulimäärällä.⁵

Rakentamisen ja tekniikan lisäksi modulaarisuuden konsepti on otettu käyttöön myös esimerkiksi ohjelmistoalalla, jossa modulaarisuudella on rationalisoitu monimutkaisia järjestelmiä. Toki rajapinnat virtuaalitasolla eivät ole fyysisiä, kuten rakentamisessa olemme tottuneet.

⁴ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.37

⁵ Eskola, T. Arkkitehtuuri käsitteenä. s. 105

Uudenlaista, aineetonta modulaarisuutta kohtaamme myös rakennus- alalla tietomallinnuksen muodossa.⁶

2.2 Mittajärjestelmän kehittyminen

Moduuli-termi on peräisin latinankielisestä sanasta *modulus*, joka tarkoittaa pituusmittaa. Marcus Vitruvius Pollio käytti termiä kirjassaan *De architectura libri decem* (Kymmenen kirjaa arkkitehtuurista). Modulus oli standardimitta, joka mahdollisti rakennusosien välisten mittasuhteiden määrittämisen. Alkuperäisessä merkityksessään moduuli liittyy mittasuhteiden tarkasteluun ja vakiointiin.⁷

Elementtirakentamisen toteutuskelpoisuuden muodostuminen synnytti tarpeen standardoinnille. Le Corbusier ja Walter Gropius näkivät elementtirakentamisen ratkaisuna yhteiskunnan asunto-ongelmiin. Elementtirakentamisen alkuaikoina mitta- ja moduulitutkimusta tehtiin kahdella tavalla, esteettisellä mitoitusjärjestelmällä ja teknisellä

⁶ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.38

⁷ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.34

mitoitusjärjestelmällä. Le Corbusierin Le Modulor ja Aulis Blomstedtin Canon 60 edustivat esteettistä suhdejärjestelmää ja tavoittelivat yleispätevien harmonisten suhteiden toteuttamista.⁸ Yhdistämällä arkkitehtuurin suhdeopin ja sen aikaisen teollisen tuotannon mitoituksen, pyrkivät he ratkaisemaan standardoinnista ja teollisesta tuotannosta syntyneitä ongelmia.⁹

Suomalaisen rakennusalan standardointi kehittyi eri suuntaan Blomstedtin esteettisestä suhdejärjestelmästä, jonka suuntaus oli tekninen. Rakentamisessa otettiin käyttöön kantamoduulimitaksi desimetri, joka vastasi kansainvälistä kantamoduulia. Tämänhetkinen käytössä oleva mittajärjestelmä on pääosin peräisin suomalaisesta betonielementtijärjestelmän kehittämistutkimuksesta (BES-tutkimus), jossa kehitettiin betonisia runkojärjestelmiä. BES-järjestelmä oli ensimmäinen avoin ja systematisoitu rakennejärjestelmä, joka perustuu tuotannon ehdoilla kehitettyyn 3M-mittajärjestelmään. BES-järjestelmä otettiin yleisesti käyttöön 1970-luvun puolivälissä.¹⁰ Puuelementtirakentamista vakioiva

PES-järjestelmä otettiin käyttöön 2010-luvulla osana Finnish Wood Researchin teollisen puuelementtirakentamisen tutkimusohjelmaa.¹¹

2.3 Teollinen puurakentaminen Suomessa

1600-luvulla Pohjanlahden rannikkopitäjissä veistettiin hirsikehikkoja, jotka toimitettiin veneillä Ruotsiin. Teollisen puurakentamisen periaatteet on siis sisäistetty Suomessa vuosisatoja sitten. Varsinainen puuteollisuus alkoi Suomessa 1920-luvun loppupuolella, mutta toiminta oli hyvin pienimuotoista. Sotien jälkeinen rakentaminen ja sotakorvaukset käynnistivät teollisen tuotannon laajamittaisesti. Pääosin tuotettiin tyyppitaloja, jotka olivat ns. levytaloja. Näiden lisäksi valmistettiin soluli kennotaloja, mitkä rakennettiin tehtaalla lopulliseen muotoonsa ja kuljetettiin rakennuspaikalle paloina.¹² Tämä 1940-luvulla kokeelliseksi jäänyt tilaelementtirakentaminen otettiin laajemmin käyttöön vasta vuosikymmeniä myöhemmin¹³. Ennen jälleenrakennuskautta

⁸ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.35

⁹ Kaila, A. Moduuli 225- Modernin arkkitehtuurin helmi. s.73

¹⁰ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.36

¹¹ Puuinfo: Ohjeet- RunkoPES 2.0 (www.puuinfo.fi)

¹² Siikanen, U. Perinteinen puutalo. Metsä ja puu IV- Puinen rakennus. s.81

¹³ Vesikansa, K. Tidwell, P. Berger, L. New standards. s. 44

puuteollisuudessa valmistettiin puutalojen lisäksi parakkeja ja vaneriteltoja, jotka toimitettiin sotatarpeisiin kotimaahan ja ulkomaille.¹⁴

Teollinen rakentaminen kehittyi voimakkaasti 1960-luvulla, jolloin insinöörit ja arkkitehdit pyrkivät ideaalijärjestelmän löytämiseen. Järjestelmällä tavoiteltiin hallittua suunnittelua ja rakennusprosessia.¹⁵ Teollinen rakentaminen nähtiin 1960-luvulla ratkaisuksi kaupungistumisen aiheuttamaan asuntopulaan. Riittävästi riittävän hyvin rakentamisen ainoana keinona nähtiin sarjatuotanto. Järjestelmärakentamisen ajateltiin mahdollistavan arkkitehtuurin kaikille ilman arkkitehtia. Standardoituja rakennusosia käyttäen voitaisiin koota lukematon määrä erilaisia asuntoja erilaisiin tarpeisiin.¹⁶ Tunnetuimpia 1960–1970-luvun teolliseen valmistukseen suunniteltuja elementtijärjestelmiä ovat Bungalow ja Domino (*Kuva 1*), joilla on toteutettu useita arkkitehtonisesti korkealaatuisia kohteita.¹⁷



Kuva 1: Tuusulan asuntomessuilla vuonna 1970 esitelty Domino-talo. Teollisenrakentamisen ominaispiirteitä voidaan hyödyntää arkkitehtonisen ilmeen muodostamisessa. TUUSULAN MUSEO

¹⁴ Leiviskä, M. Parakeista passiivitaloihin- Suomen puutaloteollisuuden historia. s.19

¹⁵ Heikkinen, P. Puuteollisuus ennen ja nyt. Metsä ja puu IV- Puinen rakennus. s.93

¹⁶ Kaila, A. Moduuli 225- Modernin arkkitehtuurin helmi. s.18

¹⁷ Siikanen, U. Perinteinen puutalo. Metsä ja puu IV- Puinen rakennus. s.85



Kuva 2: Kaija ja Heikki Sirenin suunnittelema As. Oy Tapionsolu vuodelta 1967 on toteutettu puisilla tilaelementeillä. Ensimmäinen kerros on betonirakenteinen, jonka päälle esivalmistetut moduulit nostettiin. Kuvaaja: Bengt Andersson (www.finna.fi)

Varhaisessa teollisessa rakentamisessa tilaelementtijärjestelmän käyttö on jäänyt kokeiluasteelle. Heikki ja Kaija Sirenin Tapiolansolu-asuintalo

vuodelta 1967 (*kuva 2*) edustaa arkkitehtonisesti korkealaatuista tilaelementtirakentamista, mutta ei silti saavuttanut aikanaan suurempaa suosiota¹⁸. Suomessa moduulirakentaminen on tunnetumpaan väistötilojen muodossa, kuten väliaikaiset koulut, päiväkodit ja sairaalat.¹⁹

Puun lisäksi moduuleja on toteutettu betoni-, teräs ja muovirunkoisina. Suomessa on toteutettu 1970-luvulla muutama betonirunkoinen tilaelementtikerrostalo Aulis Saarisen AUSA-tilaelementtijärjestelmällä. Tampereella sijaitsevat kerrostalot jäivät pilottikohteiksi. Helsingin Myllypuroon on toteutettu vuonna 2012 viisikerroksinen teräsrunkoinen tilaelementtikerrostalo.²⁰ Useampi yritys on vuosien saatossa pyrkinyt toteuttamaan asuntoja tilaelementtitekniikalla, mutta kokeilut ovat epäonnistuneet taloudellisen kannattamattomuuden vuoksi²¹. Ruotsalainen Lindbäcks bygg on tuottanut onnistuneesti puurankarunkoisia tilaelementtikerrostaloja jo 1990-luvulta saakka²². Puutilaelementtirakentaminen asuntotuotannossa on lisääntynyt myös Suomessa

¹⁸ Vesikansa, K. Tidwell, P. Berger, L. New standards. s. 94

¹⁹ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.20

²⁰ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.30

²¹ Mölsä, S. Rakennustyömaat ovat 50 vuodessa muuttuneet sotatantereista siisteiksi ja monikansallisiksi työpaikoiksi. (www.rakennuslehti.fi)

²² Boverket: Bostäder byggda med volymelement. En fallstudie av svenska bostadsprojekt – verklighet och vision. s.9 (www.boverket.se)

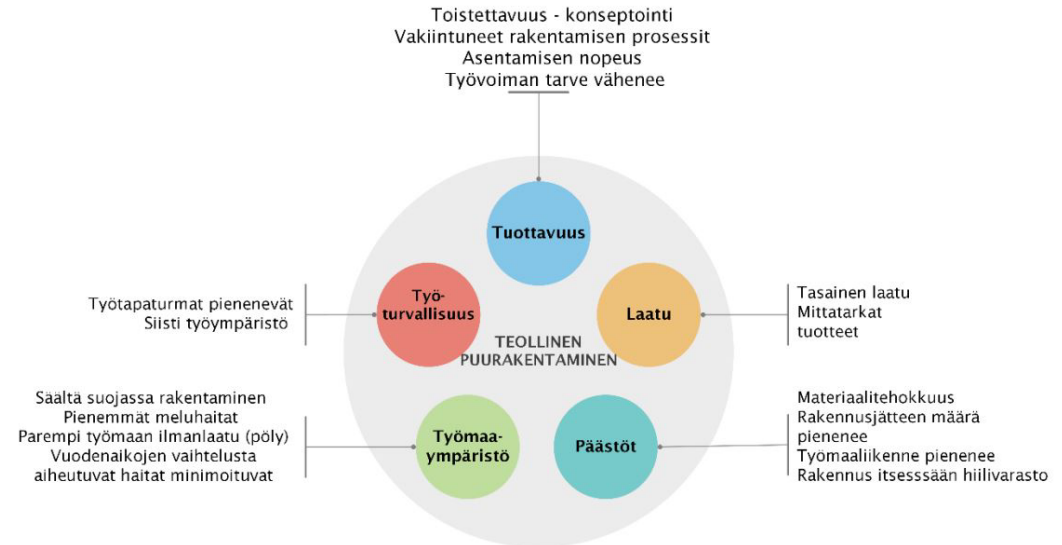
sen jälkeen, kun vuonna 2011 muuttuneet palomääräykset mahdollistivat jopa 8 kerroksisten puukerrostalojen toteuttamisen²³.

Teollisessa rakentamisessa on paljon hyötyjä verrattuna perinteiseen paikalla rakentamiseen. Pitkälle esivalmistetut tuotteet mahdollistavat hyvin nopean rakennusajan paikalla, mistä syntyy kustannussäästöjä ja rakennus saadaan tuottamaan nopeasti. Tehdastuotanto tuottaa korkealaatuisia tuotteita, jotka ovat mittatarkkoja ja niiden kuivaketju on hallittu. Tuotteiden mittatarkkuus, yksinkertaiset liitokset ja hallittu kokonaisprosessi mahdollistaa rakennusvirheiden minimoimisen. Tehdastuotanto voidaan sijoittaa sinne, missä työvoimaa on tarjolla. Työntekijöille tuotantolinjalla työskentely on ergonomisempaa ja työturvallisempaa, verrattuna paikalla rakentamiseen.²⁴ Tehdasoloissa materiaalihävikki voidaan minimoida ja rakennusjätteet voidaan kierrättää tehokkaasti²⁵. Kaatopaikalle päätyvien jätteiden määrää voidaan vähentää jopa 70 %, verrattuna paikalla rakentamiseen. Rakentamisen laadun parantuksessa, korjaustarve ja uudelleen rakentamisen tarve vähenevät.²⁶

²³ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s.10

²⁴ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s.32

²⁵ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.31



Kuva 3: Teollisessa rakentamisessa on merkittäviä hyötyjä paikalla rakentamiseen verrattuna. Teollisessa puurakentamisessa syntyy lisähyötyjä päästöjen kannalta, rakennuksen itsessään sitoessa hiiltä. (www.uvasa.fi)

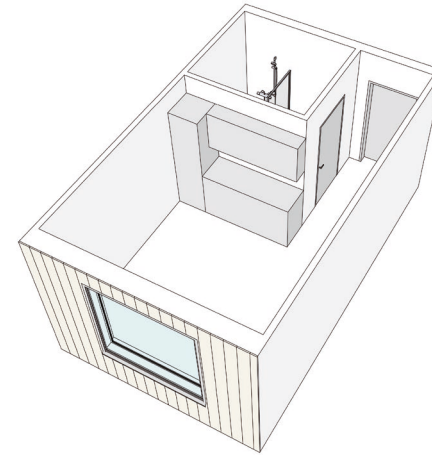
²⁶ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.24

3 Tilaelementtitekniikka

3.1 Tilaelementti

Tilaelementti on teollisesti esivalmistettu tilakappale, joka voi olla yksi tila tai tilaelementtejä yhdistelemällä saadaan suurempi rakennuskokoinaisuus. Tilaelementti kootaan tehtaalla seinistä sekä ala- ja yläpohjasta. Tehtaalla hyvin pitkälle esivalmistettu tilaelementti sisältää yleensä ovet, ikkunat, sisäpinnat, kiintokalusteet, LVIS-varusteet ja kohdekohtaisesti myös julkisivuverhouksen (Kuva 4).²⁷ Moduulin mitat ovat tyypilliset 12,0 x 4,2 x 3,2 metriä, mutta tapauskohtaisesti suurempiakin voidaan toteuttaa²⁸. Mitat määräytyvät pääosin siirrettävyyden mahdollistamien mittojen mukaan, jotka määrittävät tilaelementin ulkomitat.²⁹ Valmiit tilaelementit kuljetetaan rakennuspaikalle, jossa ne nostetaan paikoilleen ja liitetään vesi-, viemäri-, sähkö- ja tietoliikenneverkoihin³⁰. Modulaarisessa rakentamisessa rakennusaika voi olla jopa on 30–50 % lyhyempi verrattuna paikallarakentamiseen.³¹ Tilaelementtitekniikkaa

voidaan yhdistellä muihin rakennejärjestelmiin, esimerkiksi toteuttamalla vain kylpyhuone, WC-tila tai sauna tilaelementillä. Tilaelementeillä voidaan toteuttaa asuntojen lisäksi porrashuone, parvekkeet, kattorakenteet ja hissikuilu.³²



Kuva 4: Tilaelementtiin asennetaan tehtaalla ovet, ikkunat, pinnat, LVIS-varusteet, kiintokalusteet ja tapauskohtaisesti julkisivuverhous. Valmis moduuli kuljetetaan rakennuspaikalle ja liitetään osaksi rakennuskokonaisuutta.

²⁷ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s 48

²⁸ Puuinfo: Puukerrostalot- Rakennejärjestelmät. (www.puuinfo.fi)

²⁹ Siikanen, U. Puurakentaminen. s.331

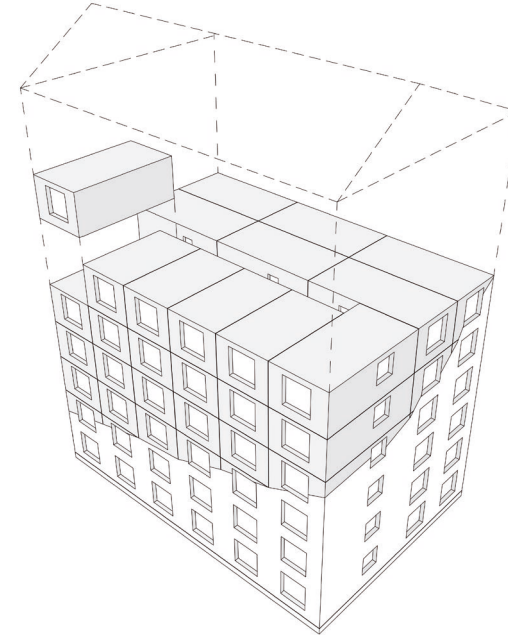
³⁰ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.30

³¹ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.16

³² Soikkeli, A. Koiso-Kanttila, J. Sorri, L. Korjaa ja Korota. s.93

3.2 Rakennejärjestelmä

Puusta valmistetuissa tilaelementeissä kantavana runkona käytetään yleisimmin tasoelementtejä, jotka ovat joko rankarunkoisia tai massiivipuulevyä. Tilaelementtien kantava rakenne voidaan toteuttaa tasoelementtien sijasta myös pilari-palkki-järjestelmällä tai kehärakenteella. Tasoelementeillä toteutetun tilaelementin rakennejärjestelmä on kantavat seinät -järjestelmä, jossa tilaelementtiä rajaavat seinät ovat kantavia.^{33,34} Moduulin sisällä olevat seinät voidaan toteuttaa kevyinä, ei-kantavina seininä. Kantavat seinät -järjestelmä tuottaa väliseiniin kaksoisrakenteita, minkä vuoksi tilaelementtitekniikalla toteutetuissa kohteissa on erinomaiset ääneneristysominaisuudet.³⁵ Rankarakenne jäykistetään levytyksellä, joka toteutetaan riittävän ääniteknisen massan saavuttamiseksi kaksinkertaisella kipsilevytyksellä, joka toimii samalla palosuojauksena³⁶. Tilaelementit voidaan sijoittaa samansuuntaisesti tai kohtisuoraan rakennuksen pituussuuntaan nähden.³⁷



Kuva 5: Moduulit voidaan sijoittaa porrashuoneen suhteen joko samansuuntaisesti tai kohtisuoraan. Moduulien jäykistävien seinien tulee muodostaa yhtenäinen linja perustuksilta vesikattoon saakka.

³³ Puuinfo: Puun käyttörakentamisessa - Yleisimmät rakennejärjestelmät. (www.puuinfo.fi)

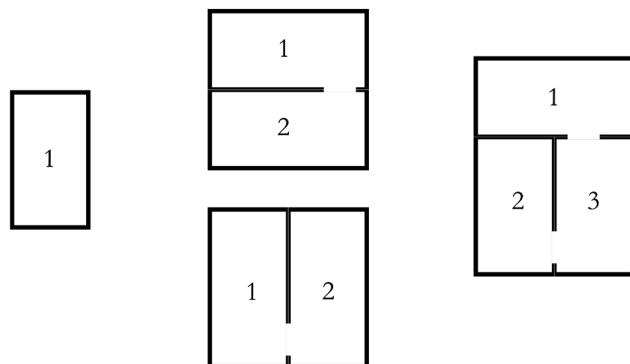
³⁴ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s 48

³⁵ Puuinfo: Puun käyttörakentamisessa - Yleisimmät rakennejärjestelmät. (www.puuinfo.fi)

³⁶ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s 40 ja s.145

³⁷ Suomen puukerrostalo Oy. Ympäristöministeriö: Modulaarisen tietomallin soveltamisopas tilaelementtisuunnittelun tukemiseksi. (www.hankeportaali.fi)

3.3 Tilaelementtitekniikan vaikutus asuntosuunnitteluun



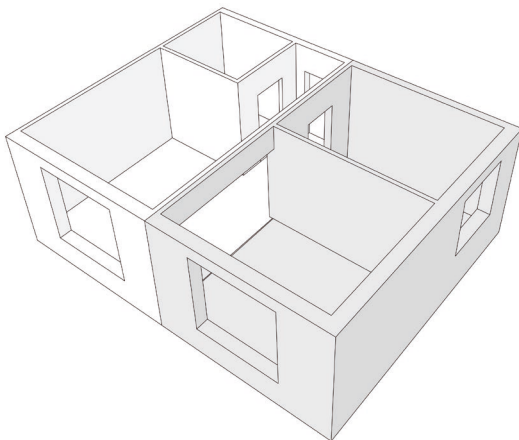
Kuva 6: Asunto muodostuu yhdestä tai useammasta moduulista. Moduuliyhdistelmiä voidaan tehdä porrashuoneeseen nähden joko vaaka- tai kohtisuoraan, sekä yhdistelemällä molempia suuntauksia. Moduuliyhdistelmien useat kantavat seinälinjat aiheuttavat haasteita muuntojoustavuudelle.

Tilaelementtien valmistusmitat vaikuttavat tilaratkaisuihin ja ohjaavat suunnittelua merkittävästi³⁸. Asunto voi muodostua yhdestä moduulista tai useamman moduulin yhdistelmästä, jolloin asunnon sisälle syntyy kantavia seinälinjoja (*Kuva 6*). Ääni- ja paloteknisistä syistä ei yhdessä moduulissa voi olla kahden eri asunnon tiloja, vaan jokainen asunto sijoittuu omaan moduuliin tai moduuliyhdistelmään³⁹. Moduulien pitkällä tuotantosarjalla eli toistettavuudella mahdollistetaan tuotannon edullisuus. Toistettavuuden muodostamat kustannussäästöt voivat osaltaan mahdollistaa kohtuuhintaisen asuntotuotannon.⁴⁰ Kustannustehokkuuden muodostumisen kannalta olisi edullista, jos samantyyppiset asunnot toistuisivat rakennuksessa mahdollisimman paljon, esimerkiksi kerroksittain.

³⁸ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s 48

³⁹ Soikkeli, A. Koiso-Kanttila, J. Sorri, L. Korjaa ja korota. s.94

⁴⁰ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.100



Kuva 7: Moduulien välistä kantavaa kaksoiseinärakennetta voidaan aukottaa rajoitetusti. Aukon ylitys toteutetaan palkilla, joka vaikuttaa sisätilan arkkitehtuuriin.

Rakennuksen jäykistyksestä johtuen tilaelementtien välisiä seiniä voidaan aukottaa vain rajoitetusti. Aukotus on aina tilannekohtaista ja riippuu jäykistävien seinien määrästä ja sijainnista. Moduulin pidemmät sivut toimivat usein jäykistävinä seininä, jolloin aukkojen määrää ja kokoa joudutaan rajoittamaan. Lyhyemmät sivut eivät yleensä ole jäykistäviä, jolloin aukotus voidaan toteuttaa vapaammin. Suunnittelussa

tulee huomioida, että tilaelementtikerrostalossa yhtenäisten, aukottomien seinien linja jatkuu ylhäältä alas asti.⁴¹ Lindbäcks byggin arkkitehtiohjeessa määritellään rankarunkoisten tilaelementtien välisen aukon maksimileveydeksi 4200 mm⁴². Kahden eri huoneiston välinen seinä on osa rakennuksen jäykistävää järjestelmää, koska ne ovat aukotonta yhtenäistä pintaa.⁴³ Tämä tuottaa haasteita tilaelementtikerrostalon muuntojoustavuuteen tilanteessa, jossa kaksi huoneistoa haluttaisiin yhdistää yhdeksi ja moduulien välisiä seiniä aukottaa.

Sisätiloissa tilaelementtitekniikka näkyy aukkoilytysten tuottamien palkkien lisäksi moduulien välisissä paksummissa väliseinissä ja osittain pintamateriaaleissa. Märkätilan tulee sijaita kokonaisuudessaan yhdessä moduulissa, koska vesieristettä ei voida jatkaa moduulista toiseen.⁴⁴ Keittiön ja kylpyhuoneen sijoittaminen lähekkäin, ideaalitalanteessa samaan tilaelementtiin, lisää taloudellista kannattavuutta. Vesipisteitä

⁴¹ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.50

⁴² Lindbäcks Bygg: Arkitektmanual (www.lindbacks.se)

⁴³ Suomen puukerrostalo Oy. Ympäristöministeriö: Modulaarisen tietomallin soveltamisopas tilaelementtisuunnittelun tukemiseksi. (www.hankeportaali.fi)

⁴⁴ Soikkeli, A. Koiso-Kanttila, J. Sorri, L. Korjaa ja Korota. s.94

sisältävien tilaelementtien olisi hyvä olla yhteydessä porrashuoneeseen, jolloin LVIS-liitokset muodostuvat kustannustehokkaiksi.⁴⁵

3.4 Lisäkerrosrakentaminen tilaelementeillä

Vuonna 2011 voimaan tulleiden palomääräysten mukaan ilman sprinklausta voidaan toteuttaa yksi puurakenteinen lisäkerros P1-paloluokan rakennukseen. Kahden tai useamman puisen lisäkerroksen rakentaminen siirtää rakennuksen paloluokkaan P2, jolloin sprinklerijärjestelmä on pakollinen. Puisen lisäkerroksen saa rakentaa enintään seitsemän-kerroksiseen rakennukseen.⁴⁶

Puu sopii erinomaisesti lisäkerrosrakentamiseen keveytensä vuoksi ja on osoittautunut kilpailukykyisimmäksi vaihtoehdoksi. Tilaelementtitekniikan hyödyt ovat samat rakennukseen tehtävässä korottamisessa tai laajentamisessa kuin uudisrakentamisessa. Tilaelementtitekniikka mahdollistaa nopean rakentamisen ja minimoi asukkaille syntyvän

häiriön, mikä voidaan katsoa erityiseksi hyödyksi korjaus- ja korotuskohteessa.⁴⁷



Kuva 8: Ranska, Poissy. Lisäkerrosrakentamiskohde vuodelta 2016, jossa on käytetty tilaelementtitekniikka. Rakennuksen ylin kerros mahdollistaa monimuotoisen massoittelun ja massan tuomisen yli julkisivutason. Virtuel architecture. (www.virtuel.fr)

⁴⁵ Suomen puukerrostalo Oy. Ympäristöministeriö: Modulaarisen tietomallin soveltamisopas tilaelementtisuunnittelun tukemiseksi. (www.hankeportaali.fi)

⁴⁶ Soikkeli, A. Koiso-Kanttila, J. Sorri, L. Korjaa ja korota. s.94

⁴⁷ Soikkeli, A. Koiso-Kanttila, J. Sorri, L. Korjaa ja korota. s.83

Itsensä kantavat tilaelementit mahdollistavat korotuskerrosten toteuttamisen ylintä kerrosta laajempaan, jos tavoitellaan kerrosalan kasvatamista tai tietyn arkkitehtonisen ilmeen synnyttämistä. Tilaelementti voidaan siis tuoda alkuperäisestä julkisivutasosta yli määrätyn verran (*Kuva 8*). Tilaelementtejä porrastamalla vaakasuunnassa syntyvät luontevasti parvekkeet, kattoterassit ja julkisivun rytmi.

Kuten muissakin lisäkerrosrakentamisessa käytettävissä rakennustekniikoissa, tilaelementtitekniikka käyttäessä tulee suunnittelussa ottaa huomioon alkuperäisen rakennuksen porrashuoneiden, hormien ja kantavien seinien sijainnit. Niiden olisi hyvä sijaita myös uudiskerroksissa lähellä alkuperäistä sijaintiaan. Tilaelementit sijoitetaan valmiin palopermannon päälle, jolloin tilaelementtien paino kohdistetaan olemassa olevien kantavien seinien päälle. Vaihtoehtoisesti tilaelementit voidaan sijoittaa vanhan yläpohjan päälle tehtävän arinapalkiston päälle, mikä vapauttaa tilaelementtijaon ja asuntosuunnittelun vanhojen kantavien seinien rajoitteista. Puulla tai teräksellä toteutetun

arinapalkiston synnyttämä tila voidaan hyödyntää LVI-tekniikan vaakavetoihin, jolloin märkätilojen sijainnit voivat poiketa alempien kerrosten sijoittelusta. Teräspalkeilla päästään huomattavasti pienempiin palkkikorkeuksiin, jolloin portaiden toteutus ja julkisivusommittelu on helpompaa.⁴⁸

3.5 Edut ja haasteet

Tilaelementtirakentamisen etuja ovat kokonaisprosessin nopeus ja hallittavuus, eri työvaiheiden limitysmahdollisuus, rakennusvirheiden väheneminen ja työvoiman tehokas ja turvallinen hyödyntäminen. Hyvin lyhyt työmaavaihe aiheuttaa vähäisesti haittaa ja melua ympäristölle sekä tuottaa vähemmän saastetta ja rakennusjätettä verrattuna paikalla rakentamiseen. Kotilaisen ja Hedmanin mukaan kansainvälisessä tutkimuskirjallisuudessa on esitetty, että tilaelementtirakentamisen prosessi on tuottavampi ja tehokkaampi kuin perinteinen paikalla rakentaminen⁴⁹.

⁴⁸ Soikkeli, A. Koiso-Kanttila, J. Sorri, L. Korjaa ja korota. s.83–97

⁴⁹ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.31

Nopean rakentamisvaiheen lisäksi tilaelementtirakentamisen etuja ovat rakennustavan tuottama mahdollisesti pienempi korjaustarve ja moduulien uudelleenkäytön mahdollisuus. Modulaarinen rakentaminen mahdollistaa uudenlaisen ajattelutavan rakennuksen elinkaariajattuun. Modulaarisella rakennusjärjestelmällä toteutettu rakennus voidaan purkaa ja moduulit siirtää. Rakennusta voidaan laajentaa tai muuttaa lisäämällä uusia moduuleita rakennukseen. Rakennuksen purkamisen ja moduulien uudelleenkäyttö synnyttäisi tilanteen, jossa moduulin elinkaari on pidempi kuin rakennuksen elinkaari. Moduulin ollessa elinkaaren lopussa hyödynnettäisiin loputkin resurssit kierrätyksen muodossa.⁵⁰

Rankarunkoisten tilaelementtien etuja ovat vapaasti valittava huonekorkeus ja edullinen hinta. Rankarunkoa käyttämällä voidaan huonekorkeus ja tilamuoto valita vapaasti. Vapaa huonekorkeus mahdollistaa monimuotoisemmat tilaratkaisut sekä vinokattojen toteuttamisen.⁵¹ Rankarakenteen etuna voidaan pitää pitkää kokemusta rakenteen

käytöstä⁵². CLT:n hinta on rankarunkoon tai kertopuuhun verrattuna 3–4 kertainen⁵³, joten rankarunko on kustannustehokkuuden puolesta kehityskelpoisempi vaihtoehto kuin CLT. Puukerrostaloja tarkastellessa on kustannuksilla merkittävä rooli: puurakentamisella on yhä suuria haasteita kilpailukyvyyn kanssa verrattuna betonirakentamiseen.⁵⁴

Rankarunko moduulin kantavana runkomateriaalina tarjoaa monipuoliset lähtökohdat luoda arkkitehtonisesti näyttäviä tiloja. Korkean huonekorkeuden tarjoamat monipuoliset tilaratkaisut tarjoavat erityisesti rakennusten ylimpiin kerroksiin mahdollisuuksia toteuttaa arkkitehtonisesti monimuotoisia ratkaisuja. Kerrostalojen yläpään kerrokseen ja korjauskohteen lisäkerroksiin voidaan toteuttaa alemmista kerrospohjista poikkeavia asuntoja ja toteuttaa korkealaatuisia arkkitehtonisia ratkaisuja.

Tilaelementtirakentamisen haasteena voidaan pitää joustamattomuutta. Rakennusjärjestelmän tuottamat tiheät kantavat linjat ja jäykistävät

⁵⁰ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.18

⁵¹ Soikkeli, A. Koiso-Kanttila, J. Sorri, L. Korjaa ja korota. s.100

⁵² Puuinfo: Puukerrostalot- rankarakenteet (www.puuinfo.fi)

⁵³ Mölsä, S. Asuntoja haluttaisiin tehdä konseptoidusti ja edullisesti kuin autoja. (www.rakennuslehti.fi)

⁵⁴ Mölsä, S. Analyysi: Puurakentaminen on liian kallista, siksi sen edistämiseksi siirryttiin pakkoon. (www.rakennuslehti.fi)

seinät sekä moduulien maksimikoot eivät tue muuntojoustavuutta. Tilaelementtirakentamisen joustamattomuus asuntosuunnittelussa todettiin jo 1970-luvulla tehdyssä BES-tutkimuksessa, eikä rakennejärjestelmää nähty potentiaalisesti kehittämiskohteeksi.⁵⁵ Muuntojoustavuutta voisi parantaa vakiintuneesta moduulikoosta suuremmilla moduuleilla, jolloin asuntosuunnittelua ja muutoksia rajoittavia kantavia seiniä syntisi vähemmän. Modulaarisessa rakentamisessa työmaa-aikaiset muutokset ovat hankalia ja kalliimpia toteuttaa verrattuna paikalla rakentamiseen. Lisäksi moduulien kuljetus aiheuttaa päästöjä ja on hankalaa ja kallista⁵⁶.

4 Tilasuunnittelun lähtökohdat

4.1 Siirrettävyyden tuottama mitoitus

Tilaelementtirakentamisen lähtökohta on, että moduulit ovat siirrettävissä. Moduulien kokoa rajoittavat liikennelainsäädäntö,

tilaelementtitehtaiden tuotantolinjojen ja nostokaluston kapasiteetti. Suomen maantielait eivät käytännössä rajoita moduulien pituutta, sen sijaan ne vaikuttavat moduulien leveyteen ja korkeuteen. Suomessa on käytössä kolme kategorialaajaa, johon kuljetukset jaetaan: normaalikuljetus, jonka maksimileveys on 2,55–2,60 metriä ja maksimikorkeus 4,40 metriä; erikoiskuljetus, jonka maksileveys on 4,00 metriä ja korkeus 4,40 metriä; ja luvanvarainen erikoiskuljetus, jossa mitat ylittävät erikoiskuljetuksen vapaat mittarajat. Luvanvarainen erikoiskuljetus on maksullinen. Luvallisessa erikoiskuljetuksessa tulee myös olla kustannuksia lisääviä varoitusautoja, joiden määrä kasvaa kuljetuksen leveyden kasvassa.⁵⁷ Yli 7 metrin kuljetusten ehtoihin lisätään poliisiehto, mikä edellyttää kuljetuksen suorittajan tarkastamaan poliisisaattueen tarpeellisuuden poliisiviranomaiselta.⁵⁸ Tiekuljetuksia rajoittavat teiden ulottumajärjestelmät, joita on luonnollisesti enemmän taajamissa ja kaupunkikeskustoissa. Suurimmat kuljetukset ovat olleet tilastojen mukaan kuljetusreitistä riippuen yli 10 metriä korkeita ja leveitä.⁵⁹ Maantiesiltojen yleinen korkeusulottumajärjestelmä on 4,2–4,4 metriä⁶⁰, joten maanteiden

⁵⁵ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.61

⁵⁶ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen- ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.16

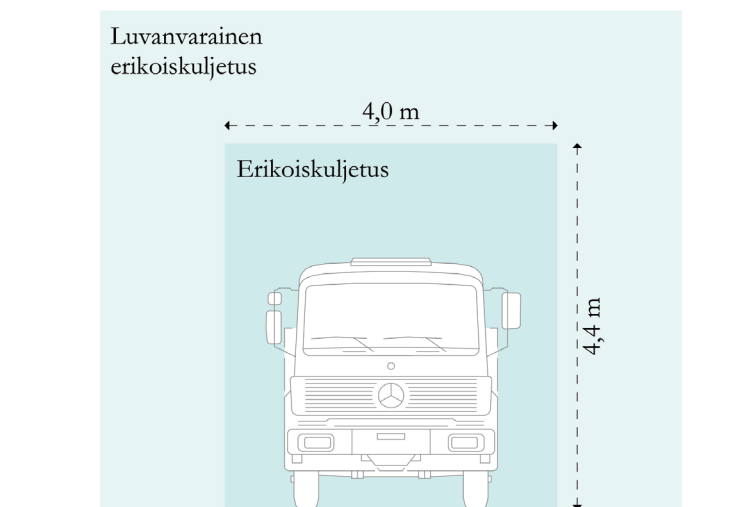
⁵⁷ Ely-keskus: Erikoiskuljetuksen mittarajat. (www.ely-keskus.fi)

⁵⁸ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.35

⁵⁹ Heikkilä, K. Laitinen, K. Suurten erikoiskuljetusten tavoiteverkon (SEKV) uudistaminen. (www.doria.fi)

⁶⁰ Väylävirasto: Siltarajoitukset. (www.vayla.fi)

ulottumarajoitukset pakottavat suuret erikoiskuljetukset pienemmille teille ja kuntien katuverkoille.⁶¹ Tilaelementeissä paino voi olla maantiekuljetuksen mittoja rajoittavampi tekijä. Painorajoitukset syntyvät tuotantolinjojen ja nostokaluston kapasiteeteista.⁶² Moduuleja voidaan kuljettaa myös rauta-, meri- ja ilmateitse. Periaatteessa meriteitse kuljettavien moduuleiden mitoitus määräytyy tehdashallin kapasiteettien mukaan, mm. moduulin siirto tehdashallista ulos.⁶³ Rautatieliikenteen mittarajat ovat 4,0 metriä leveydessä ja 5,3 metriä korkeudessa.⁶⁴



Kuva 9: Maantiekuljetuksen mittarajat. Kuljetuksen leveyden ylittäessä erikoiskuljetuksen 4,0 metrin leveysrajan tai 4,4 metrin korkeusrajan, muuttuu kuljetus luvanvaraiseksi erikoiskuljetukseksi. Perustuu: Ely-keskus, vapaat mittarajat. (www.ely-keskus.fi)

⁶¹ Laitinen, K. Keskisaari, V. Rajava, S. Kulonen, O. Erikoiskuljetukset suunnittelussa. s.12 (www.vayla.fi)

⁶² Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.56

⁶³ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen - ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.18

⁶⁴ Liikennevirasto, Ely-keskus: Erikoiskuljetukset, lupaprosessi. s. 5 (www.ely-keskus.fi)

4.2 Siirrettävyyden mahdollistama vaihtoehtoinen mitoitus

4.2.1 Leveys

Valmistettavien tilaelementtien koko on vakiintunut erityisesti korkeus- ja leveyssuunnassa. Rajoittunut leveys rajoittaa tilasuunnittelun mahdollisuuksia ja heikentää asunnon ja rakennuksen muuntojoustavuutta. Puuinfon mukaan tilaelementin tyypillinen leveysmitta on 4,2 metriä. Suomen tieliikenne mahdollistaa leveämpienkin moduulien kuljetuksen. Yli 7 metriä leveissä kuljetuksissa on erityisehtoja, joiden vuoksi kyseisen mitan ylittäminen ei ole välttämättä järkevää. Liikenteen tuottamia rajoitteita tarkastellessa voidaan todeta, että moduulin järkevä leveys siirrettävyyden näkökulmasta on enintään 7,0 metriä.

Tilaelementtirakentamisessa pyritään pitämään moduulien määrä mahdollisimman pienenä. Mitä vähemmän kappalemäärällisesti elementtejä on, sitä vähemmän tulee kuljetus- ja nostoeriä, jotka nostavat hankkeen kustannuksia. Kustannustehokkuuden kannalta on siis parempi mitä suurempia käytetyt tilaelementit ovat.⁶⁵ Yhdellä 7 metriä leveällä

⁶⁵ Kotilainen, S. Hedman, M. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. s.56

tilaelementillä voisi korvata kaksi pienempää elementtiä, jolloin myös kuljetuskertoja olisi puolet vähemmän. Suurempi elementti tarvitsee järeämmän nostokaluston, mutta nostokertoja on vähemmän tilaelementtien kappalemäärän ollessa puolet pienempi. Suurempien elementtien toteutusmahdollisuutta arvioidessa tulee tarkastella kustannuksia kokonaisuutena. Suurempi tilaelementtikoko vaatii kalliimman luvanvaraisen erikoiskuljetuksen, mutta kuljetuskertoja ja nostoja työmaalla tarvitaan kappalemäärällisesti vähemmän. Myös työmaalla tehtävien elementtisaumojen viimeistelyjen määrä vähenee verrattuna pienemmän tilaelementtikoon käyttöön. Rakennusaika voisi lyhentyä nostojen määrän vähentyessä. Kokonaisuutta arvioidessa on oleellista ottaa huomioon, mitä lisäarvoa suurempi moduulikoko voisi tuoda arkkitehtoniseen tilasuunnitteluun, toiminnallisuuteen ja muuntojoustavuuteen.

4.2.2 Korkeus

Puuinfon mukaan tilaelementtien tyypillinen enimmäiskorkeus on 3,2 metriä, jota myös RunkoPES 2.0 suosittelee kerroskorkeudeksi.⁶⁶ Tilaelementit ovat siis yhden kerroksen korkuisia. Suurempi huonekorkeus

⁶⁶ Puuinfo: Puun käyttö rakentamisessa - Yleisimmät rakennejärjestelmät. (www.puuinfo.fi)

mahdollistaisi monipuolisemmin arkkitehtoniset tilaratkaisut sekä erilaiset toiminnalliset vaihtoehdot, kuten parviratkaisut. Esimerkiksi vinokattoiset tilaratkaisut lisäisivät kohteen arkkitehtonista laatua ja toisivat monipuolisuutta tilamuotovaihtoehtoihin. Suorakulmainen särmiö on vakiintunut tilaelementin geometriseksi muodoksi, eikä poikkeuksia ole juuri havaittavissa. Kuutiot, erilaiset särmiöt ja niiden yhdistelmät voisivat tuottaa hyvinkin mielenkiintoista arkkitehtuuria ja monimuotoisuutta massoitteeluun. Erityisesti rakennuksen ylin kerros ja lisäkerrosrakentaminen tarjoaa mahdollisuuden poiketa suorakulmaiseen särmiöön perustuvasta massoitteelusta.

Tilaelementin korkeutta rajoittaa maantieliikenteessä ulottumarajoitukset, erityisesti siltojen kohdalla. Kuitenkin Suomen tieliikenteessä kuljetetaan yli 4,4 metriä korkeita esineitä, joskin reittivalikoima on rajallisempi. Raideliikenteessä korkeusrajoitus on suurempi, noin 5,3 metriä. Yli 4,4 metriä korkeiden tilaelementtien kuljettaminen raideliikenteellä voisi olla vaihtoehto ulottumarajoitteelliselle maantieliikenteelle. Suomen suurimpiin kaupunkeihin, joissa rakentaminen pääosin tapahtuu,

on hyvät raideyhteydet. Maantieliikennekuljetuksen hyvä puoli on, että tilaelementti lastataan tehtaalla kuorma-auton kyytiin ja nostetaan rakennuspaikalla lavalta suoraan rakennettavan rakennuksen jatkoksi. Raideliikenteen käyttö vaatisi kuljetuksen maanteitse tehtaalla junaradalle, ellei tehdas sijaitse junaradan välittömässä läheisyydessä, ja jälleen junaradalta rakennuspaikalle.

Ehdotonta korkeusrajaa tieliikenteessä kuljetettaville esineille ei ole. Yli 4,4 metriä korkeilla kuljetuksilla reittivalikoima on pienempi. Tolppanen esittää moduulin maksimi korkeudeksi 6,0 metriä⁶⁷, jolloin kokonaiskuljetuksen korkeudeksi muodostuu noin 7,0 metriä kuljetuskaluston korot mukaan lukien. Metallirankaisia tilaelementtejä valmistanut Neapo valmisti 5,0 metriä korkeita moduuleita.⁶⁸ Voidaan siis todeta, että vakiintuneesta yhden kerroksen korkuisesta tilaelementistä, jonka korkeus on 3,2 metriä, voidaan kuljetuksen puolesta toteuttaa merkittävästi korkeampia vaihtoehtoja. Johtopäätös antaa mahdollisuuden lähteä tutkimaan, mitä lisäarvoa korkeampi moduuli voisi tuoda arkkitehtoniseen tilasuunnitteluun.

⁶⁷ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s.49

⁶⁸ Kotilainen, S. Moduulirakentaminen- ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. s.18

4.3 Rakenteiden tuottama mitoitus

4.3.1 RunkoPES 2.0

RunkoPES (PES= PuuElementtiStandardi) tarkoittaa Avointa puuelementtirakentamisen teollisuusstandardia, jonka tavoitteena on luoda yleiset suunnitteluperiaatteet ja suositukset puuelementtirakentamiseen. Tavoitteena on, että rakennus voidaan suunnitella ilman että otetaan alkuvaiheessa kantaa siihen, kuka on tuoteosien valmistaja tai rakennuksen toteuttaja.⁶⁹ Järjestelmä on kohdistettu ensisijaisesti suurelementteihin, mutta on sovellettavissa myös tilaelementteihin.⁷⁰ Rakennetyyppikirjasto esittääkin joitakin rakenneratkaisuja tilaelementteihin. Järjestelmä antaa suosituksia kerroskorkeuksiin, vaakarakenteiden jännevälimittoihin, rakenteiden dimensioihin ja rakennusosien liittymiin.⁷¹ RunkoPES sisältää puurakenteille rakennetyyppikirjaston, jonka avulla arkkitehti voi suunnitella rakennuksen alusta alkaen oikeilla rakennepaksuuksilla, jänneväleillä ja kerroskorkeuksilla. Rakennetyyppien käyttö varmistaa riittävän tilavaruuden rakenteille. Halutessaan

arkkitehtisuunnittelija voi ottaa kantaa rakennekerroksiin ja rakenteisiin, kunhan niille määritetyt tekniset vaatimukset täyttyvät. Esimerkiksi P2-luokan puukerrostalossa rakenteet on pääosin suojattu kipsilevyllä, joten tuotteen vaihtamisessa toiseen tulee huomioida palomääräykset.⁷²

4.3.2 Pystyrakenteet

Kuvissa 10, 11, 12 ja 13 on esitetty RunkoPES 2.0-rakennetyyppikirjastosta kantavia ulkoseinärakennetyyppejä P2-luokan asuinrakennuksiin. Korkeassa puurakentamisessa tulee huomioida rakennetyypin valintaan vaikuttava puusta tehtyjen kerrosten määrä, joka vaikuttaa pystyrakenteiden dimensioihin. Ulkoseinän kokonaispaksuuteen vaikuttavat rakennekerrokset, rakennuksen kerrosluku ja julkisivu materiaali.⁷³ Esi-
tettyjen rakennetyyppien kokonaisdimensiot vaihtelevat 340–390 mm:n välillä. Rakenteen dimensio kasvaa hieman kerrosluvun lisääntyessä. Pystyrakenteiden dimensiot vaikuttavat syntyvään asuinpinta-alaan.

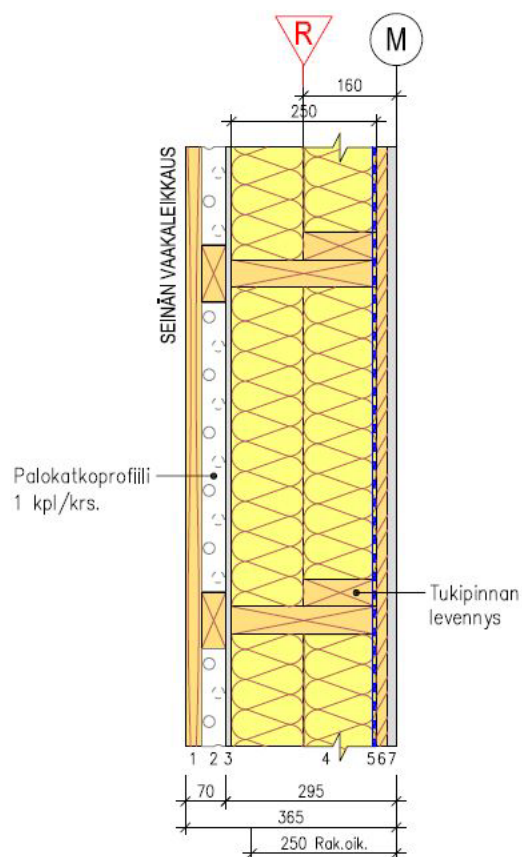
⁶⁹ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s.36

⁷⁰ Puuinfo: Ohjeet- RunkoPES 2.0. (www.puuinfo.fi)

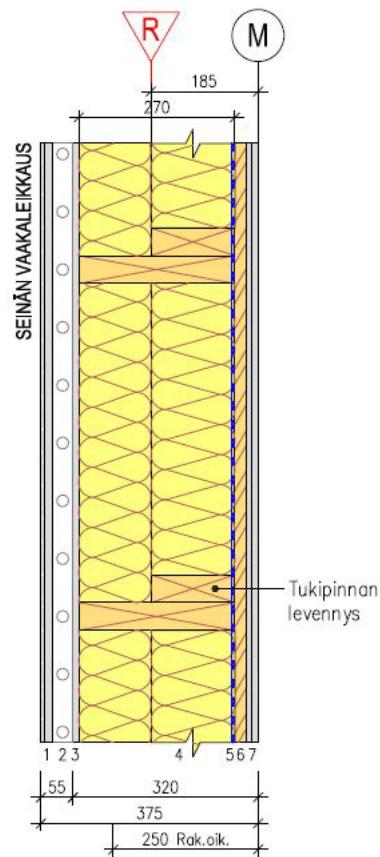
⁷¹ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s. 37

⁷² RunkoPES 2.0 Osa 11: Rakennetyyppikirjasto s.2. (www.puuinfo.fi)

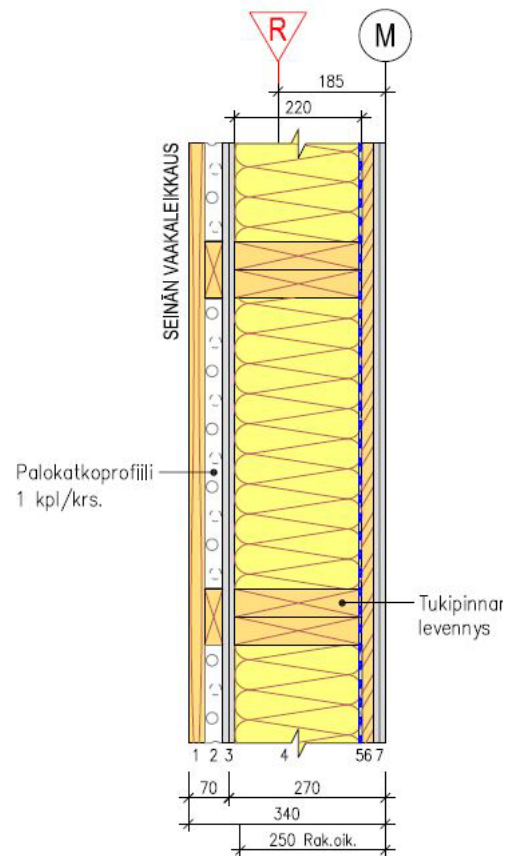
⁷³ RunkoPES 2.0 Osa 11: Rakennetyyppikirjasto 2013 (www.puuinfo.fi)



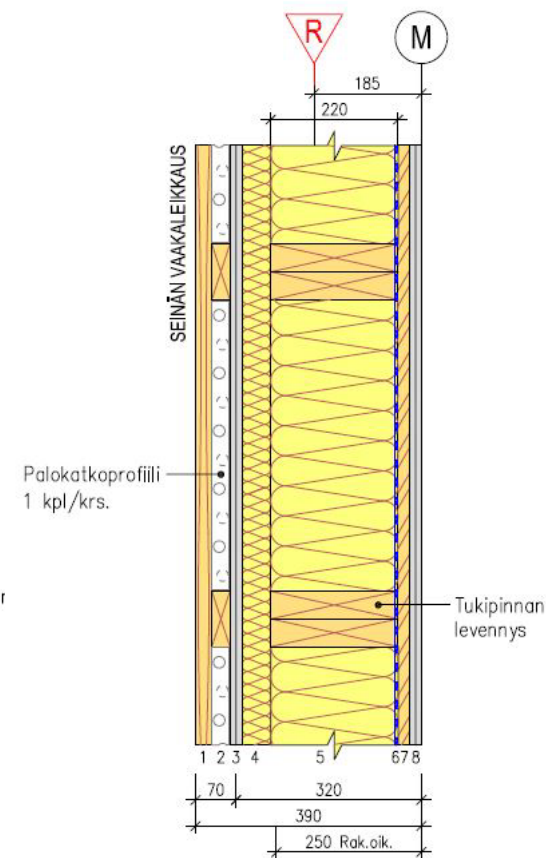
Kuva 10: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä kantavan ulkoseinän rakennetyyppi rakennukseen, jossa on enintään 4 puukerrosta. US401KR (www.puuinfo.fi)



Kuva 11: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä kantavan ulkoseinän rakennetyyppi rakennukseen, jossa on enintään 8 puukerrosta. US802KR (www.puuinfo.fi)



Kuva 12: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä kantavan ulkoseinän rakennetyyppi rakennukseen, jossa on enintään 4 puukerrosta. US810KR (www.puuinfo.fi)



Kuva 13: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä kantavan ulkoseinän rakennetyyppi rakennukseen, jossa on enintään 8 puukerrosta. US807KR (www.puuinfo.fi)

Kuvissa 14, 15, 16 ja 17 sivulla 22 on esitetty kantavia ja ei-kantavia väliseinätyyppejä, P2-luokan asuinrakennukseen. Puusta tehtyjen kerrosten määrän kasvaessa, kantavan väliseinän rakennetyypin dimensio kasvaa.

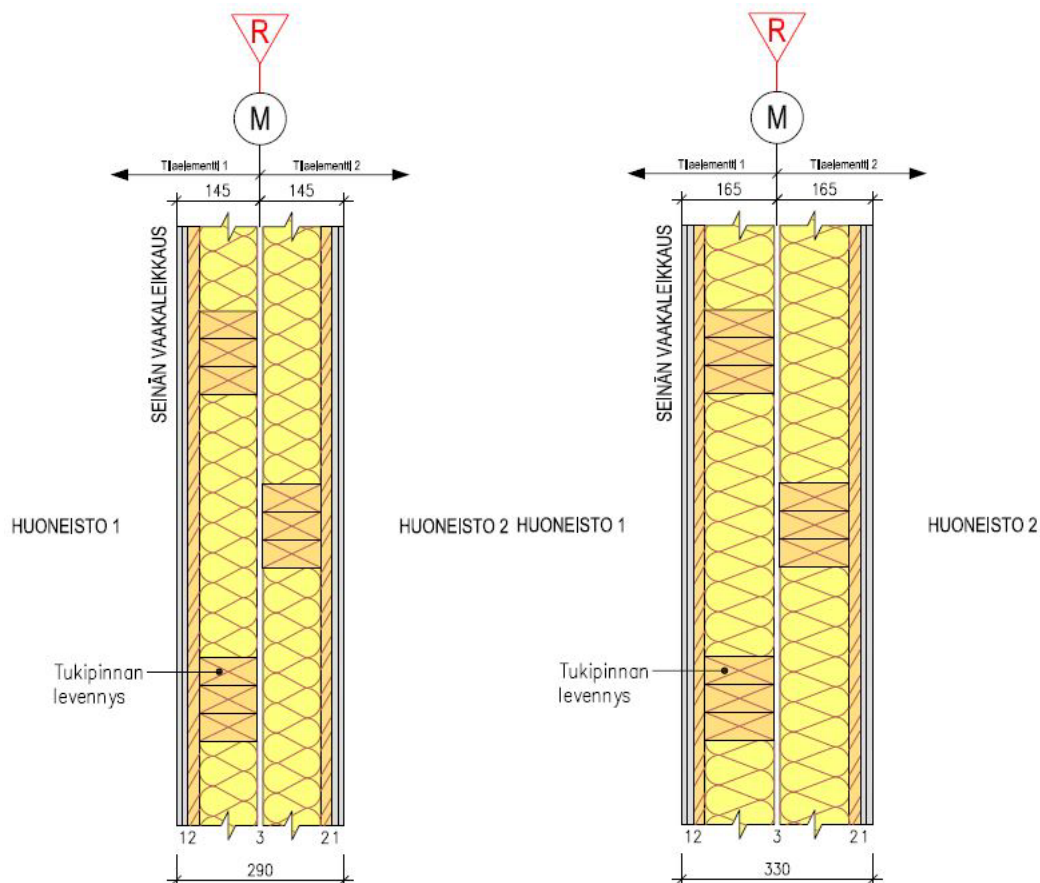
RunkoPES-rakennetyypikirjasto ei selkeästi osoita tilaelementeissä porrashuonetta vasten tulevan väliseinän rakennetyyppejä. Porrashuoneen ja asunnon välinen seinä tulee olla ääniteknisesti riittävä. Suomen Puukerrostalon tuottaman rankarunkoisten tilaelementtirakennusten suunnitteluohjeen mukaan riittävä dimensio porrashuoneen ja asunnon väliseen seinään on 205 mm paksu. Rakenne ei ole kaksoisseinärakenne ja koostuu molemminpuolisesta tuplakipsilevytyksestä, 145 mm:n runkotolpista ja kivivillasta.⁷⁴ RunkoPES esittää kantavaksi väliseinäksi, jossa äänitekninen asetus täyttyy, vaihtoehtoon (*Kuva 17*), jonka rakenteen kokonaispaksuus on 330 mm.⁷⁵ Rakennetyyppi on tarkoitettu asuntojen väliseksi seinäksi ja lienee hieman ylimitoitettu käytettäväksi porrashuoneen ja asunnon väliseksi seinäksi. Rakennetyypikirjastoon

olisi hyvä lisätä suositus porrashuoneen ja asunnon välisestä seinästä, jolloin tasavertainen kilpailutus ja eri valmistajien tuotteiden käyttö yhdessä kohteessa olisi mahdollisempaa.

Tilaelementtien väliset seinät ovat kantavia ja rakennejärjestelmän ominaispiirteistä johtuen kaksoisseinärakenteisia. Kaksoisrakenne on asuntojen välissä ääniteknisistä syistä välttämätön. Asunnon koostuessa kahdesta tilaelementistä syntyy asunnon sisälle tarpeeton kaksoisrakenne, joka syö myytäviä neliöitä ja vaikuttaa tilan arkkitehtuuriin huomattavan paksuna rakenteena. Tilaelementin sisällä olevat seinät eivät ole kantavia ja ovat siten tarpeen vaatiessa muokattavissa.

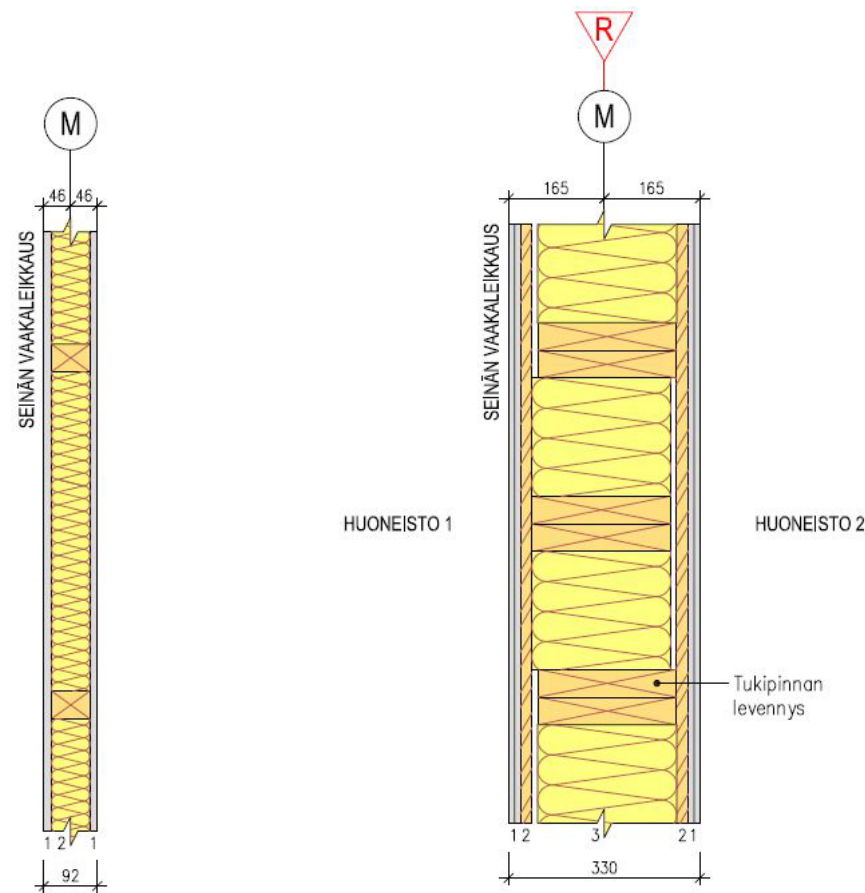
⁷⁴ Suomen puukerrostalo Oy. Ympäristöministeriö: Modulaarisen tietomallin soveltamisopas tilaelementtisuunnittelun tukemiseksi. (www.hankeportaali.fi)

⁷⁵ RunkoPES 2.0 Osa 11: Rakennetyypikirjasto 2013



Kuva 14: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä kantavan väliseinän rakennetyyppi rakennukseen, jossa on enintään 4 puukerrosta. Rakennetyyppi on suunniteltu käytettäväksi tilaelementissä. THVS402KR (www.puuinfo.fi)

Kuva 15: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä kantavan väliseinän rakennetyyppi rakennukseen, jossa on enintään 8 puukerrosta. Rakennetyyppi on suunniteltu käytettäväksi tilaelementissä. THVS801KR (www.puuinfo.fi)



Kuva 16: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä ei-kantavan väliseinän rakennetyyppi. VS401ER (www.puuinfo.fi)

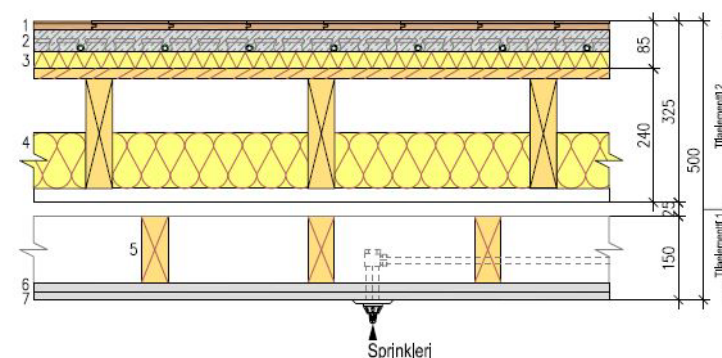
Kuva 17: RunkoPES-rakennetyyppi-kirjaston esittämä kantavan huoneistojen välisen seinän rakennetyyppi rakennukseen, jossa on enintään 8 puukerrosta. HVS801KR (www.puuinfo.fi)

4.3.3 Vaakarakenteet ja pystymitoitus

Tilaelementeissä voidaan käyttää välipohjatyypinä ripalaattaa tai puu-betoniliittolaattaa. Välipohjan dimensio kasvaa suhteessa jännevälän kasvuun. Välipohjan päälle valettava 50–80 mm:n paksuinen betoni-, kipsi tai plaanitasoite mahdollistaa lattialämmityksen, jäykistää rakenteen ja toimii ääniteknisenä massana.⁷⁶ Välipohjan korkeus vaikuttaa huonekorkeuden muodostumiseen, jonka tulee olla minimissään 2500 mm. Pitkillä jänneväleillä voidaan joutua kasvattamaan kerroskorkeutta, mikä vaikuttaa portaiden ja porrashuoneen mitoitukseen.

RunkoPES-rakennetyyppikirjasto esittää yhden vaihtoehdon (Kuva 18) välipohjaksi rankarunkoiseen tilaelementtiin. Rakennetyypin kokonaiskorkeus on 500 mm, jolla saavutetaan RunkoPES:in suosittama pystymitoitus (Kuva 23), jossa kerroskorkeus on 3200 mm. Välipohjarakennetyypillä saavutetaan neljän metrin jänneväli⁷⁷, joka palvelee tämän hetken tilaelementtituotannon vakiintunutta mitoitusta. Tilaelementteihin käytettävä välipohjatyypin koostuu kahdesta osasta, jossa ylempi

osa on ylemmän moduulin lattia ja alempi osa alemman moduulin katto. Väliin jää 25 mm:n rako ääniteknisistä syistä. Rakennetyyppikirjastossa esitetään suurelementteihin tarkoitettuja välipohjarakennetyyppejä (Kuvat 19, 20, 21 ja 22), joilla päästään 6–7,5 metrin jänneväleihin.⁷⁸

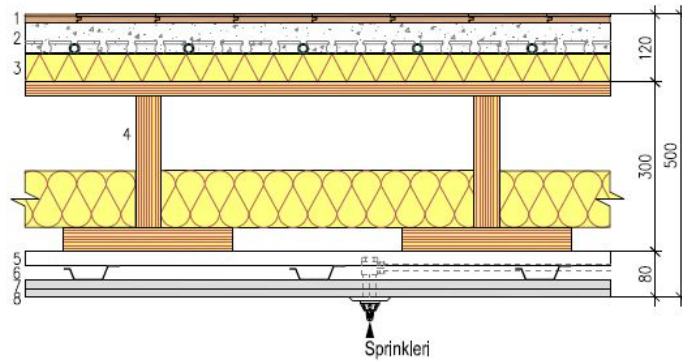


Kuva 18: RunkoPES-rakennetyyppikirjaston esittämä välipohjan rakennetyyppi, jolla päästään 4 metrin jänneväliin. Rakennetyyppi on suunniteltu käytettäväksi tilaelementissä. TVP801R (www.puuinfo.fi)

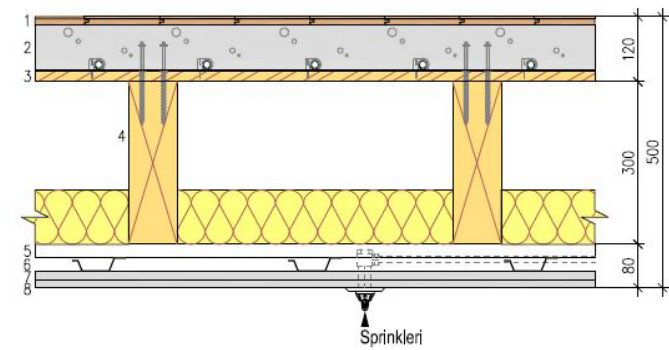
⁷⁶ Tolppanen, J. Suomalainen puukerrostalo. s.33

⁷⁷ RunkoPES 2.0 Osa 11: Rakennetyyppikirjasto 2013 (www.puuinfo.fi)

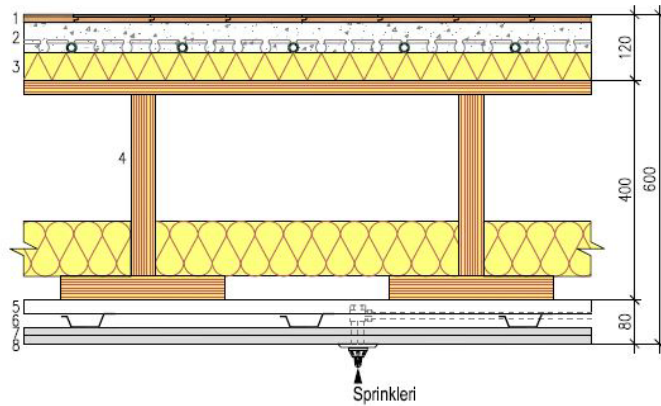
⁷⁸ RunkoPES 2.0 Osa 11: Rakennetyyppikirjasto 2013 (www.puuinfo.fi)



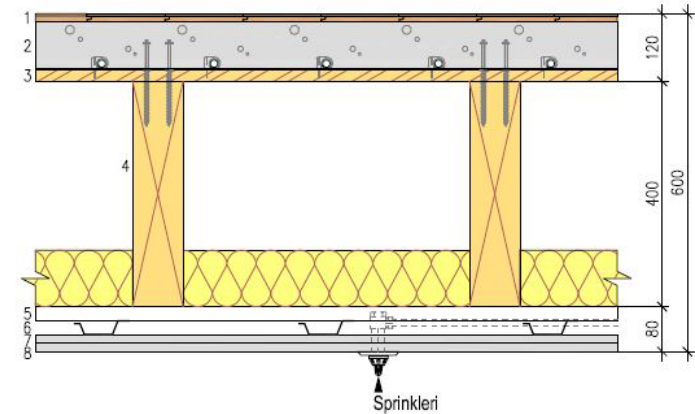
Kuva 19: RunkoPES-rakennetyyppikirjaston esittämä välipohjan rakennetyyppi, jolla päästään 6 metrin jänneväliin. Rakennetyyppi on suunniteltu käytettäväksi suurelementissä. VP801LRL (www.puuinfo.fi)



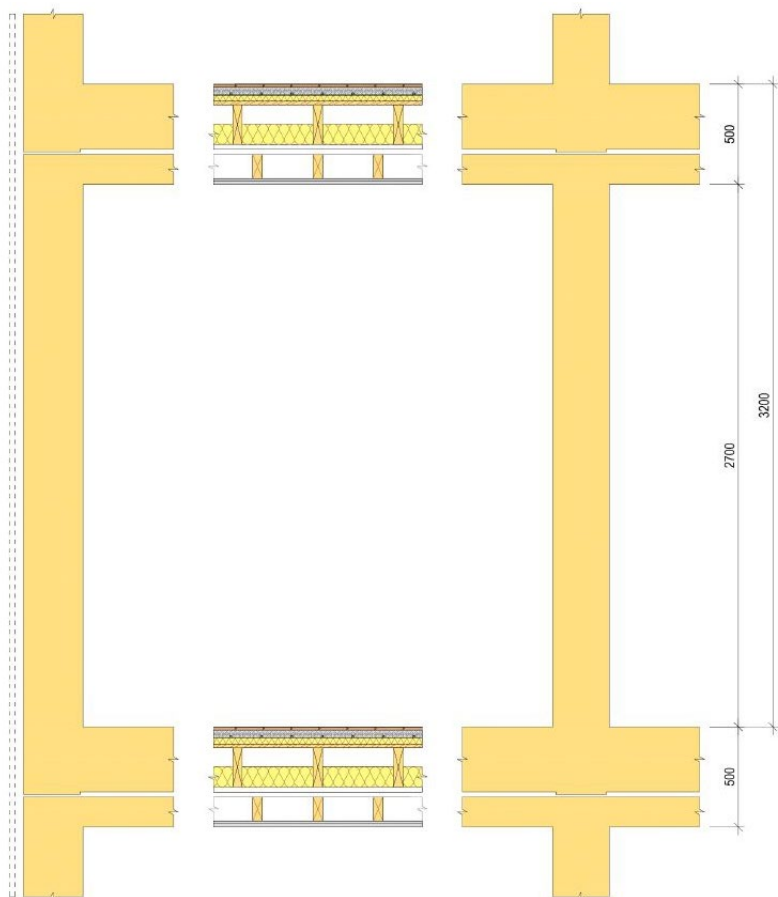
Kuva 21: RunkoPES-rakennetyyppikirjaston esittämä välipohjan rakennetyyppi, jolla päästään 6 metrin jänneväliin. Rakennetyyppi on suunniteltu käytettäväksi suurelementissä. VP801BRL (www.puuinfo.fi)



Kuva 20: RunkoPES-rakennetyyppikirjaston esittämä välipohjan rakennetyyppi, jolla päästään 7,5 metrin jänneväliin. Rakennetyyppi on suunniteltu käytettäväksi suurelementissä. VP802LRL (www.puuinfo.fi)



Kuva 22: RunkoPES-rakennetyyppikirjaston esittämä välipohjan rakennetyyppi, jolla päästään 7,5 metrin jänneväliin. Rakennetyyppi on suunniteltu käytettäväksi suurelementissä. VP802BRL (www.puuinfo.fi)



Kuva 23: RunkoPES:in suosittelema pystymitoitus tilaelementille. Mitoituksessa määritetään huonekorkeudeksi 2700 mm ja kerroskorkeudeksi 3200 mm. (www.puuinfo.fi)

4.4 Rakenteiden mahdollistama vaihtoehtoinen mitoitus

4.4.1 Leveys

Suuremassa moduulikoossa muodostuu pidempi jänneväli, jolloin RunkoPES-rakennetyypikirjaston esittämä rankarunkoisen tilaelementin rakennetyyppi ei ole teknisesti riittävä ja sitä tulee kehittää. RunkoPES-rakennetyypikirjastossa esitetään tasoelementteihin tarkoitettuja vaakarakenteita, mm. puubetoniliittolaatta ja ripalaatta, joilla päästään 6–7,5 metrin jänneväleihin. Toteuttamalla tilaelementeissä käytettävän välipohjarakenteen ylempi osio puubetoniliittolaattana tai ripalaattana RunkoPES-rakennetyypikirjaston mukaisesti ja alemman moduulin katto kuten tavanomaisessa rankarunkoisen tilaelementin rakennetyypissä, voidaan saavuttaa huomattavasti pidempiä jännevälejä.

Ratkaisu kuitenkin kasvattaa kokonaisrakenteen dimensiota verrattuna ”alkuperäiseen” (Kuva 18) 500 mm korkeaan rakennetyypiin. Ripalaatta rakenteena 6 metrin jänneväli tuottaa 595 mm:n korkuisen rakenteen (Kuva 24), 7,5 metrin jännevälillä rakennepaksaus on jo 695 mm (Kuva 25). Puubetoniliittolaattarakenne sovellettuna tilaelementin

välipohjaan tuottaa 6 metrin jännevälillä 620 mm:n välipohjakorkeuden (*Kuva 26*) ja 7,5 metrin jännevälillä 720 mm (*Kuva 27*).

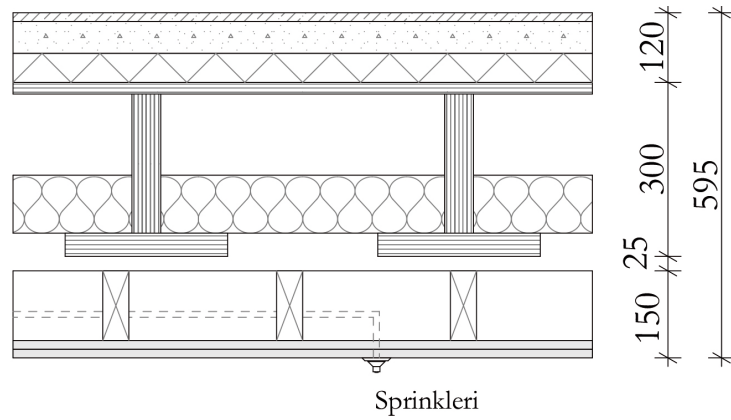
Pidempään jänneväliin soveltuva rakenne on selkeästi paksumpi ja osa vaihtoehtoista vaikuttaa jo merkittävästi huonekorkeuden muodostumiseen. Käyttäessä RunkoPES:in suosittelemaa pystymitoitusta, jossa kerroskorkeus on 3200 mm, 720 mm:n välipohjarakenteella vaadittava 2500 mm:n huonekorkeus ei täyty. Kerroskorkeutta voisi mahdollisesti nostaa, mikä vaikuttaisi esimerkiksi portaiden pituuteen. Huomattava kerroskorkeuden nousu voisi aiheuttaa kuljetusmuodon muuttumisen erikoiskuljetuksesta luvanvaraiseksi erikoiskuljetukseksi.

Sekä ripalaatan 595 mm:n että puubetoniliittolaatan 620 mm:n dimensiot 6 metrin jännevälillä, vaikuttavat toteutuskelpoisimmilta. Rakennepaksuus kasvaa vain 95–120 mm, mikä ei välttämättä vaatisi kerroskorkeuden nostamista. Moduulin siirrettävyyttä käsittelevässä kappaleessa todettiin, että kuljetuksen puolesta on mahdollista toteuttaa 7,0 metriä leveitä moduuleja. Tällöin 6,0 metrin jänneväli ei ole riittävä. Kehityskelpoisimmaksi rakennetyypiksi nousee ripalaattavaihtoehto, jolla päästään 7,5 metrin jänneväliin. Sovelletun rakennetyypin dimensio on 695

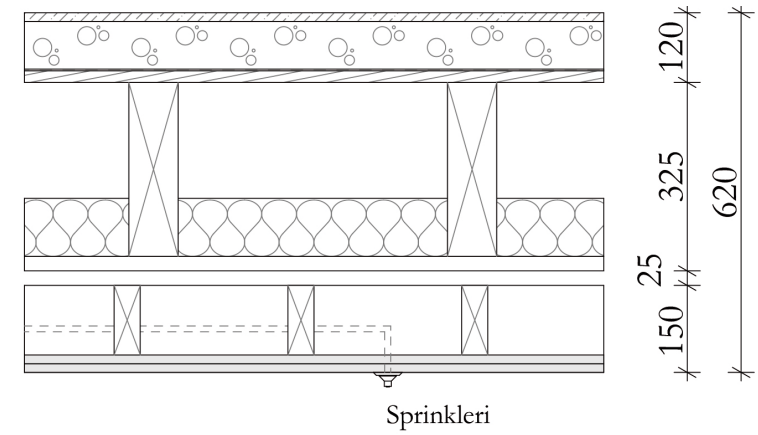
mm. Valitulla rakenteella vaadittu huonekorkeus täyttyy, kun käytetään RunkoPES:in suosittelemaa pystymitoitusta.

4.4.2 Korkeus

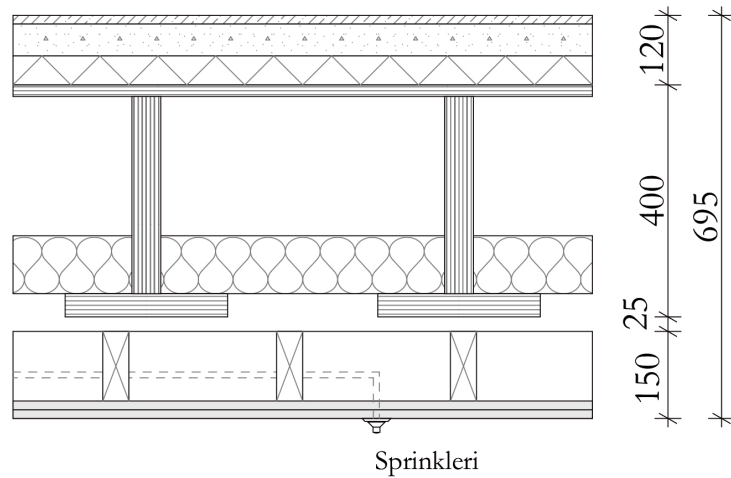
RunkoPES-rakennetyypikirjasto ei esitä rajoitteita rankarakenteiden korkeudelle. RunkoPES esittää kuitenkin suosituksen rakennuksen pystymitoituksesta, mikä määrittää huone- ja kerroskorkeuden. Kyseessä on suositus eikä rajoite. Voidaan siis todeta, että rakenteet eivät tuota rajoitteita moduulien korkeudelle.



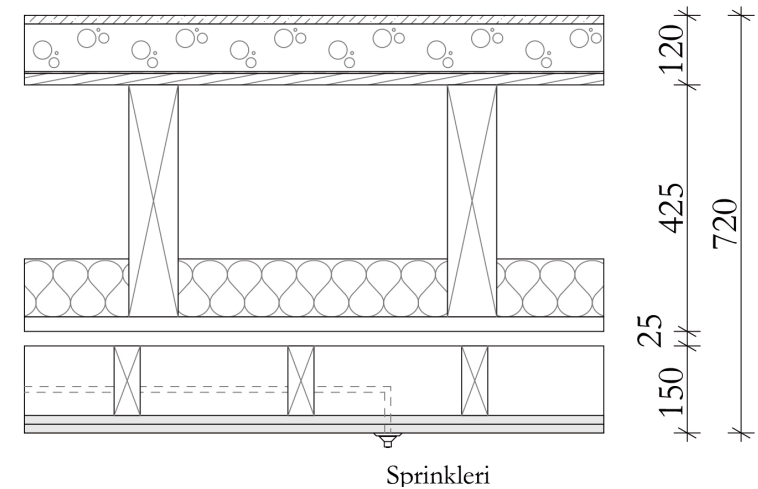
Kuva 24: Sovellus ripalaattarakenteesta käytettäväksi tilaelementin välipohjana. Rakennetyypillä voisi saavuttaa 6,0 metrin jänneväli.



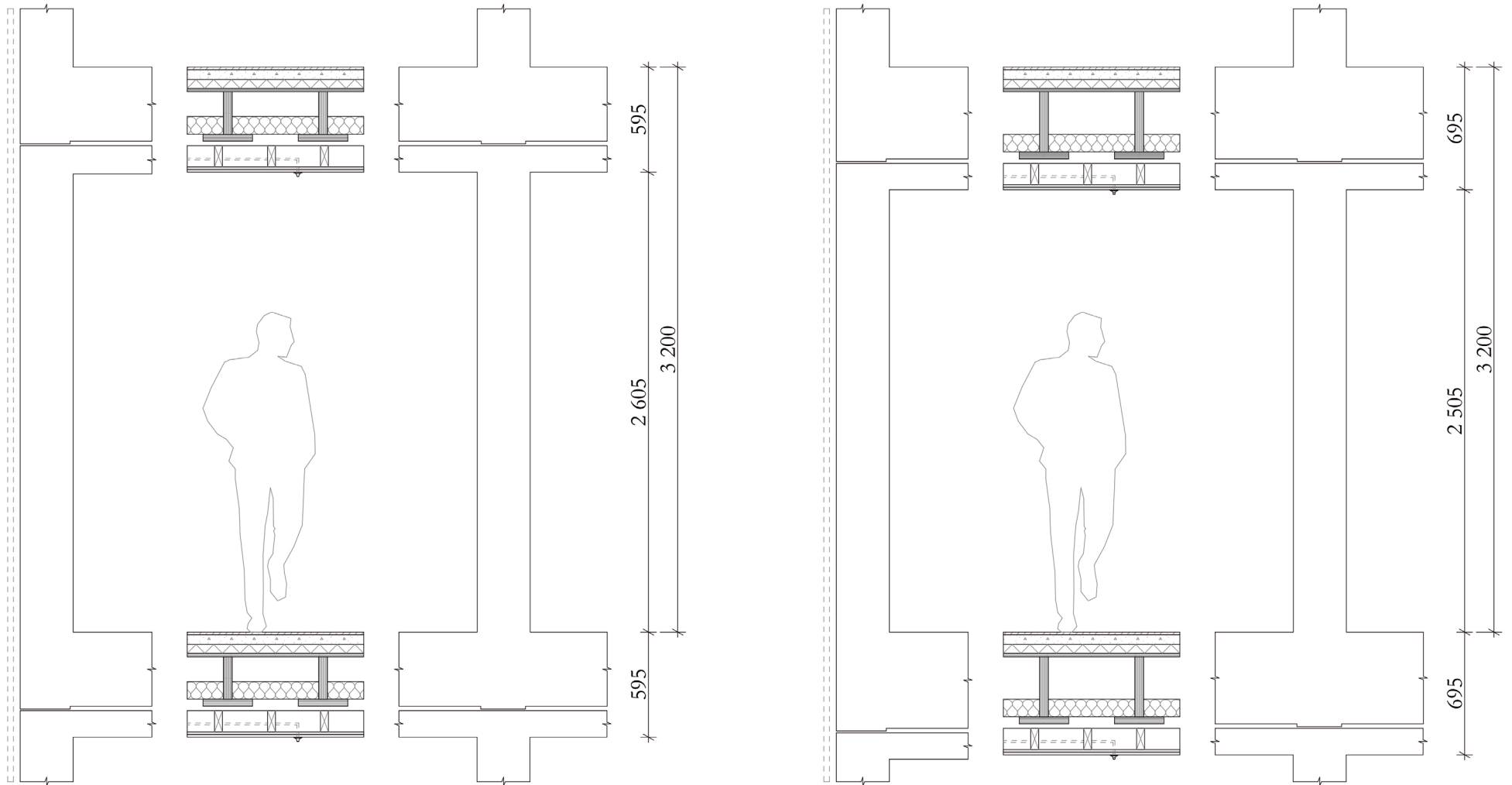
Kuva 26: Sovellus puubetoniliittolaatasta käytettäväksi tilaelementin välipohjana. Rakennetyypillä voisi saavuttaa 6,0 metrin jänneväli.



Kuva 25: Sovellus ripalaattarakenteesta käytettäväksi tilaelementin välipohjana. Rakennetyypillä voisi saavuttaa 7,5 metrin jänneväli. Vaihtoehto on kehityskelpoisin tutkituista rakennevaihtoehdoista.



Kuva 27: Sovellus puubetoniliittolaatasta käytettäväksi tilaelementin välipohjana. Rakennetyypillä voisi saavuttaa 7,5 metrin jänneväli. Rakennetyyppi on liian korkea käytettäväksi RunkoPES:in suosittelemassa pystymitoituksessa. Vaadittava 2500 mm huonekorkeus ei täyty.



Kuva 27: Molemmat esimerkkikuvan tapaukset täyttävät lain vaatimukset huonekorkeudesta. Kuvista on kuitenkin selkeästi havaittavissa, että jo pienikin huonekorkouden muutos vaikuttaa arkkitehtoniseen tilakokemukseen. Oikeanpuoleisessa kuvassa huonekorkeus on vain 100 mm matalampi kuin vasemmalla olevassa kuvassa, mutta tila vaikuttaa selkeästi ahtaammalta.

4.5 Yhteenvedo vaihtoehtoisesta moduulimitoituksesta

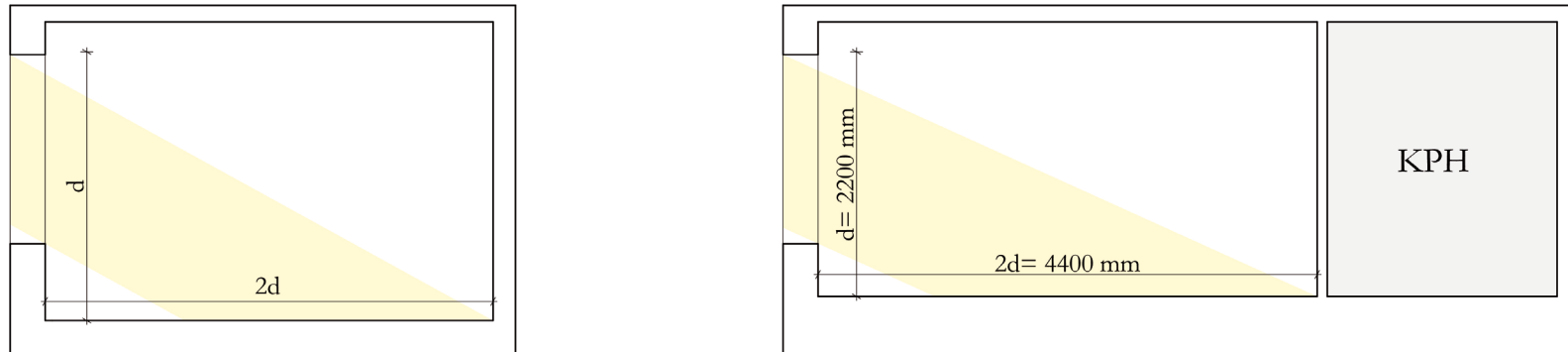
Moduulin siirrettävyyden kannalta järkevä moduulileveys on maksimissaan 7,0 metriä. Rakenneanalyysin perusteella voidaan todeta, että rakenteita kehittämällä voidaan 7,0 metrin jänneväli saavuttaa. Arkkitehtisuunnittelijan on syytä huomioida, että pitkä jänneväli tuottaa kohutuullisen matalan huonekorkeuden käytettäessä RunkoPES:in suosittelemaa pystymitoitusta. Matala tila voidaan kokea ahtaana. Toisaalta rakenteiden synnyttämää matalaa tilaa voidaan käyttää arkkitehtonisena tehokeinona, esimerkiksi muodostamalla tilasarja, jossa vaihtelee matala ja korkea tila. Vaihtoehtoisesti voidaan rakennuksen pystymitoitus muodostaa korkeammaksi, kuin RunkoPES suosittelee, ja näin luoda korkeampi ja avaramman tuntuinen tila.

Rakenteet eivät aseta rajoituksia moduulin korkeudelle. Myöskään liikenne ei aseta ehdotonta rajoitusta korkeusmitalle. On syytä kuitenkin huomioida, että merkittävästi 4,4 metrin maatielikenteen korkeuslottomarajoituksesta poikkeavalla kuljetuksella on rajoitetut reitinvaihtoehdot. Seuraavan kappaleen tilavariaatiotutkimuksessa

käytetään moduulin maksimikorkeutena Tolppasen kirjassa Suomalainen puukerrostalo esittämää 6,0 metrin korkeutta.

Puufon mukaan moduulin vakiintunut pituusmitta on maksimissaan 12,0 metriä, mutta pidempiäkin voidaan tehdä. Maksimi pituusmitta on riittävä asuntosuunnittelun näkökulmasta, eikä esiin noussut tarvetta etsiä pidemmän moduulin mahdollisuutta. Tilavariaatiotutkimusta varten, moduulin pituusmitta määritetään asunnon valoisuuden mukaan. Pohjana käytetään Bakerin ja Steemersin kirjassa Daylight design of Building esittämää nyrkkisääntöä tilan valoisuudesta: valoisan tilan raja ulottuu kaksi kertaa valoaukon ja lattian välisen etäisyyden päähän tilassa⁷⁹ (Kuva 28). Teoriaa käytetään periaatteena, eikä valoaukon koon tai ulkopuolisten esteiden vaikutusta valoisuuteen huomioida. Valoisan tilan ulkopuolelle sijoitetaan tiloja, jotka eivät tarvitse välttämättä luonnonvaloa, kuten kylpyhuone.

⁷⁹ Baker, N. Steemers, K. Daylight design of buildings. s.48



d = korkeus lattiasta ikkunan yläreunaan

Kuva 28: Vasemmanpuoleisessa kaaviossa nähdään Bakerin ja Steemersin mukainen kaavio asunnon valoisuudesta: valoisan tilan raja ulottuu kaksi kertaa valoaukon ja lattian välisen etäisyyden päähän tilassa. Oikeanpuoleisessa kaaviossa on esitetty teorian sovellus moduulissa, jonka valoaukon korkeus lattiapinnasta on 2200 mm. Ikkunan yläpuolelle on jätetty 300 mm:n varaus aukonylityspalkille. Sovelluksessa on sijoitettu moduulin hämärään tilaan kylpyhuone, joka ei välttämättä tarvitse luonnonvaloa. 2500 mm:n huonekorkeudella ja 300 mm:n aukonylityspalkilla ikkunan yläreunan korkeus muodostuu 2200 mm ja valoisan tilan rajaksi 4400 mm:n etäisyys valoaukosta. Valoisan tilan jatkeksi on lisätty RT-kortiston suositusten mukainen kylpyhuone sekä rakenteet, jolloin saadaan moduulin kokonaismitaksi noin 7300 mm. Eri tilavariaatioiden yhteensovittamisen vuoksi, moduulin pituusmitta on vakioitu 7500 mm:n.

Perustuu: Baker, N. Steemers, K. Daylight design of buildings. s.48

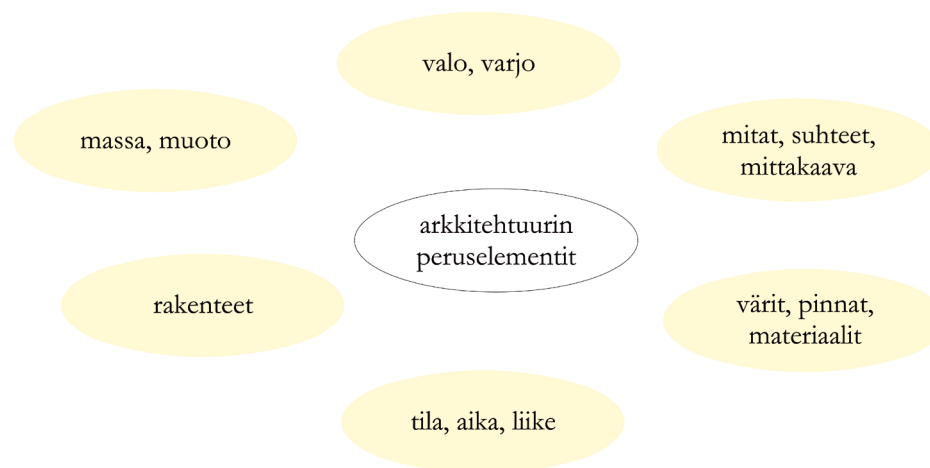
5 Tilavariaatiot

Tilavariaatioiden tutkiminen aloitetaan erilaisista moduulileveyksistä, joissa luodaan erilaisia asuntoratkaisuja yksioista ja kasioista 5,5–7,0 metrin moduulileveyksillä. Tavoitteena on kartoittaa eri moduulileveyksien sopivuus eri asuntotyypeille. Tämän jälkeen muodostetaan parhaimmiksi todetuista moduuleista kaksikerroksisia ratkaisuja, joissa tutkitaan, minkälaisia tiloja voidaan muodostaa kahdella päällekkäisellä moduulilla ja niiden erilaisella kerrosten välisellä aukotuksella. Kolmantena tutkimuskohteena tutkitaan parviasuntoja ja niiden arkkitehtonisia mahdollisuuksia tilallisuuden näkökulmasta. Asuntovariaatiotutkimuksessa keskitytään pääosin moduulien yhdistämiseen pystysuunnassa tavanomaisemman vaakasuunnassa yhdistämisen sijasta. Tavoitteena on tutkia, mitä arkkitehtonista lisäarvoa moduulien pystysuuntainen yhdistäminen tuo asuntoihin.

Asunnot on suunniteltu RT-kortiston tilamitoitussuosituksia käyttäen. Julkisivun aukotus toteutetaan kaaviomaisesti. Lisäksi asuntojen valoisuutta on tutkittu teoriaosuudessa läpikäydyn valoisuuden periaatteen

⁸⁰ Grotenfelt, G. Arkkitehtuurin ABC 2- Peruskäsitteitä. s.9

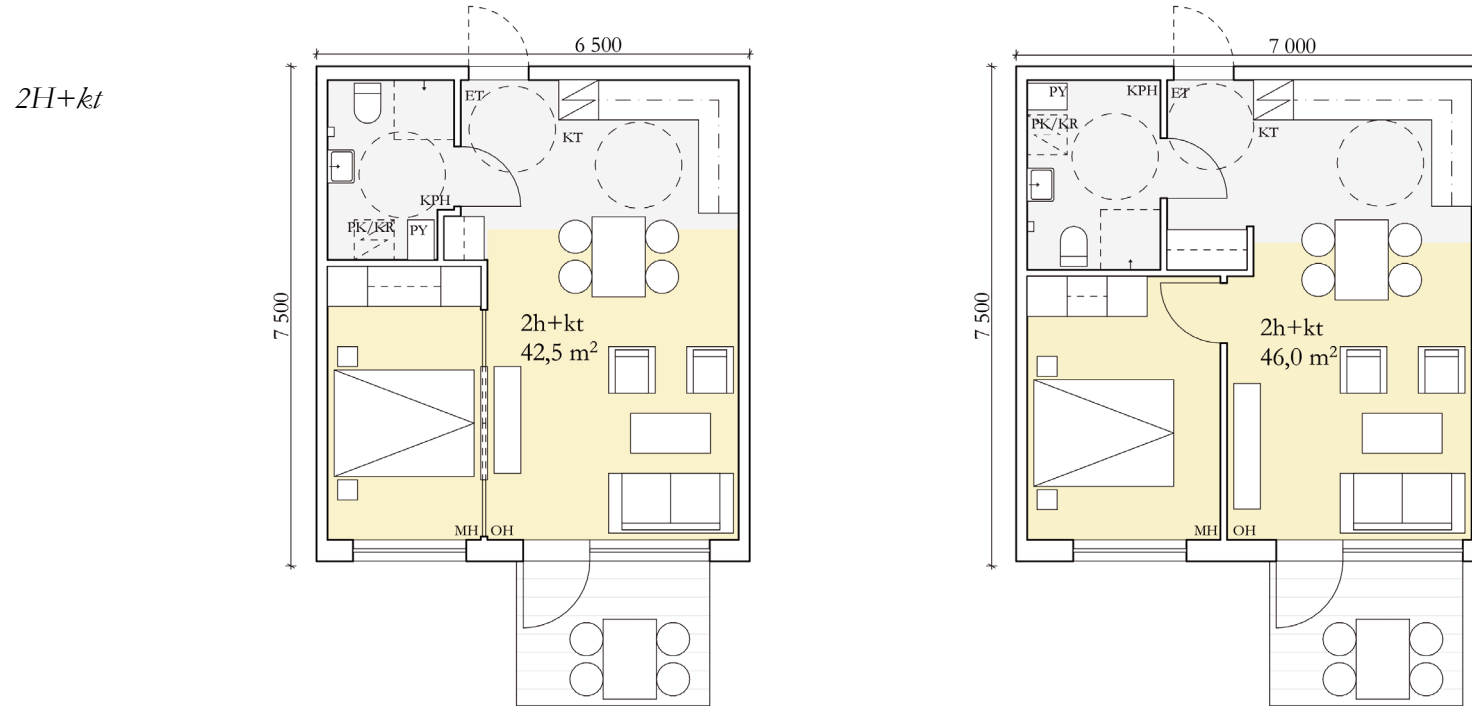
mukaisesti. Asuntojen toteutettavuus todetaan esimerkkikerrostalossa, jossa asuntovariaatio sijoitetaan kaaviomaiseen kerrospohjaan ja sijaintia havainnollistetaan kaavionmaisella analyysikuvalla. Asuntojen tilalista arkkitehtuuria ja toiminnallisuutta analysoidaan käyttäen arkkitehtuurin peruskäsitteitä, joita ovat: valo ja varjo, mitat, suhteet ja mittakaava, massa ja muoto, rakenteet, tila, aika ja liike.⁸⁰



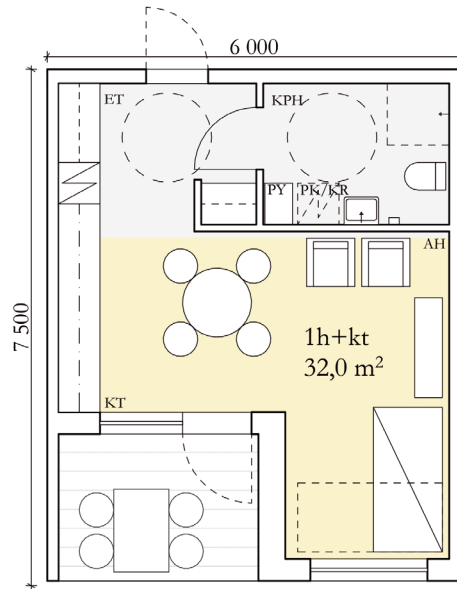
Kuva 29: Arkkitehtuurin peruselementit. Väri, pinnat ja materiaalit jäävät pois analyysistä suunnittelutehtävän rajauksen vuoksi.

Perustuu: Grotenfelt, G. Arkkitehtuurin ABC 2- Peruskäsitteitä. s.9

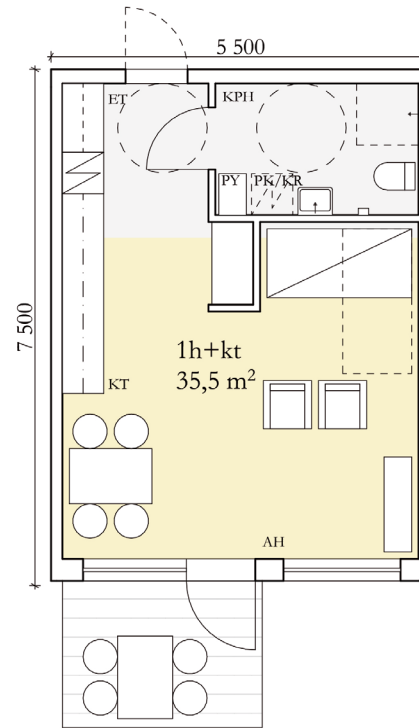
5.1 Vaihtoehtoinen moduulikoko: asuntotyyppien sovit



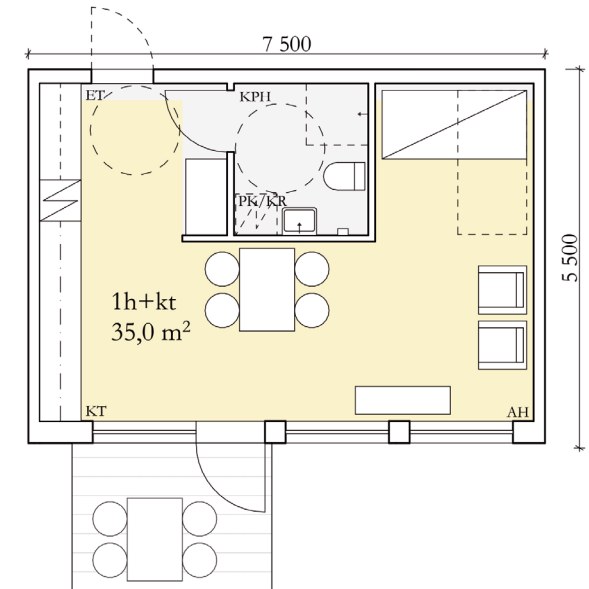
Kuvassa esitetyt asuntovariaatiot on suunniteltu toteutettavaksi yhdellä moduulilla. Vasemmanpuoleinen, L6500 x K3200 x S7500 mm:n mittainen moduuli mahdollisti kaksion, jossa on ”hyökkäys”-makuuhuone. Kyseinen makuuhuonetyyppi ei ole toiminnallisesti paras ratkaisu, joten yhteen suuntaan aukeavassa kaksiossa 6500 mm:n moduulileveys ole riittävä. Oikeanpuoleinen L7000 x K3200 x S7500 mm:n mittainen moduuli mahdollistaa kaksion, jossa RT-kortiston tilamitoitus-suositukset toteutuvat, makuuhuone mukaan lukien. Olohuone, ruokatila ja keittiö ovat avaraa, yhtenäistä tilaa. Syvän runkosyvyyden ja lyhyen julkisivupinnan vuoksi, keittiö on jouduttu sijoittamaan syvälle asuntoon, tilan hämärään osaan. Asunnon valoisuutta lisäisi useamman kuin yhden julkisivun aukotusmahdollisuus sekä pienempi runkosyvyys. Moduulin kääntäminen vaakatasoon lisäisi hieman aukotettavaa julkisivupintaa ja lyhentäisi runkosyvyyttä. Tuloksena saavutettaisiin valoisampi asunto.



L6000 x K3200 x S7500 mm:n mittainen moduuli mahdollistaa yksiön, jossa on sisään vedetty parveke. Asunnon ensisijaiset asuintilat (KT, RT, AH) ovat valoisia. Vaakasuuntainen kylpyhuone sijoittuu kokonaan moduulin hämäänsä osioon. Parvekkeen sisäänveto luo mielenkiintoisuutta tilaan ja luontaisesti nurkkauksen makuutilalle.

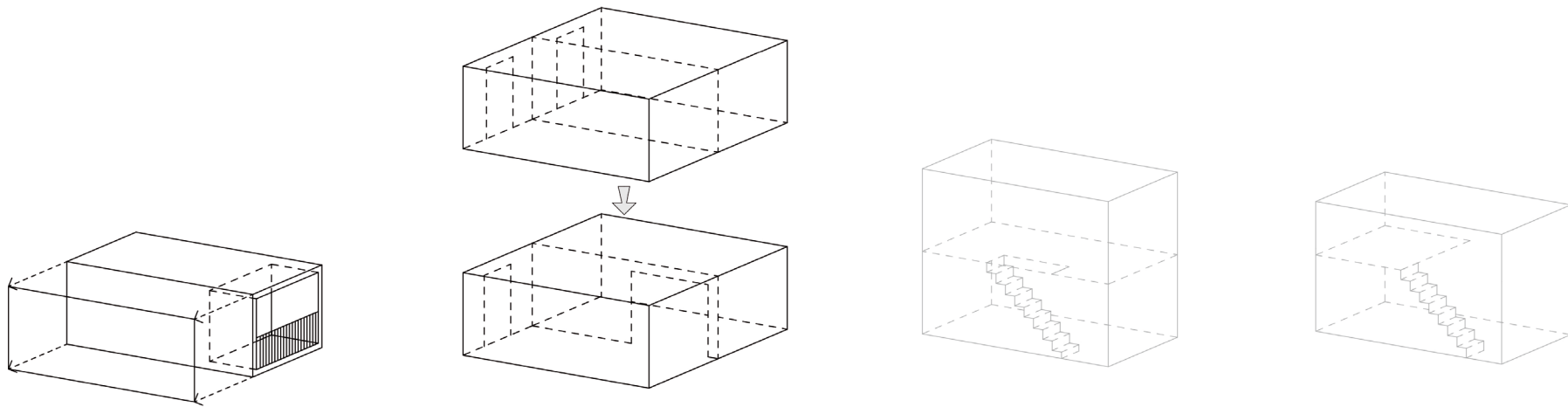


L5500 x K3200 x S7500 mm:n mittainen moduuli mahdollistaa mukavan tilavan ja väljästi mitoitettun yksiön. Tila on muodoltaan yksinkertaisempi, eikä ole tilallisesti niin mielenkiintoinen verrattuna sisäänvedetyllä parvekkeella olevaan vaihtoehtoon, jossa syntyy rajapintojen muodostama polveileva tilasarja.

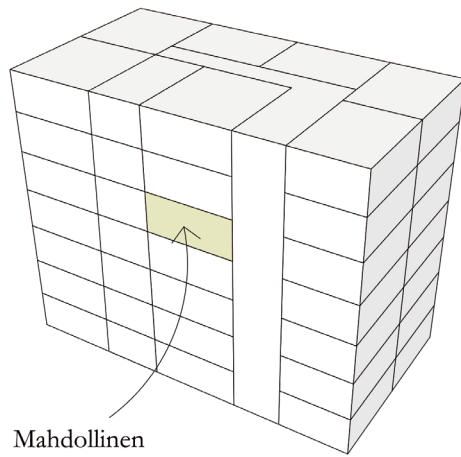


L5500 x K3200 x S7500 mm:n mittaisen moduulin kääntäminen vaakasuuntaan tuottaa erittäin valoisaa yksiö vaihtoehtoon. Kaikki asuintilat, kylpyhuonetta lukuun ottamatta ovat valoisia. Asunnon runkosyvyys on pieni ja julkisivupintaa on paljon, jolloin asunnon toimintojen sijoittaminen on mutkatonta ja tuottaa miellyttäviä tiloja.

5.2 Vaihtoehtoinen moduulikoko ja muuntojoustavuus



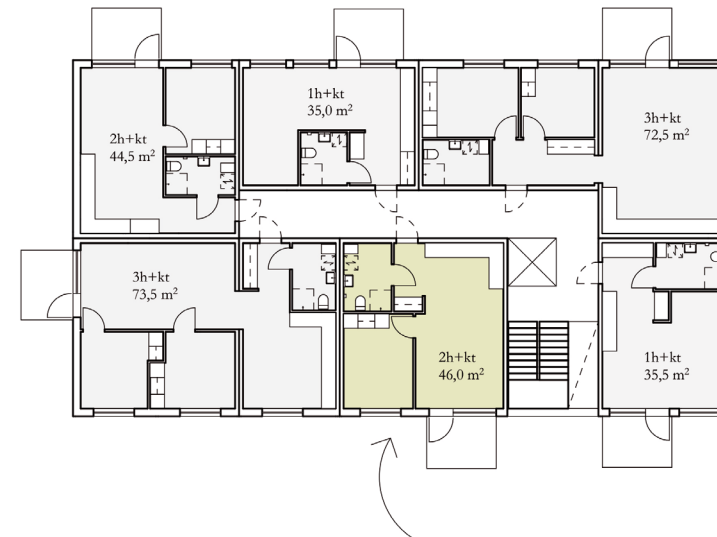
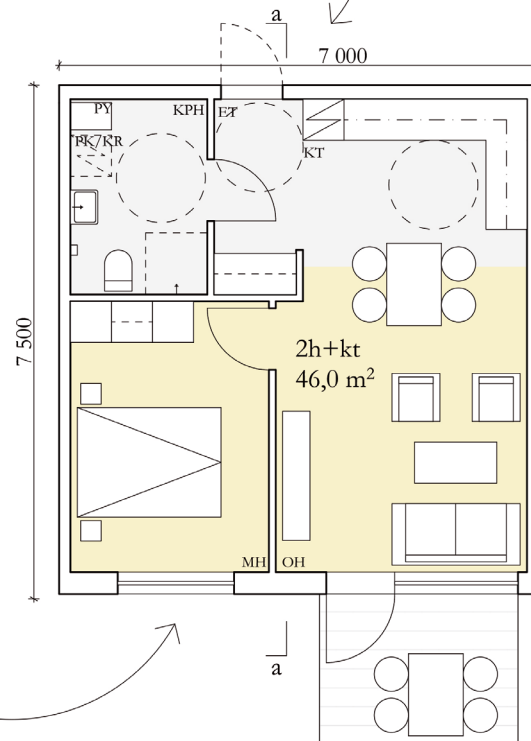
5.2.1 Variaatio A



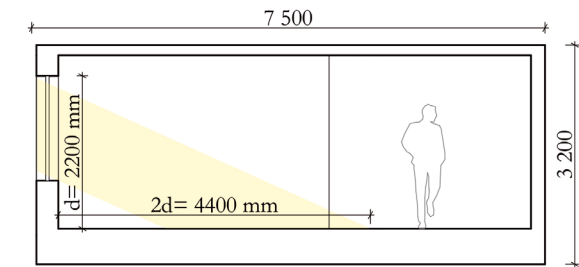
Mahdollinen
sijoittuminen
kerrostalossa

Aukotusmahdollisuudet ja asunnon
runkosyvyys tuottaa asuntoon hämärän
osan, johon on väistämättä sijoitettava
jokin pääasiallisista oleskelutiloista
(KT, RT, OH).

Moduulin kääntäminen vaakasuuntaan lisäisi
julkisivupintaa ja lyhentäisi moduulin
runkosyvyyttä. Muutos on kuitenkin vain 500
mm, jolloin vaikutus valoisuuteen ja
tilasuunnitteluun on vähäinen. Kolmen
toimintatilan (esim. MH, OH ja RT)
sijoittaminen rinnakkain julkisivuseinälle vaatisi
moduulin pituuden tai leveyden kasvattamista
useammalla metrillä, jolloin siirrettävyyden
mitat tulevat mahdollisesti vastaan.



Moduulileveydeltään 7000 mm leveä kaksio on sijoitettu mallikerrospohjaan.
Asunto sijaitsee keskellä rakennusta, jolloin asunto voidaan aukottaa vain yhteen
suuntaan. Asunnon sijoittaminen rakennuksen pätyyn mahdollistaisi aukotuksen
useampaan suuntaan.

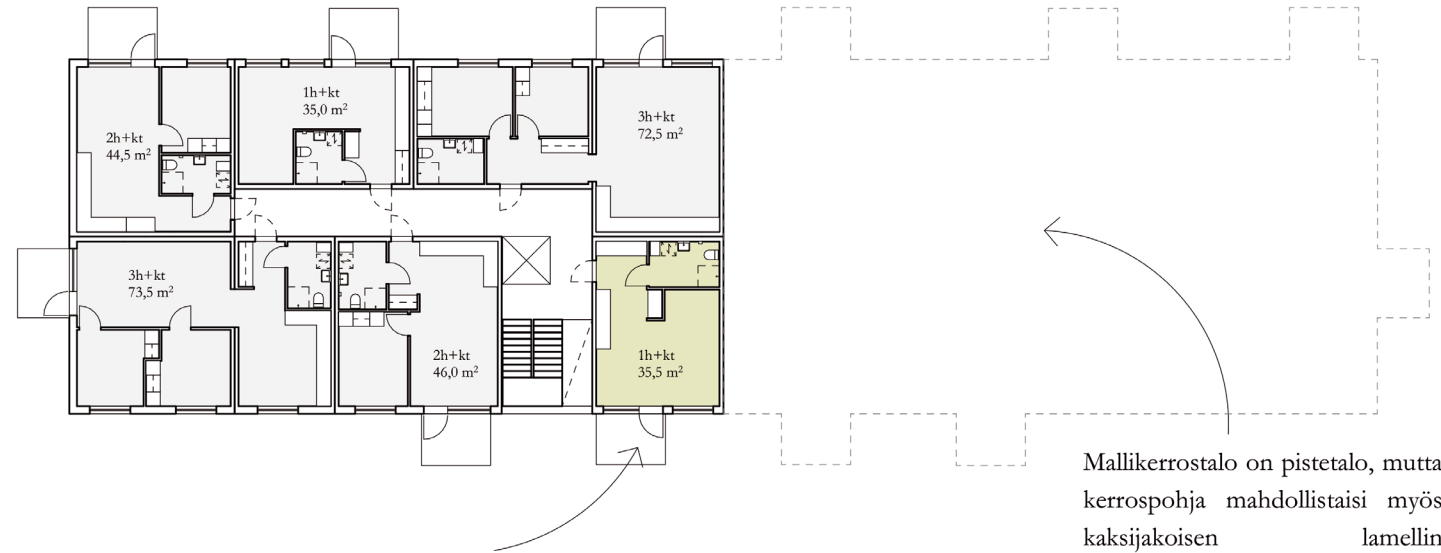
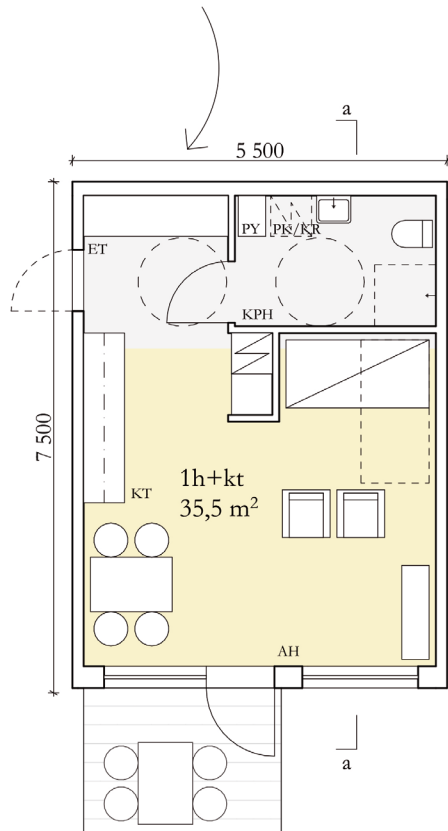


leikkaus a-a

Pitkä jänneväli tuottaa paksun välipohjan,
jonka vuoksi asunnon huonekorkeus on
matala.

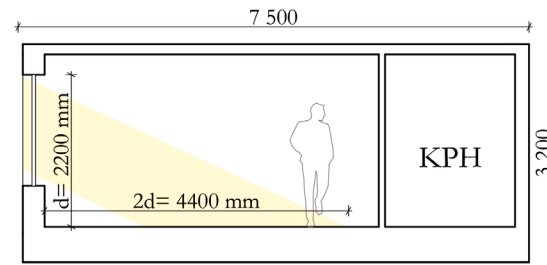
5.2.2 Variaatio B

Yksiö on hyvin väljästi mitoitettu ja tilojen kalustettavuus on hyvä. Esitetty nurkkasijoitus vaatii sisäänkäynnin tuomisen moduulin pitkältä sivulta. Sisäänkäynti on toteutettavissa myös moduulin lyhyeltä sivulta, jolloin eteisen kaapisto ja ulko-ovi vaihtavat paikkaa.



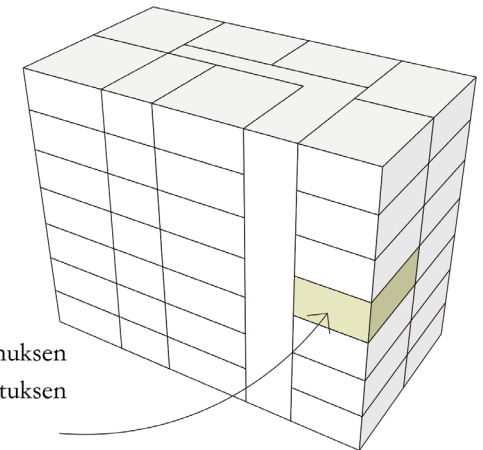
Mallikerrostalo on pistetalo, mutta kerrospohja mahdollistaisi myös kaksijakoisen lamellin toteuttamisen.

Asunto sijoittuu mallikerrostalossa rakennuksen nurkkaan, jolloin aukottaminen kahteen suuntaan on mahdollista. Variaatio yksiöstä on suunniteltu siltä pohjalta, että aukotusmahdollisuus on vain yhteen suuntaan, jolloin variaatio on käytettävissä myös rakennuksen keskellä. Variaatio on jo esitetyllä aukotuksella hyvin valoisa, johon lisäaukutus toisi lisäarvoa näkymillä, useammasta ilmansuunnasta tulevalla luonnonvalolla ja monipuolisemmalla tilakokemuksella.

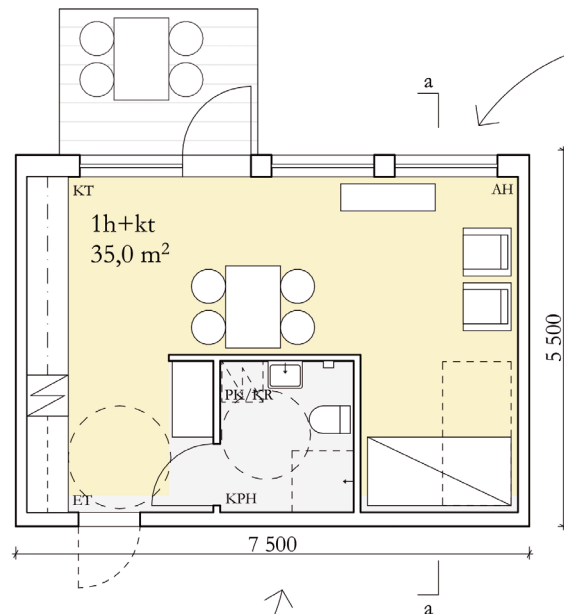


leikkaus a-a

Asunnon sijoittaminen rakennuksen kulmaan mahdollistaa aukotuksen kahdelta sivulta.

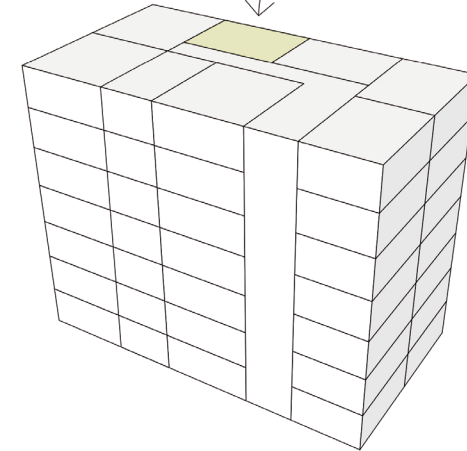


5.2.3 Variaatio C



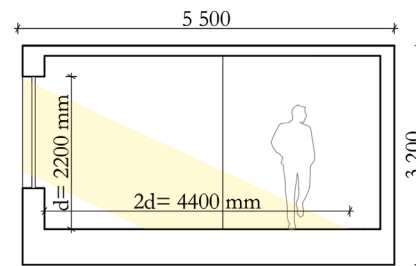
Pitkä julkisivupinta mahdollistaa runsaan aukotuksen ja sitä on paljon parvekealueen ulkopuolella. Asunto on viihtyisä ja tilasuunnittelu helpompaa, kun aukotusta on enemmän.

Mahdollinen sijainti kerrostalossa.



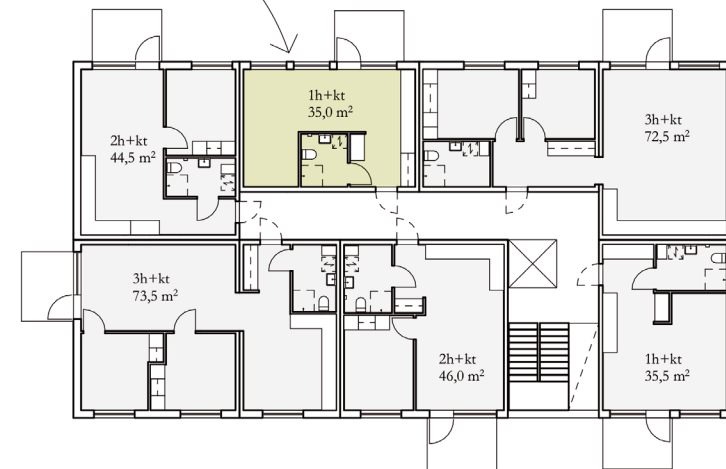
Vaakasuuntaan sijoitetussa moduulissa, joka on yhteen suuntaan aukeava, on suhteessa julkisivupintaa enemmän, kuin kohtissuoraan porrashuonetta olevassa moduulissa.

Asunto on väljästi mitoitettu ja tilat ovat hyvin kalustettavissa. Moduulin keskivaiheille sijoitettu kylpyhuone jakaa yhtenäistä tilaa luontevasti. Alkovi muodostuu nurkkaukseen, johon ei muodostu liikenneväyliä. Variaatiossa on nähtävissä, kuinka tilaa voidaan jakaa vyöhykkeisiin ilman rajaavia seiniä.

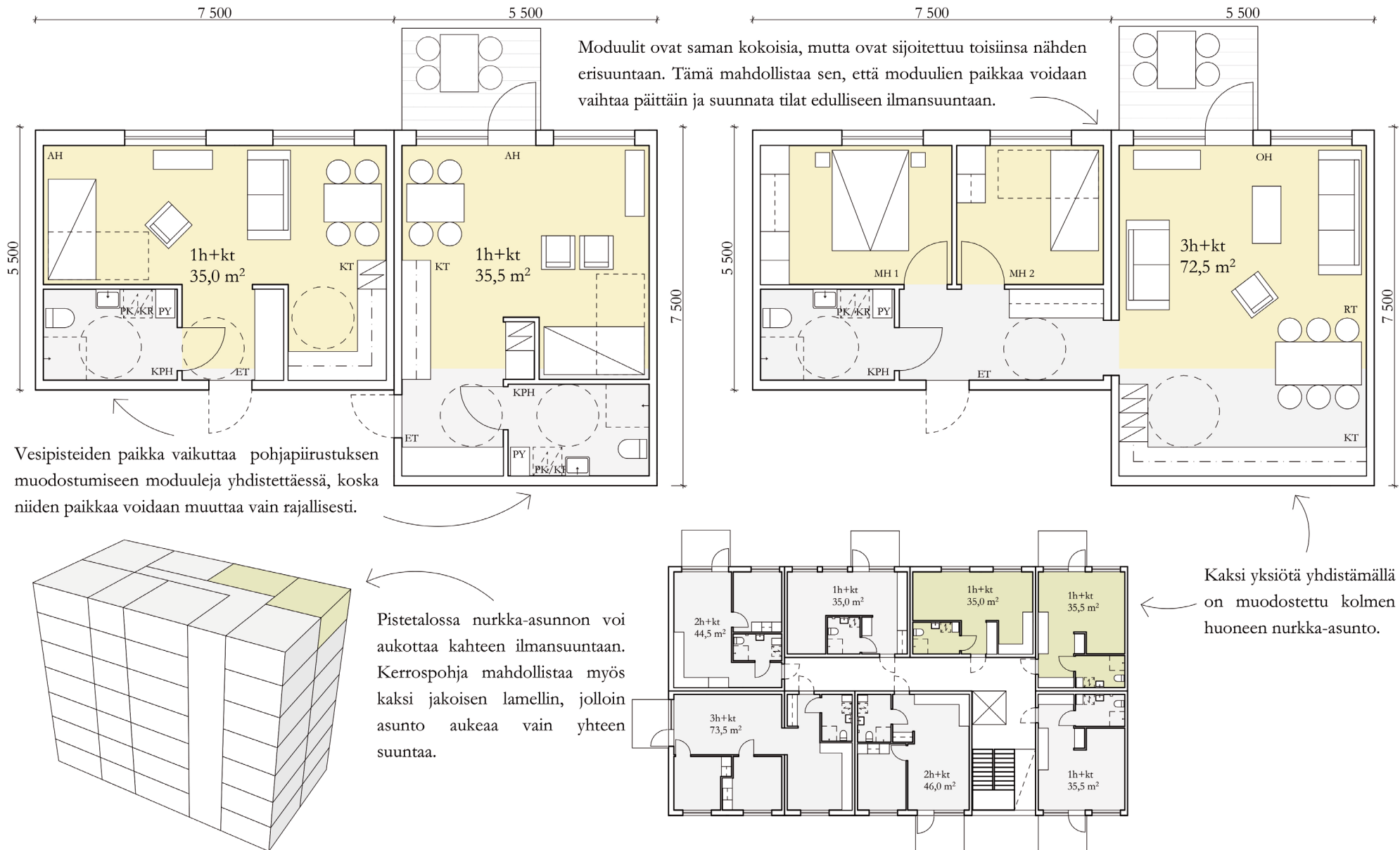


leikkaus a-a

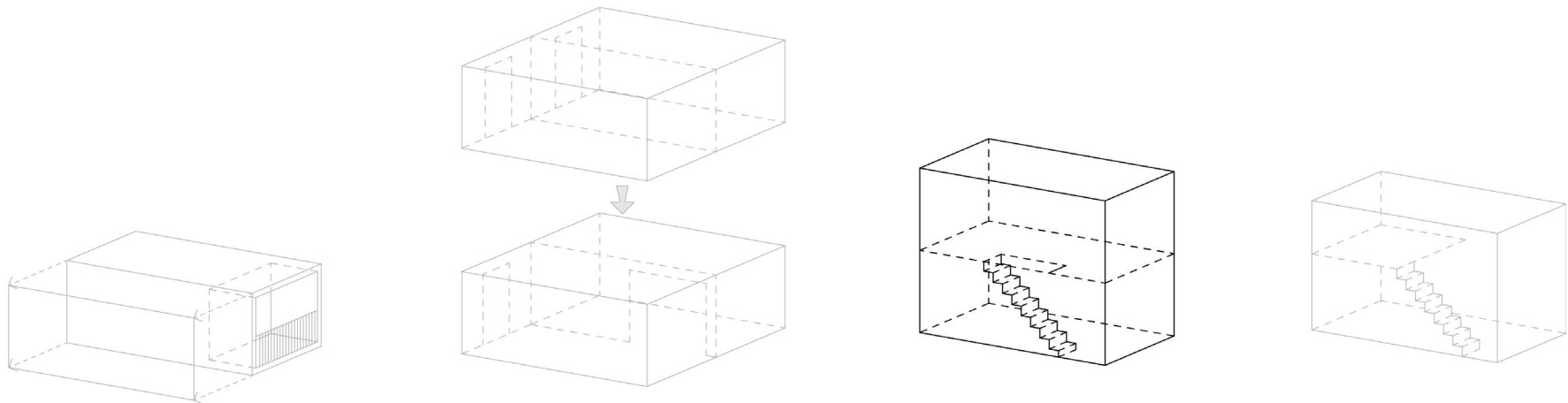
5500 mm syvän moduulin pidempi sivu on sijoitettu porrashuoneen suuntaisesti. Yksiossa ei muodostu juurikaan hämärää tilaa.



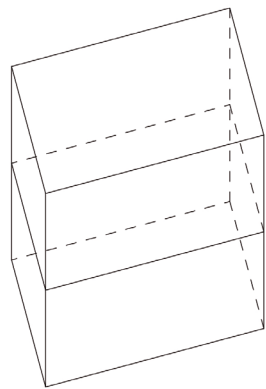
5.2.4 Variaatio D



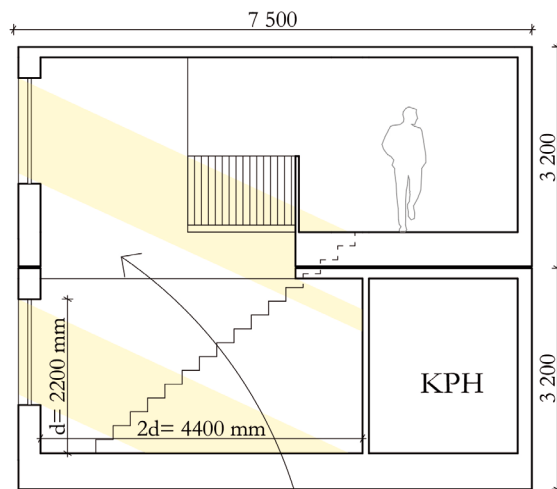
5.3 Kahteen tasoon sijoittuvat asunnot



5.3.1 Variaatio E



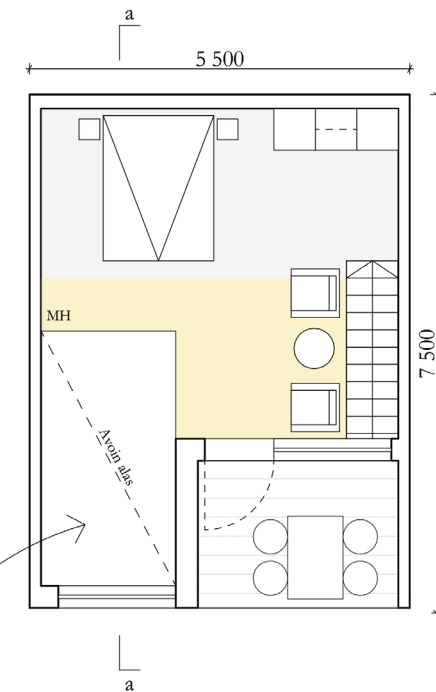
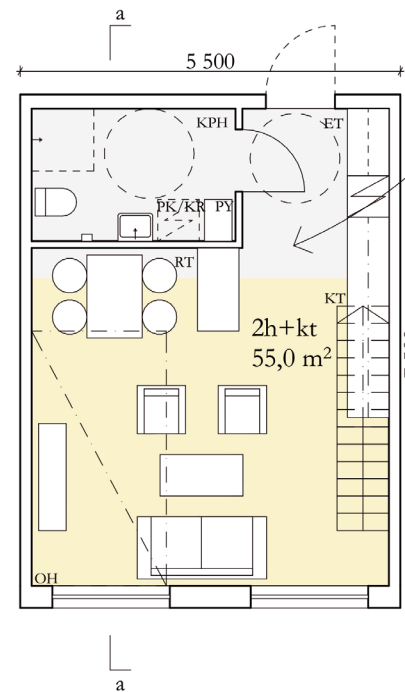
Asunto on muodostettu kahdesta suorakulmaisen särmiön muotoisesta moduulista, jotka ovat sijoitettu päällekkäin.



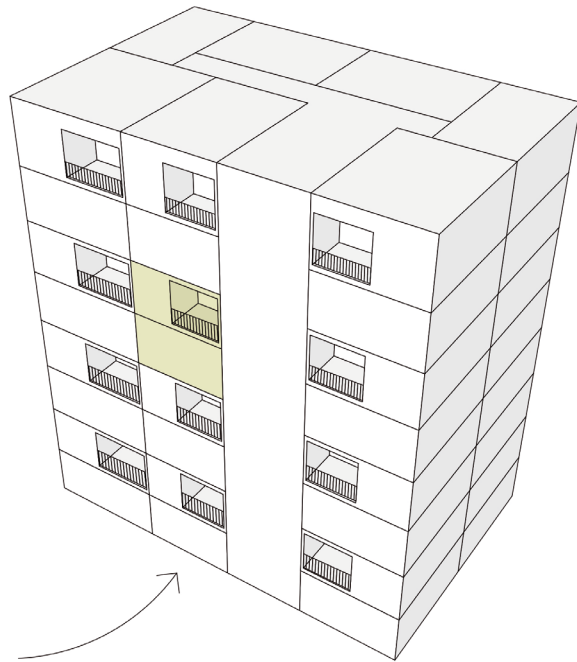
leikkaus a-a

Korkean tilan julkisivupinnan runsas aukotus tarjoaa näkymiä ja luonnonvaloa, lisäksi tilan avaruuden tuntua.

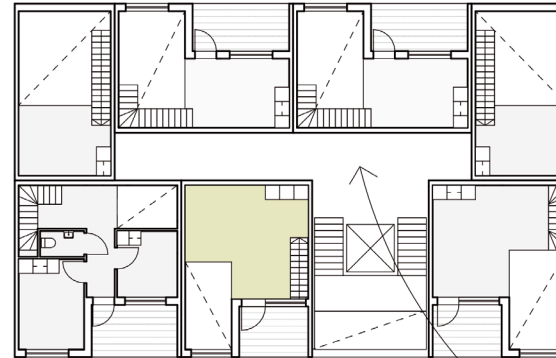
Tilojen korkeus- ja leveyserot jakavat tilan hienovaraisesti kolmeen vyöhykkeeseen ja luovat vaihtelua tilan mittakaavaan. Kulkusuunnasta asunnon ulko-ovelta oleskelutiloihin on kuin draamankaari, joka huipentuu olohuoneen korkeaan tilaan. Tilasarja johdattelee kulkijaa mielenkiintoisesti ja tarjoaa matkalle vaihtelevuutta.



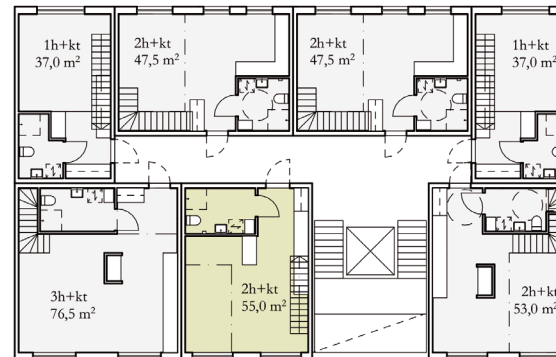
Kahden moduulin väliin on puhkaistu aukko, joka muodostaa kahden kerroksen korkeisen tilan. Korkea tila luo avaruuden tuntua muutoin kohtuulliseen matalaan tilaan. Variaatiossa syntyy selkeä tilasarja: matalasta ja kapeasta eteisestä siirrytään edelleen matalaan mutta laajempaan olohuoneeseen, joka muuttuu keskivaiheilla korkeaksi tilaksi.



Asuntojen peilaus ja sisäänkäynnin toteuttaminen eri kerroksista mahdollistaisi leikittelevän julkisivusommitelman luomisen.



ylempi kerros

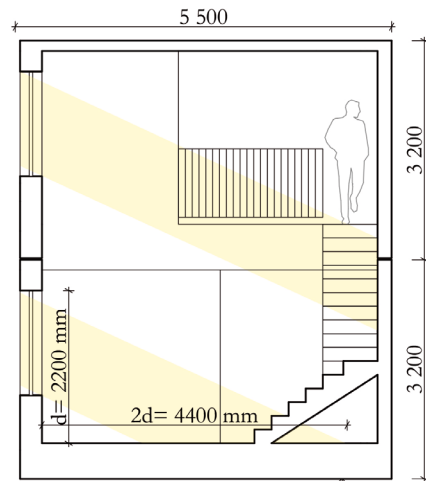
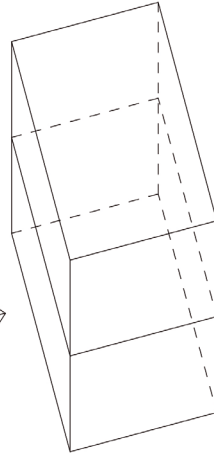


alempi kerros

Ylemmässä kerroksessa porrashuoneelle ei ole osoitettu tehokasta käyttöä. Tilan voisi hyödyntää asuntoihin, toteuttamalla ylempi moduuli pidempänä. Vaihtoehtoisesti tilan voisi hyödykäyttää esimerkiksi varastotilana.

5.3.2 Variaatio F

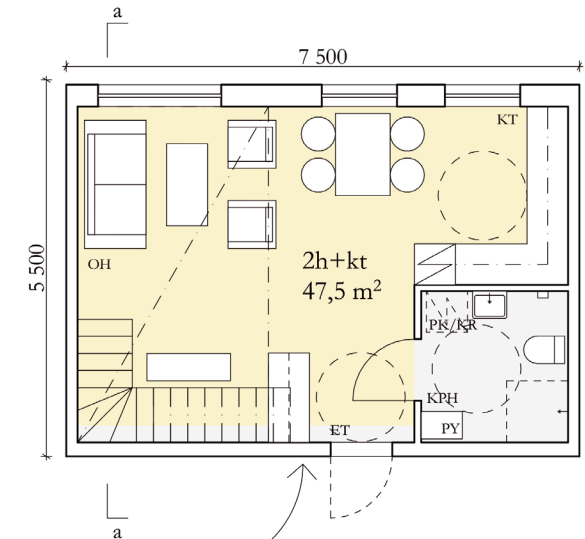
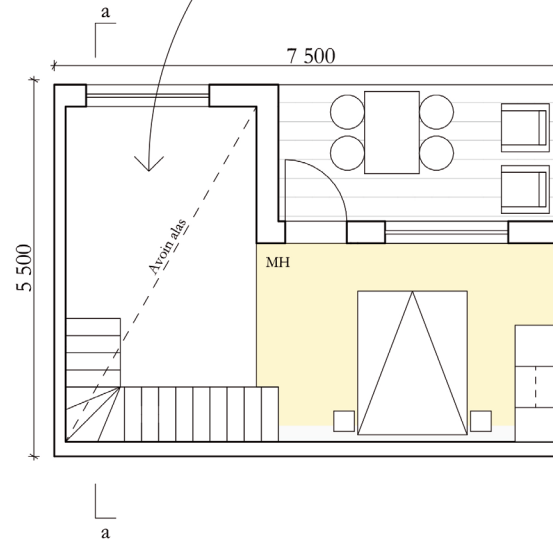
Asunto on muodostettu kahdesta suorakulmaisen särmiön muotoisesta moduulista, jotka ovat sijoitettu päällekkäin.



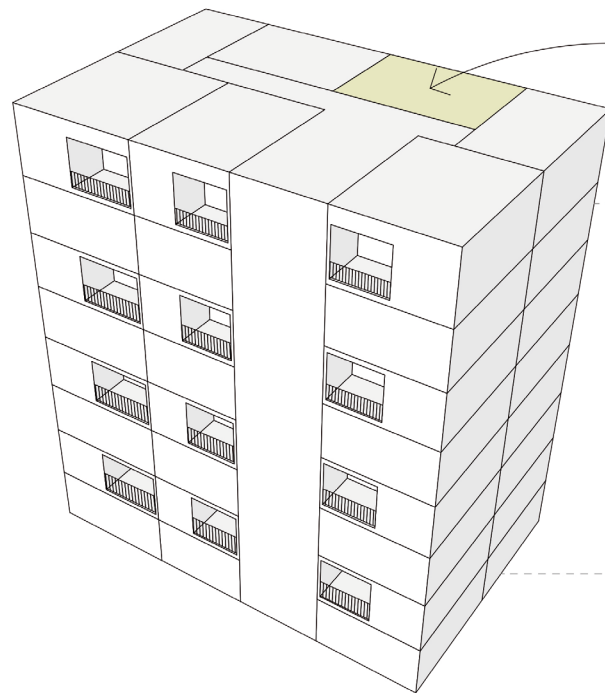
leikkaus a-a

Portaat ovat korkeassa tilassa merkittävä arkkitehtoninen elementti, joka mahdollistaa korkean tilan kokemisen eri korkeuksilta. Korkeat tarjoavat erilaisia näkökulmia tilaan. Parvitiila jää hienovaraisesti piiloon kulman taakse, joka mahdollistaa sen, ettei makuuhuonetta tarvitse välttämättä rajata kiinteällä seinäpinnalla.

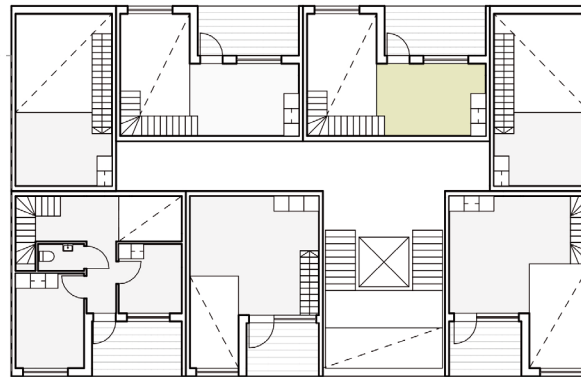
Porrashuoneen suuntaisesti sijoitetussa moduulissa, jossa on pieni runkosyvyys, kerrosten välinen aukko on koko moduulin syvyinen



Ensimmäisen asuinkerroksen yhtenäinen, avoin tila jakautuu hienovaraisesti kahteen vyöhykkeeseen: matalaan ja korkeaan. Ruokailu ja ruoan valmistus tapahtuu tilan matalammassa osiossa ja olohuone sijoittuu juhlallisesti korkeaan tilaan.

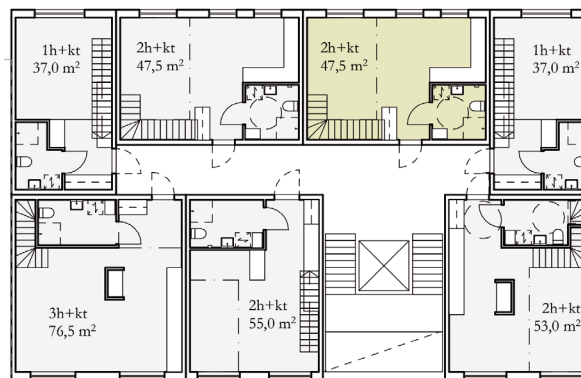


Asunnon esimerkkisijanti kerrostalossa.



ylempi kerros

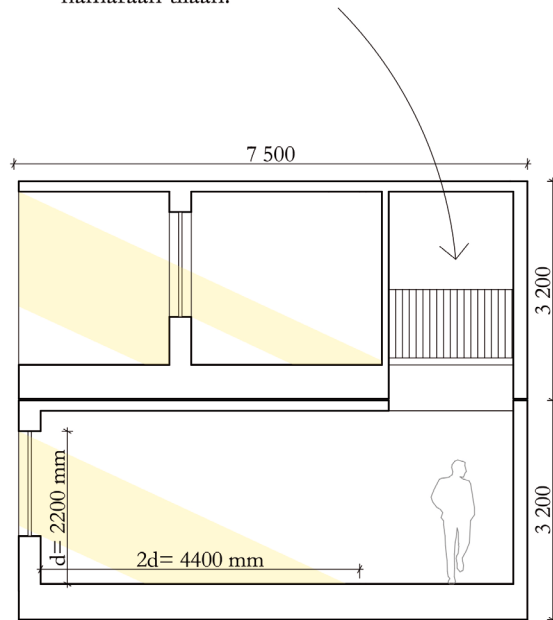
Kerros pohjan kaikki asunnot ovat vain yhteen suuntaan aukeavia, joten kerros pohjalla voidaan toteuttaa kaksi tai useampi lamellisia kerrostaloja.



alempi kerros

5.3.3 Variaatio G

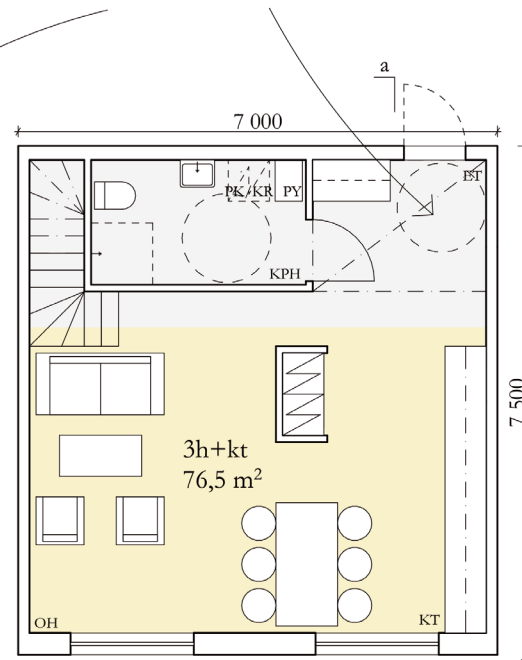
Korkea tila on puhkaistu sisääntulon yhteyteen eteistilaan. Ylemmän kerroksen aulatila aukeaa eteistilaan. Sisääntulon tilakokemusta voitaisiin vielä syventää ja monipuolistaa tilaan sijoitettavalla taiteella tai valaistuksella, jotka toisivat lisäarvoa moduulin hämärään tilaan.



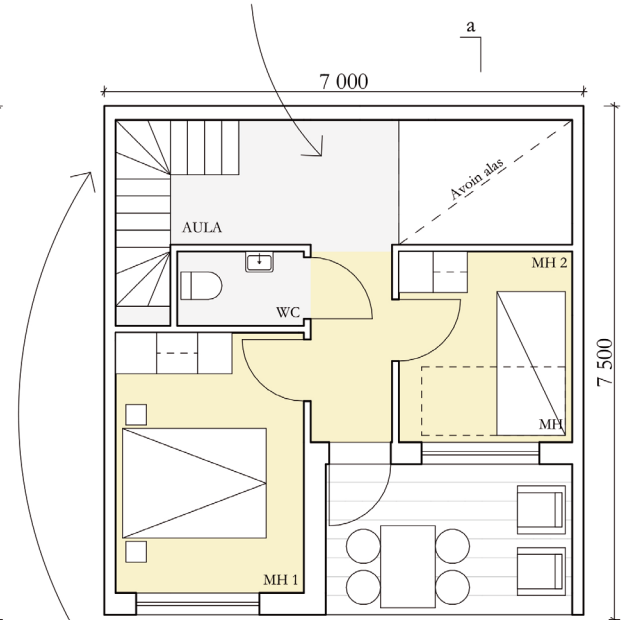
leikkaus a-a

Kerrosten välinen aukko sijaitsee asunnon hämärässä osassa, joka on hyvä keino hyötykäyttää asunnon hämäräksi jääviä tiloja.

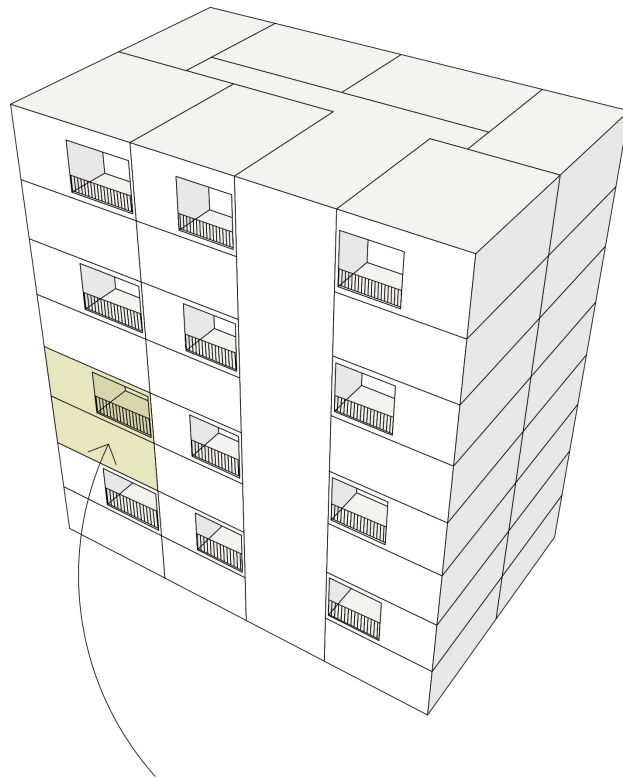
Saapuja luo käsityksen kaksikerroksisesta tilasta, mielenkiinto ylemmän kerroksen saavutettavuudesta saa kulkijan siirtymään tilasarjassa eteenpäin.



Portaat ylempään kerrokseen johdattavat kulkijan juuri siihen paikkaan, jota hän alemmasta kerroksesta mielenkiinnolla tarkasteli. Näkymä alas eteiseen tarjoaa uuden näkökulman ja kokemuksen samaan tilaan. Tämä muutaman neliön kokoinen aukko kerrosten välissä, ja harkitusti suunnatut portaat, luovat merkittävän arkkitehtonisen tilakokemuksen.

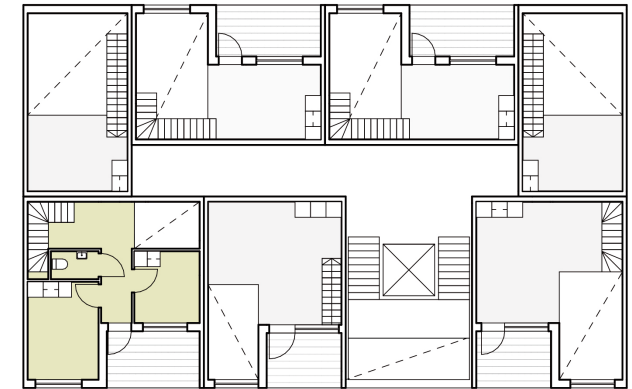


Kerrosten välisellä aukotuksella voidaan tuoda epäsuorasti luonnonvaloa hämärään tilaan, aukottamalla portaikkoon sijoittuvaa ulkoseinää, mikäli asunto on mahdollista aukottaa kahdelta sivulta.

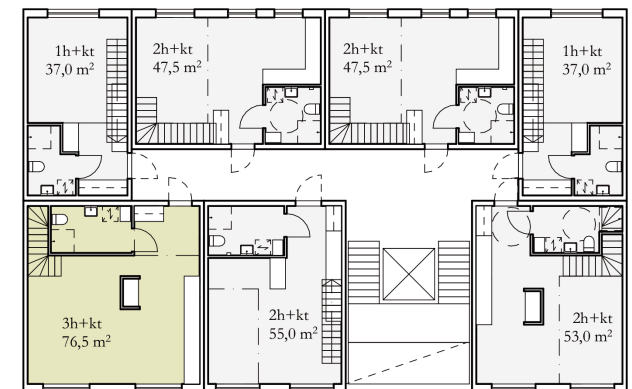


Sijoittuminen kerrostalossa. Kerrospohja on toistettavissa kaikissa kerroksissa, mikä lisää moduulirakentamisen taloudellista kannattavuutta.

Asunnon sijoittaminen nurkkaan mahdollistaa julkisivun aukottamisen kahteen eri ilmansuuntaan. Ratkaisu pois sulkeen mahdollisuuden toteuttaa yli kaksi lamellisen kerrostalon.



ylempi kerros

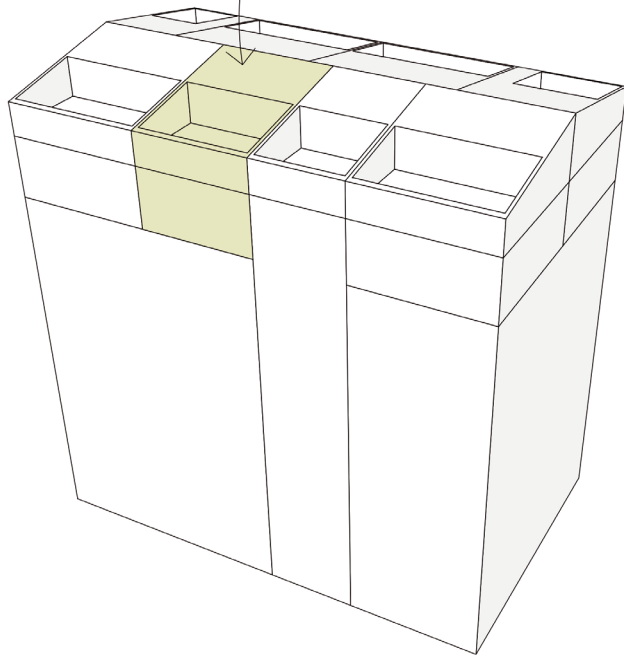


alempi kerros

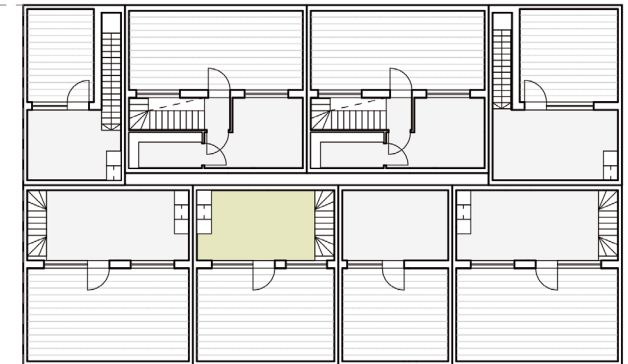
5.3.4 Variaatio H



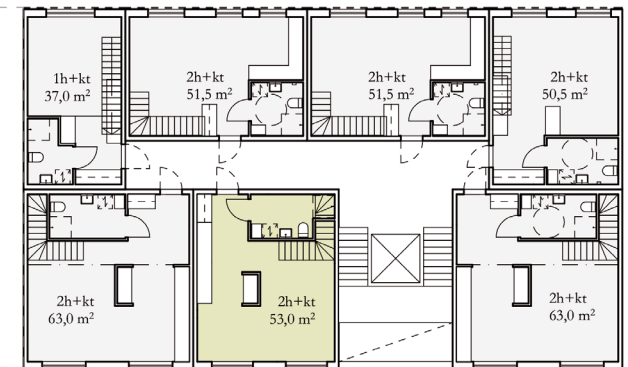
Variaatiossa on tutkittu kahden kerroksen asuntoa, joka sijoittuu kerrostalon ylimpiin kerroksiin. Variaatio on hyödynnettävissä niin uudisrakennuksessa kuin lisäkerrosrakentamisessa.



Kerropohja mahdollistaa useamman lamellin rakennuksen. Pistetalona voitaisiin aukotusta lisätä kahdelle lyhyelle sivulle.



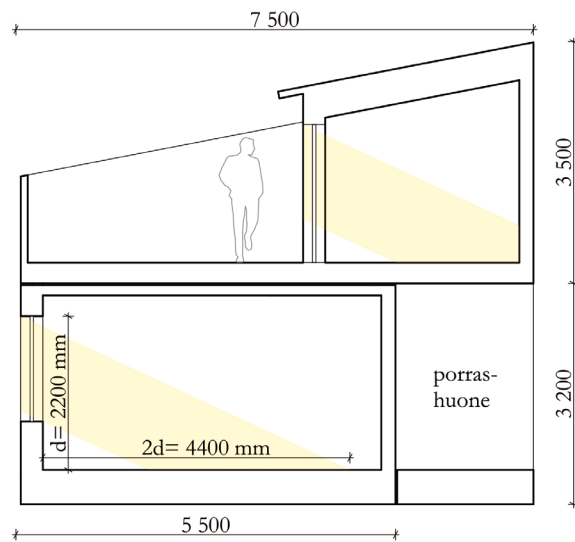
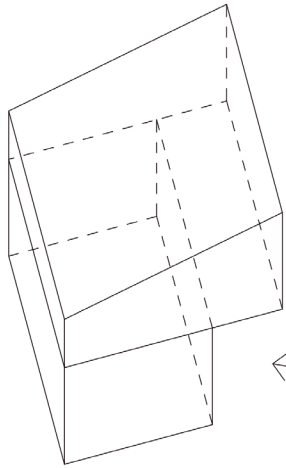
ylempi kerros



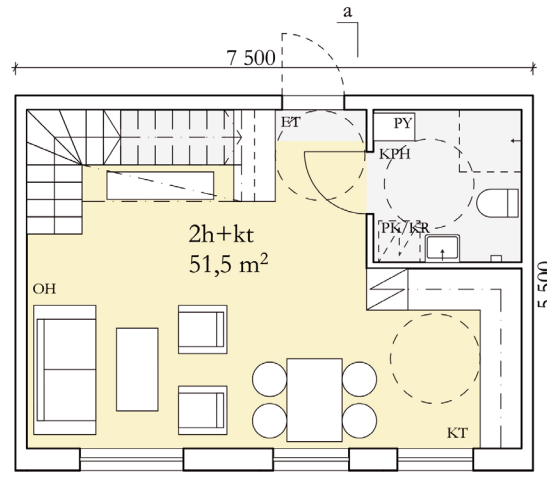
alempi kerros

5.3.5 Variaatio I

Variaatiossa on tutkittu kahden eri kokoisin ja muotoisen moduulin yhdistelmää, jossa ylempi moduuli sijoittuu osittain porrashuoneen päälle.

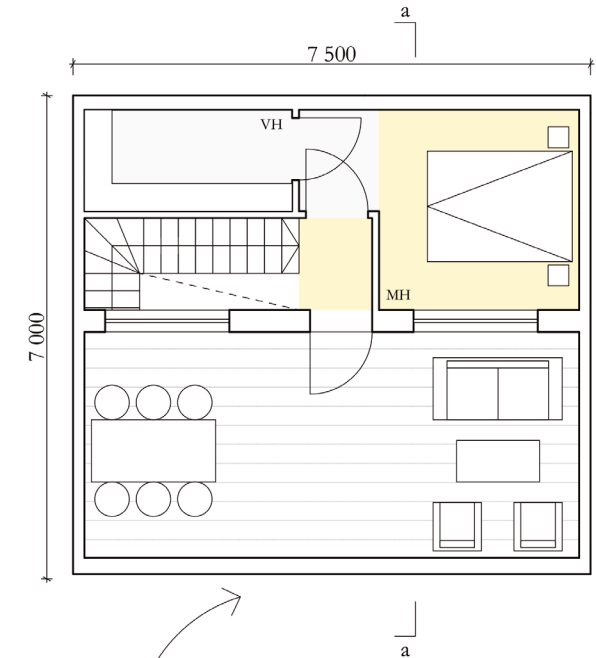


leikkaus a-a



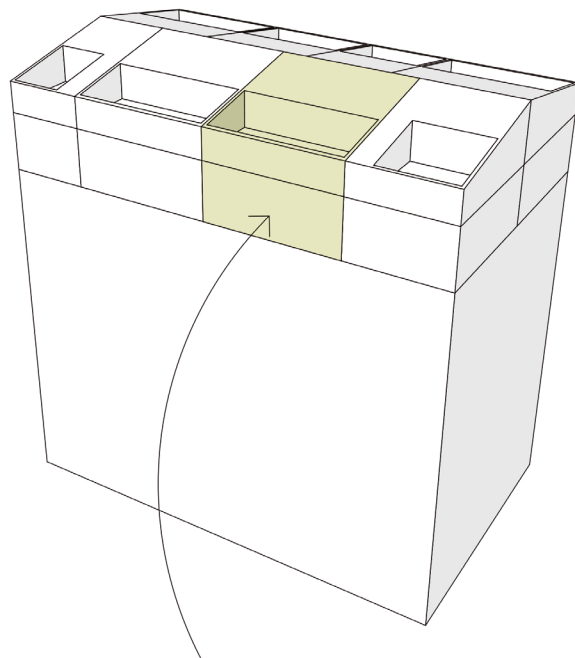
a

Leikkauspiirustuksessa moduuliyhdistelmä vaikuttaa tilallisesti hyvin mielenkiintoiselta, mutta todellisuudessa kokemus ei välittyisi välttämättä yhtä voimakkaasti tilan kokijalle.

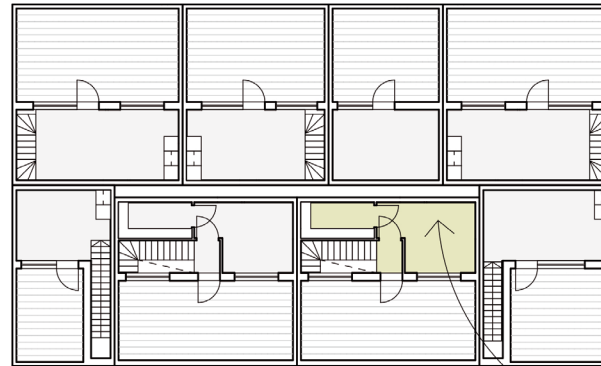


a

Ratkaisu mahdollistaa valitulla moduuligeometrialla laajan kattoterassin, mutta ei lisää merkittävästi asuinpinta-alaa. Molempien moduulien ollessa suorakulmaisia särmiötä, pinta-ala lisääntyisi huomattavasti enemmän.

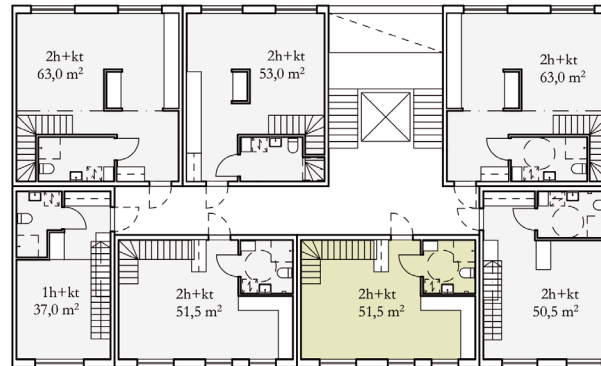


Mahdollinen sijainti kerrostalon ylimmässä kerroksessa.



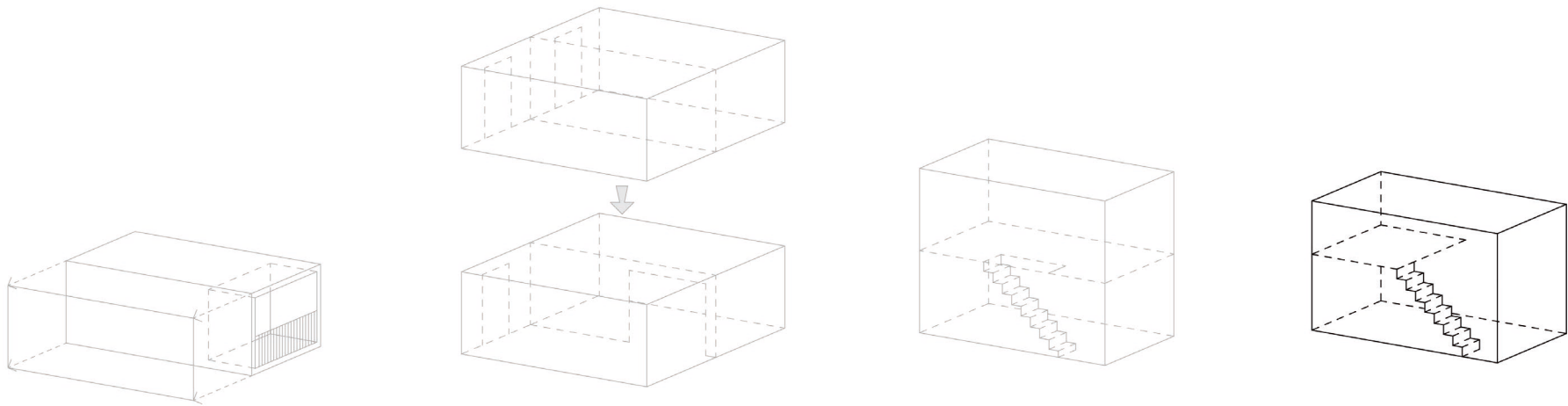
ylempi kerros

Porrashuoneen yläpuolella oleva tila on käytetty tehokkaasti asuntoihin. Vaihtoehtoisesti porrashuoneen yläpuolelle jäävän tilan voisi hyödyntää IV-konehuoneena, jos rakennuksessa on keskitetty ilmanvaihto.



alempi kerros

5.4 Parviasunnot

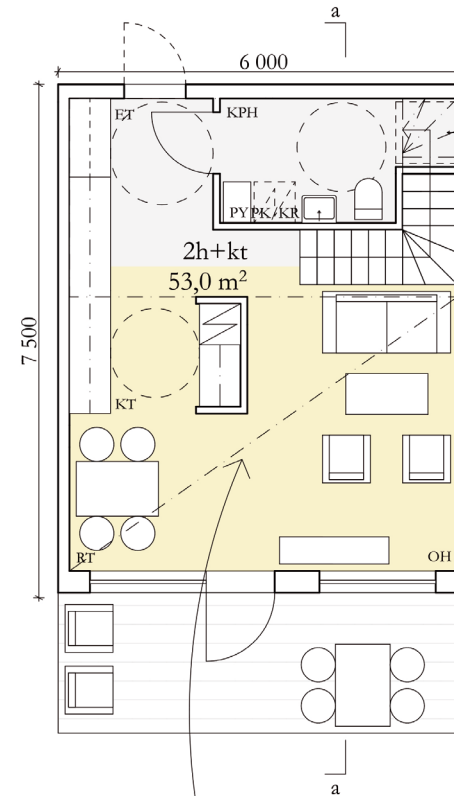
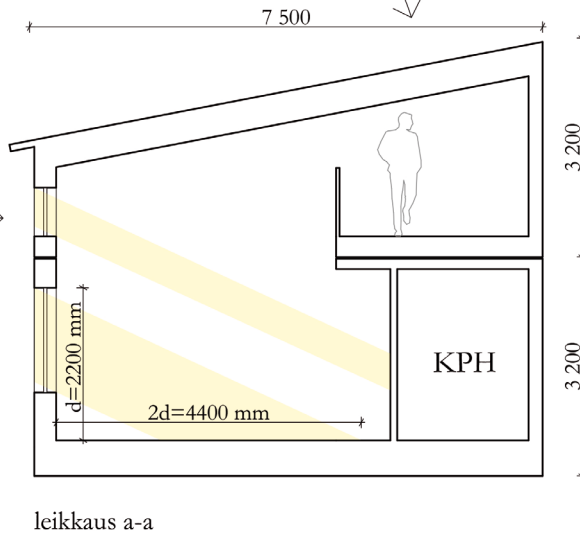


5.4.1 Variaatio J

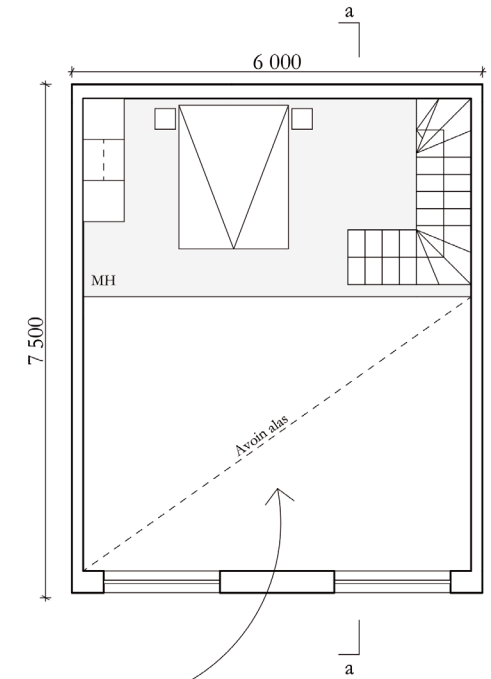
Moduuliyhdistelmässä on tutkittu asuntovariaatiota, joka muodostuu suorakulmaisesta särmiöstä ja suorakulmaisesta puolisuunnikkaasta. Kattoterassin sijaan, ylemmän moduulin dynaaminen muoto on hyödynnetty sisätilan arkkitehtuurin muodostamisessa.

Ylemmässä kerroksessa sijaitsevan makuutilan valoisuutta sekä tilallisuutta voisi lisätä ylävalolla kattoikkunoiden kautta.

Ylemmän moduulin aukottaminen kapeilla yläikkunoilla lisää tilan valoisuutta. Parveltakin voi juuri ja juuri saada näkymiä ulos.

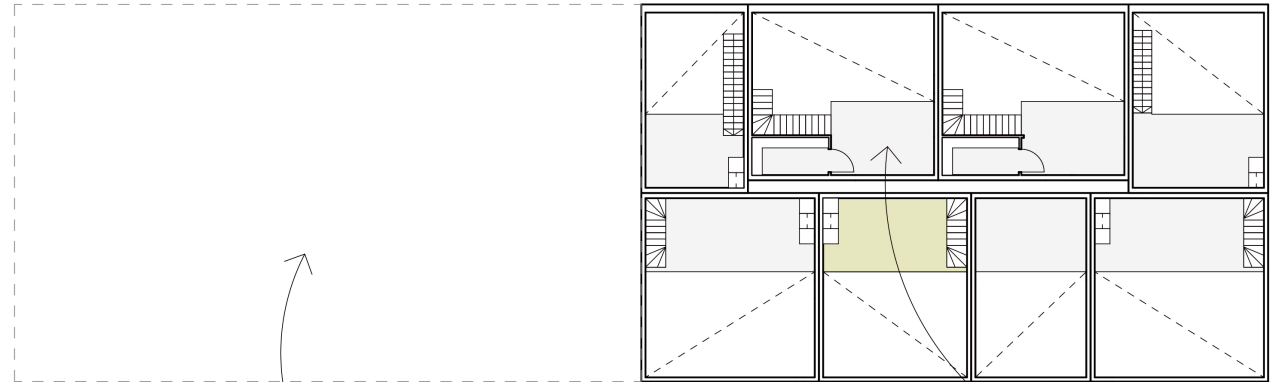
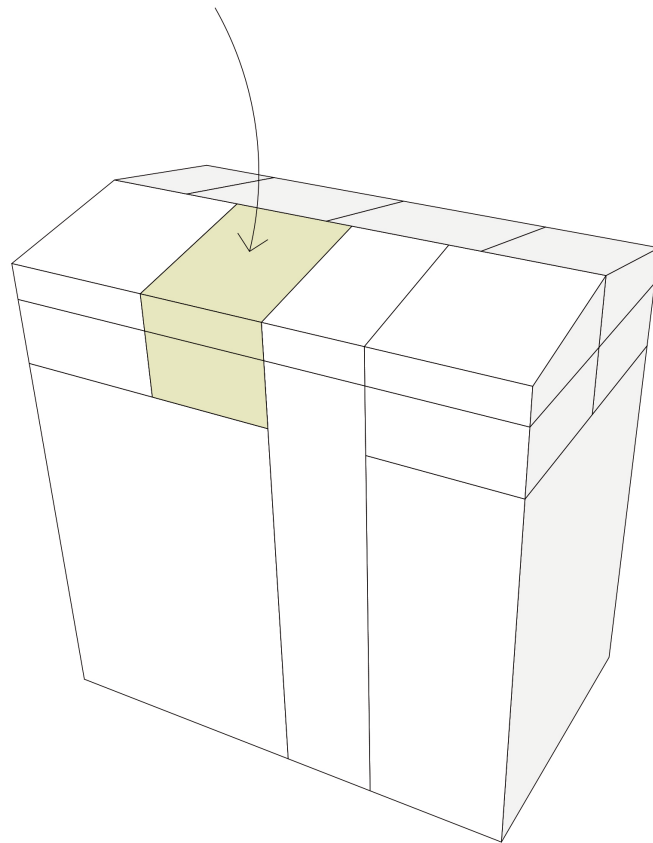


Tilaraja avautuu näyttävästi matalasta tilasta korkeaan tilaan, johon sijoittuvat oleskelutilat.



Kattoterassin sijasta variaatiossa on tutkittu geometristen muotojen tuottamaa tilallisuutta parviasunnossa. Kalteva katto ja parvi, joka avautuu korkeaan tilaan, luo arkkitehtonisesti monipuolisen ja vaikuttavan tilan.

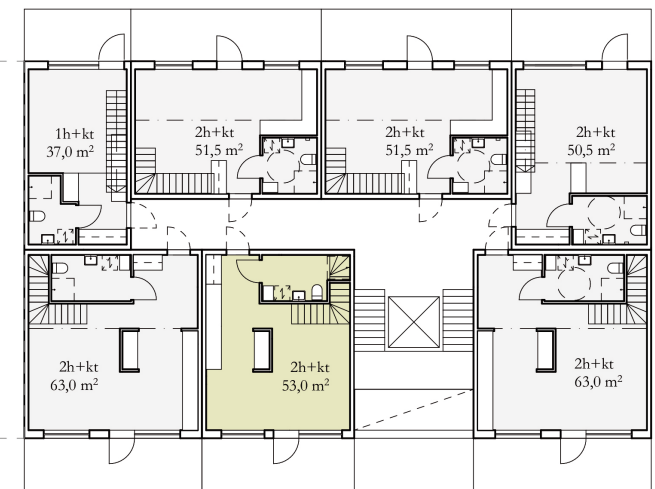
Esimerkkisijainti kerrostalossa.
Variaatio on hyödynnettävissä niin
uudis- kuin lisäkerrosrakentamisessa,
rakennuksen ylimmissä kerroksissa.



parvikerros

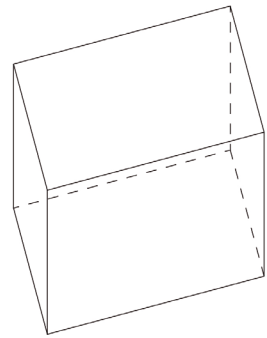
Porrahuoneen yläpuolinen tila
on käytetty tehokkaasti.

Kerros pohja mahdollistaa kaksi tai
useampi lamellisen kerrostalon
muodostamisen.



alempi kerros

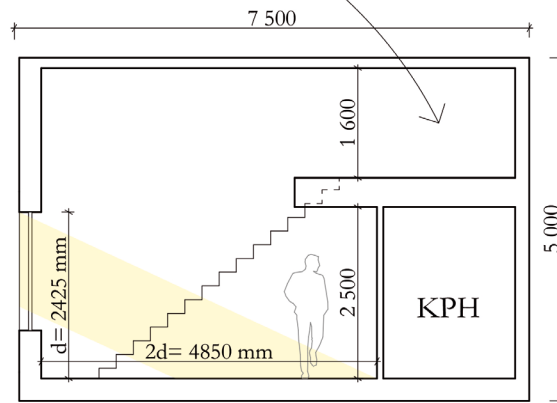
5.4.2 Variaatio K



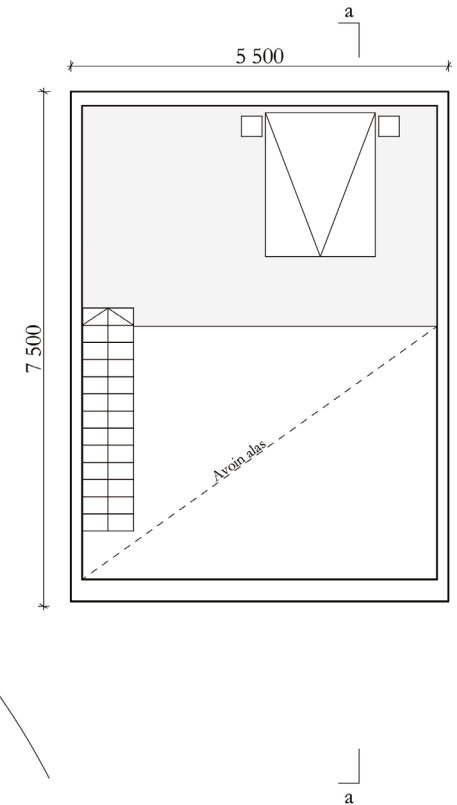
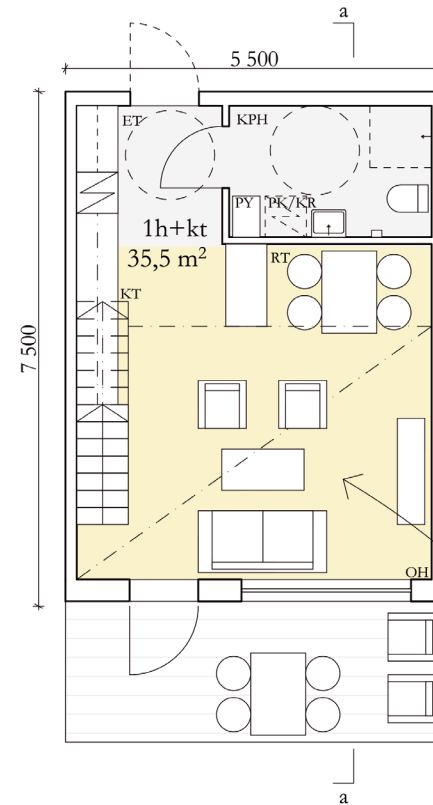
Asunto on suunniteltu yhteen moduuliin, joka on tavanomaista 3200 mm korkeampi.

Asunnon korkeampi huonekorkeus mahdollistaa matalan parvitiilan. Parvitiila on 1600 mm korkea, joten sitä ei lasketa asunnon pinta-alaan.

Parvitiila luo asuntoon sekä matalaa että korkeatila, joka lisää tilallista vaihtelevuutta ja aineetonta tilajakoa. Aukotuksen lisääminen koko julkisivupinnan korkeudelle, toisi lisävaloa, näkymiä ja avaruutta asuntoon.

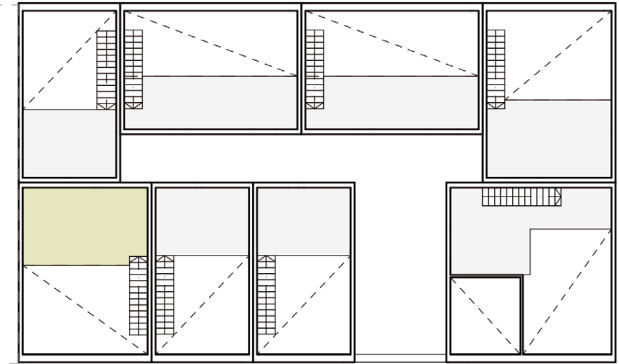
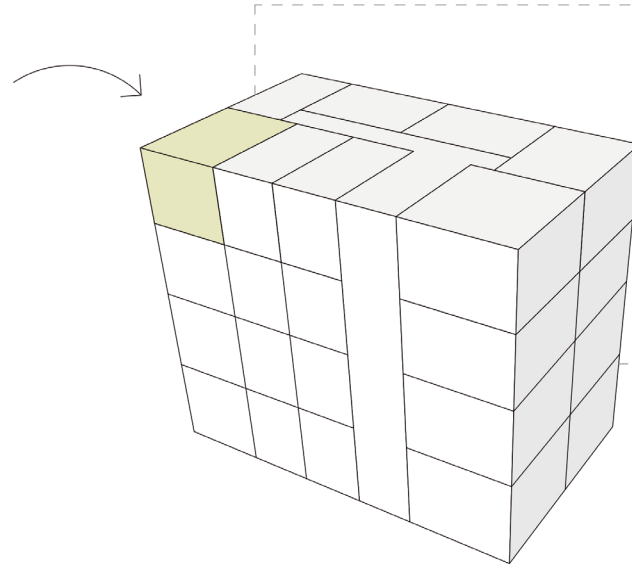


leikkaus a-a



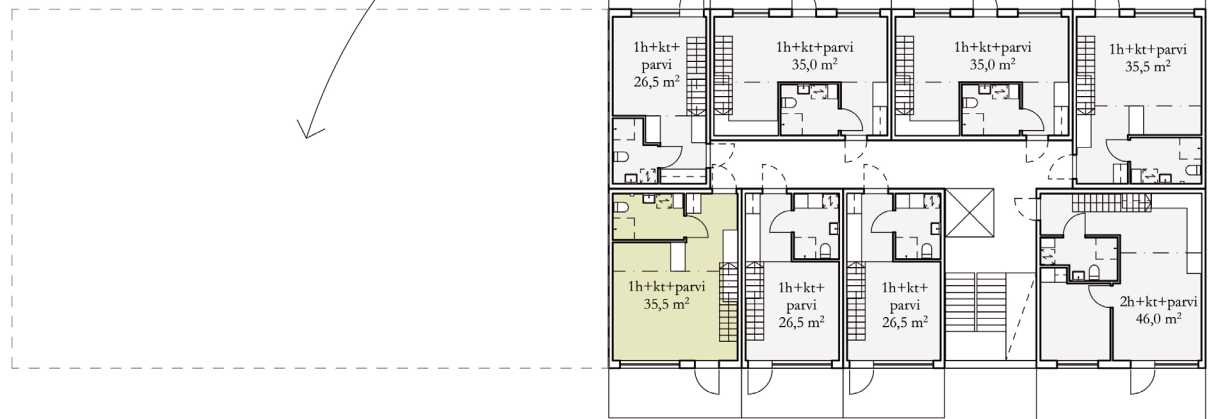
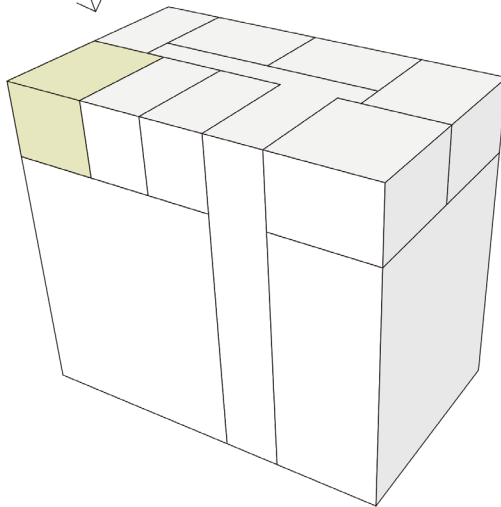
Makuutilan sijoittaminen matalaan parvitiilaan mahdollista suositusten mukaisen olohuonetilan, mikä ei yleensä toteudu yksiöissä.

Asuntotyyppiä voidaan käyttää kerrostalon ylimmässä kerroksessa uudiskohteissa ja lisäkerrosrakentamisessa. Korkeampi kerroskorkeus koko rakennuksessa mahdollistaisi parvitalallisten asuntojen käyttämisen kaikissa kerroksissa.



parvikerros

Kerrospohja mahdollistaa pistetalon lisäksi useampijakoisen lamellin.



alempi kerros

6 Johtopäätökset

Lukuun on kerätty johtopäätöksiä, huomioita ja kehitysideita, jotka ovat nousseet esiin työn aikana. Sanallista ilmaisua on selvennetty visuaalisilla kaavioilla.

Vaihtoehtoinen moduulikoko

Moduulin leveysmitalla on merkittävä vaikutus asuntojen tilasuunnitteluun, erityisesti toimintojen sijoitteluun. Vakiintuneesta 4,2 metriä leveästä moduulikoosta leveämpi moduuli mahdollistaa joustavamman asuintilasuunnittelun. Huomattava etu leveämmässä moduulikoossa on avaran, esteettömän tilan muodostamisen mahdollisuus. Yhtenäinen, avoin tila mahdollistaa avaran tilakokemuksen muodostamisen, jossa eri toimintatilat ovat esteettömästi dialogissa toistensa kanssa. Tarvittaessa avointa tilaa voidaan rajata kevyillä väliseinillä ja näin vaikuttaa tilojen väliseen suhteeseen. Leveämpi moduulikoko tarjoaa suunnittelijalle vapaamman tilasuunnittelun ja arkkitehtonisesti monipuolisemmat ratkaisut, kun kantavat seinät eivät ohjaa tilojen sijoittelua ja mitoitusta.

Rakennetyypit ja pystymitoitus

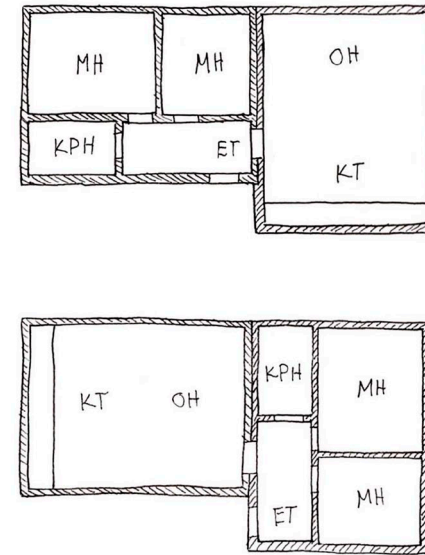
Rankarunkoisissa tilaelementeissä käytettäviä rakennetyyppejä tulisi kehittää, jotta jänneväliltään suuremmat moduulit olisivat toteutuskelpoisia. Kehitystarve koskee pääosin välipohjan rakennetyyppejä, joka määrittää osaltaan moduulissa käytettävää leveysmittaa. Jännevälimittan kasvattaminen kasvattaa rakennetyypin dimensiota ja edelleen vaikuttaa kerros- ja huonekorkeuden muodostumiseen. Huonekorkeudella on merkittävä vaikutus tilakokemukseen: jo 100 mm:n ero huonekorkeudessa vaikuttaa muodostuvaan tunnelmaan. Opinnäytetyössä esitetyt uudet rankarunkoisien tilaelementin rakennetyypit ovat arkkitehtiluonnoksia, joita voisi kehittää lisätutkimuksella ja -tiedolla. Mahdollisesti voisi löytyä ratkaisu, jossa välipohjatyypin korkeus ei nouse kohtuuttomasti.

Muuntojoustavuus

Yksi esiin nousseista hyödyistä leveämmällä moduulikoolla oli asuntojen muuntojoustavuuden parantuminen, kun kantavia seinä on vähemmän. Muuntojoustavuus on parempi sekä yksittäisen moduulin sisällä että moduulien yhdistämisessä. Moduulien sisällä olevat ei-kantavat seinät ovat vapaasti muunneltavissa. Muutoksessa vaikuttavat vesi- ja viemäripisteiden sijainnit, jotka määrittävät kylpyhuoneen ja keittiön

paikat. Niiden sijaintia on hyvä harkita uudisrakennusta suunniteltaessa muuntojoustavuutta silmällä pitäen.

Kahden asunnon yhdistäminen yhdeksi isommaksi asunnoksi osoittautui hyvin mutkattomaksi, tavanomaista leveämmällä moduulikoolla. Optimaalisen moduulikoon löytäminen mahdollisti sekä itsenäisesti toimivan asunnon että erilaiset tilayhdistelmät, kuten keittiö-ruokailutila-olohuone tai olohuone-makuuhuone. Niitä oli hyvin helppo yhdistellä keskenään ja muodostaa muuntojoustavia moduuliyhdistelmiä. Saman mittaisiin moduuleihin suunniteltuja tilakokonaisuuksia voi kääntää päittäin, riippuen rakennuksen ilmansuunnasta ja tilojen valontarpeista. Myös moduulin ja moduuliyhdistelmän peilaus tuottaa loputtomasti erilaisia variaatiota.



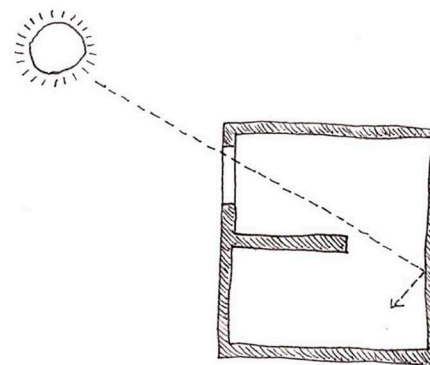
Kuva 30: Samankokoisten moduulien paikkaa voidaan vaihtaa päittäin, riippuen aukotusmahdollisuuksista ja ilmansuunnista.

Valoisuus

Runkosyvyydeltään 7500 mm:n moduuli tuotti osittain hämäriä asuntoja. Bakerin ja Steemersin valoisuuden periaatteesta sovellettu teoria, jossa valoisian tilan lisäksi sijoitettiin kylpyhuone, muodosti osaan asuntotyypppeihin laajoja hämäriä alueita. Yksiöiden kohdalla sovellettu teoria osoittautui toimivaksi, kun asunnon hämärään osaan sijoittui luontevasti kylpyhuone vaakasuunnassa. Suurimpia haasteita syntyi

kaksioissa, joissa lyhyt julkisivupinta pakotti sijoittamaan joko keittiön, ruokailutilan tai olohuoneen syvälle moduuliin, jolloin tila sijoittui hämärälle alueelle.

Kaksiota suuremmat asunnot pyritään usein avaamaan useampaan kuin yhteen suuntaan, jolloin luonnonvaloa saadaan useammasta suunnasta. Tämä ei kuitenkaan täysin poista syvän runkosyvyvyyden tuottamaa luonnonvalonpuutteen haastetta. Esimerkiksi L7000 x S7500 mm:n kokoisessa moduulissa yksi nurkka jäi väistämättä pimeäksi, vaikka moduuli olisikin aukotettu kahdelta vierekkäiseltä sivulta. 5500 mm:n runkosyvyvyydellä lähes koko tila oli valoinen. Tällöin tilaan sijoitettu toissijainen asuintila, kuten kylpyhuone, ”syö turhaan” valoisaa tilaa. Luonnonvalon voisi hyödyntää aukottamalla asunnon sisäseiniä, jolloin luonnonvalo saataisiin ohjattua seinillä rajattuun tilaan. Asuntosuunnittelussa tavoitellaan lähtökohtaisesti valoisia tiloja, mutta hämärän ja valoisian tilan dialogia voidaan käyttää myös arkkitehtonisena tehokeinona. Kahteen tasoon sijoittuvissa asunnoissa voidaan hämääriin tiloihin tuoda epäsuoraa valoa ylemmän kerroksen kautta aukottamalla välipohjaa. Tällöin valo ja varjo toisivat tilaan uuden arkkitehtonisen elementin tilan mittakaavavaihtelun lisäksi.



Kuva 31: Kerrosten väliin pubkaistulla aukolla voidaan ohjata luonnonvaloa asunnon hämääriin osiin. Seinän pintamateriaalilla voidaan vaikuttaa valon heijastuvuuteen.

Kahteen tasoon sijoittuvat asunnot

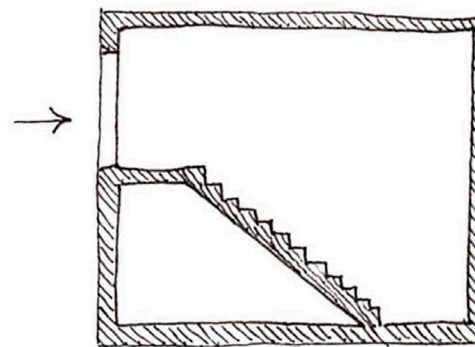
Asunnon sijoittaminen kahteen tasoon luo tilallisuuteen uuden ulottuvuuden. Moduulirakenteella toteutettuihin asuintiloihin voidaan muodostaa arkkitehtonista lisäarvoa ja tilallisuutta kohtuullisen pieninkin arkkitehtonisin elementein. Asunnon sijoittaminen kahteen tasoon luo erinomaisen lähtökohdan käyttää arkkitehtonisia elementtejä merkittävän tilakokemuksen synnyttämisessä.

Moduulien yhdistäminen voidaan toteuttaa joko vaaka- tai pystysuunnassa, mikä luo arkkitehtonisesti erilaisia tilakokemuksia. Moduulien yhdistäminen pystysuunnassa, eli luomalla kaksitasoisia asuntoja, luo esteettisesti ja tilallisesti mielenkiintoisempia asuntoja. Eri kerrosten välinen asunnon sisäinen portaikko vie neliöitä, mutta kaksitasoisuuden tuomat mahdollisuudet ja lisäarvo arkkitehtuurissa ovat muutaman ”hukkaneliön” arvoisia. Kahteen tasoon sijoittuvassa asunnossa voidaan hyödyntää enemmän erilaisia arkkitehtonisia tehokeinoja kuin yksitasoisessa asunnossa. Välipohjaa aukottamalla voidaan luoda asuntoon korkeita tiloja ja siten mittakaavallista vaihtelua ja näyttäviä tilasarjoja. Sijoittamalla tiloja korkeaan ja matalaan tilaan voidaan tiloja arvottaa hienovaraisesti ja näin luoda asuntoon tilahierarkiaa. Tilasarjalla voidaan ohjata kulkijaa ja syntyvää kokemusta.

Kahteen tasoon sijoittuvissa asunnoissa voidaan porrasteema nostaa näyttävään rooliin. Avoimeen, korkeaan tilaan vapaasti sijoitetun portaatan voi hyödyntää arkkitehtonisena elementtinä, joka tuo tilaan lisäarvoa. Avoimessa tilassa kulkevat portaatat mahdollistavat tilan kokemisen eri korkeuksilta ja tarjoaa erilaisia näkökulmia ja tilakokemuksia. Portaatan käännoillä ja suuntauksilla voi ohjata kulkijan tarkastelukulmaa.

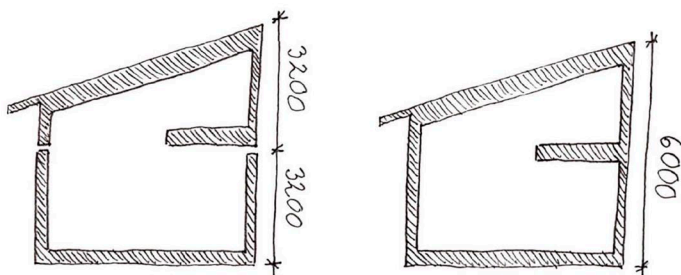
Parhaimmillaan arkinen porras tarjoaa arkkitehtonisen matkan pienemmän asunnon sisällä.

Variaatiossa kahden kerroksen asunnoissa sisäänkäynti asuntoon tapahtui aina ensimmäisestä kerroksesta. Seuraava mielenkiintoinen tutkimuskohde olisi asuntovariaatio, jossa sisäänkäynti tapahtuisi toisesta kerroksesta ja alempaan asuinkerrokseen laskeuduttaisiin portaita. Asunnon aukeaminen alaspäin voisi muodostaa hyvin yllätyksellisen ja odottamattoman tilakokemuksen.



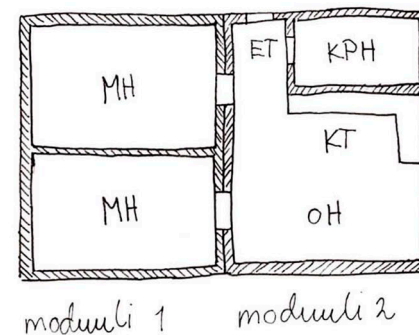
Kuva 32: Sisäänkäynnin toteuttaminen kaksikerroksisen asunnon ylemmästä moduulista, voisi luoda erilaista ja yllättävää arkkitehtuuria.

Variaatiossa kahteen tasoon sijoittuvat asunnot oli toteutettu kahdella moduulilla, lukuun ottamatta toista parviasuntoa. Jatkotutkimuksena olisi mielenkiintoista tutkia, voisiko kahteen tasoon sijoittuvan asunnon toteuttaa yhdellä moduulilla, jonka korkeus olisi enintään 6000 mm. Kaksitasoinen asunnon toteuttaminen yhdellä moduulilla voisi mahdollistaa kerrosten välisen välipohjan madaltamisen kohtuullisemman korkuiseksi. Rakennetyypin korkeudesta voitaisiin saada ainakin 150 mm pois, kun ei ole tarvetta tilaelementin ”katolle”.

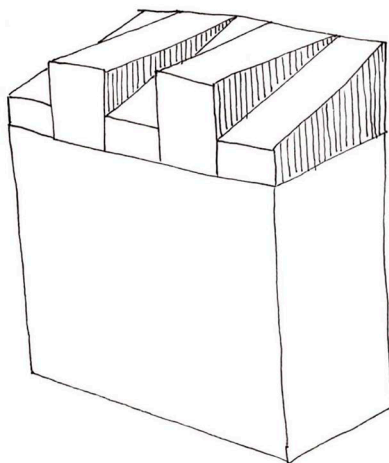


Kuva 33: Jatkotutkimuksena voisi tutkia, voiko kaksitasoisen asunnon toteuttaa yhdellä moduulilla, jonka korkeus on 6000 mm, kahden moduulin sijasta. Suorakulmaisesta särmöstä poikkeava moduulimuoto luo dynaamisuutta tilaan.

Moduulien yhdistäminen vaakatasossa eli yksitasoinen asunto, on tehokas ja mahdollistaa hyvän saavutettavuuden. Yksitasoisessa asunnossa on kuitenkin vaikea saavuttaa yhtä voimakkaita tilakokemuksia ja näyttävää arkkitehtuuria kuin kaksitasoisessa asunnossa. Vakiintunutta moduulileveyttä leveämpi moduulikoko mahdollistaa hyvinkin avonaisten tilojen toteuttamisen. Tällöin ei välttämättä synny tarvetta aukottaa voimakkaasti kahden vaakasuunnassa yhdistetyn moduulin välistä kantavaa väliseinää, jonka aukottamisessa on rajoitteita moduulin ja koko rakennuksen jäykistämisestä johtuen.



Kuva 34: Riittävän leveä moduuli mahdollistaa avonaisen tilaratkaisun oleskelutiloihin, eikä synny tarvetta aukottaa moduulien välistä kantavaa seinää.



Kuva 35: Rakennuksen ylin kerros tarjoaa mahdollisuuden monimuotoiselle ja näyttävälle massoittelemalle. Moduulien geometrisen monimuotoisuuden lisääminen lisää massoittelemaltaan mielenkiintoisen arkkitehtuurin syntymistä myös tilaelementtitekniikalla.

Rakennuksen ylimmät kerrokset

Asuinkerrostalon ylimmät kerrokset tarjoavat erinomaiset mahdollisuudet toteuttaa arkkitehtonisesti monimuotoisia tiloja ja massoittelemia. Ylimmässä moduulivarvissa voidaan käyttää suorakulmaisesta

särmiöstä poikkeavia geometrisia muotoja ja niitä voidaan aukottaa ja loveta kylvien lisäksi myös yläpuolelta, esimerkiksi erilaisilla kattoterasivaihtoehtoilla. Lisäksi ne tuottivat tilallista lisäarvoa asuntojen sisä-arkkitehtuuriin. Geometristen muotojen valikoiman laajentaminen mahdollistaisi monipuolisemman arkkitehtuurin rakennuksen sisä- ja ulkopuolella.

Lisäkerrosrakentaminen

Lisäkerrosrakentamisessa kiinnostavalla massoittelemalla voidaan tuoda lisäarvoa olemassa olevalle rakennukselle. Rakennusta korottaessa, yksi puurakenteinen lisäkerros olemassa olevan rakennuksen päälle ei vaadi sprinklausta, toisin kuin kaksi puista lisäkerrosta. Käyttämällä yhdessä lisäkerroksessa parviratkaisua, jossa on alle 1600 mm korkea parvitiila, voidaan asuntoihin luoda pystysuunnassa lisätilaa, ilman että rakennus siirtyy paloluokkaan P2, jolloin sprinklerijärjestelmä on pakollinen. Tilastokeskuksen mukaan kerroslukuun lasketaan maanpinnan päällä olevat kerrokset, joihin sijoittuu asuin- tai työhuoneita tai asunnon käyttötarkoituksen mukaisia tiloja⁸¹. Alle 1600 mm korkea tila ei täytä asuinhuoneen määritelmää, joten sitä ei tulkintani mukaan voida lukea

⁸¹ Tilastokeskus: Käsitteet- kerrosluku. (www.stat.fi)

asunnon käyttötarkoituksen mukaiseksi tilaksi, eikä sitä siten lueta mukaan asunnon kerroslukuun.

Yhteenveto

Opinnäytetyö on osoittanut, että teollisesti valmistetuilla rankarunkoisilla tilaelementeillä voidaan toteuttaa arkkitehtonisesti monipuolisia ja mielenkiintoisia tiloja. Teollinen esivalmistus asettaa tiettyjä rajoitteita tila- ja arkkitehtisuunnitteluun, mutta ei estä korkealaatuisen arkkitehtuurin luomista. Jo muutaman neliömetrin kokoisella aukolla kerrosten välissä voidaan muodostaa arkkitehtonisesti näyttävä tila, joten hyvin pienikokoisiinkin asuntoihin voidaan tuoda vaikuttavia arkkitehtonisia elementtejä.

Vakiintuneesta moduulikoosta leveämpi moduuli mahdollisti vaivattoman tilasuunnittelun ja hyvän muuntojoustavuuden, joka tarjoaa suunnittelijalle puitteet luoda laadukasta suunnittelua. Leveämmän moduulikoon ja kaksitasoisten asuntojen käyttöä tulisi lisätä, jotta asuntojen arkkitehtoninen monimuotoisuus ja laatu lisääntyisivät. Suorakulmaisesta särmiöstä poikkeavat moduulimuodot loivat tilallisesti näyttävää ja massoitteeltaan monimuotoista arkkitehtuuria. Korkealaatuisen ja monimuotoisen tilaelementtiarkkitehtuurin lisäämiseksi tulisi moduulien geometrisiä vaihtoehtoja tutkia ja kehittää. Opinnäytetyön tulokset

ovat sovellettavissa moduulirakentamiseen yleisesti, ottaen huomioon runkorakenteen rajoitteet.

7 Lähteet

Painetut lähteet:

Baker Nick. Steemers, Koen. 2002. Daylight design of buildings. Lontoo. James & James.

Kaila, Anna-Mikaela. 2016. Moduuli 225-Modernin arkkitehtuurin helmi. Helsinki. Aalto-yliopiston julkaisusarja: TAIDE+MUOTOILU+ARKKITEHTUURI 4/2016

Kotilainen, Sini. 2013. Moduulirakentaminen- Ratkaisumalleja tulevaisuuden asuntorakentamisen haasteisiin. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Asuntosuunnittelu. Julkaisu; Nro 7.

Kotilainen, Sini. Hedman Markku. 2015. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä. Kokkolan Nukkumatin tontin suunnitelma. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Asuntosuunnittelu. Julkaisu; Nro 17.

Leiviskä, Matti. 2009. Parakeista passiivitaloihin- Suomen puuteollisuuden historia. Ylivieska. Puuteollisuus ry.

Paloheimo, Eero (toimittanut). 2000. Metsä ja puu IV- Puinen rakennus. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Räsänen, Jaana (toimittanut). 2010. Arkkitehtuurin ABC 2- Peruskäsitteitä. Helsinki. Suomen Arkkitehtiliitto SAFA ry.

Soikkeli, Anu. Koiso-Kanttila, Jouni. Sorri, Laura. 2014. Korjaa ja Korota- Kerrostalojen korjaamisen ja lisäkerrosten rakentamisen ratkaisuja. Oulu. Oulun yliopisto, arkkitehtuurin tiedekunta. Julkaisu 62A.

Siikanen, Unto. 2016. Puurakentaminen. 2. uudistettu painos. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Tolppanen, Janne. Karjalainen, Markku. Lahtela, Tero. Viljakainen Mikko. 2013. Suomalainen puukerrostalo- Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki. Opetushallitus ja Puuinfo.

Vesikansa, Kristo. Tidwell, Philip. Berger, Laura. New standard- Timber houses LTD. 1940-1955. 2021. Helsinki. GARRET Publications.

Verkkolähteet:

¹ Ympäristö ministeriö: Puurakentamisen ohjelma <https://ym.fi/puurakentaminen> Viitattu 7.2.2022

² Suomi sanakirja: moduuli <https://www.suomisanakirja.fi/moduuli> Viitattu 2.3.2022

⁵ Eskola, Tapani. Arkkitehtuuri käsitteenä. 2005. Espoo Teknillisen korkeakoulun arkkitehtiosaston tutkimuksia: Arkkitehtuurin perusteet ja teoria. 2005/23. <http://lib.tkk.fi/Diss/2005/isbn9512277832/isbn9512277832.pdf> Viitattu 22.4.2022

¹¹ Puuinfo: Ohjeet- RunkoPES 2.0 <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/runkopes-2-0/> Viitattu 12.4.2022

²¹ Mölsä, Seppo: Rakennustyömaat ovat 50 vuodessa muuttuneet sotatanteista siisteiksi ja monikansallisiksi työpaikoiksi. 27.1.2017. Rakennuslehden artikkeli. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/01/rakennustyomaat-ovat-50-vuodessa-muuttuneet-sotatantereista-siisteiksi-ja-monikansallisiksi-tyopaikoiksi/> Viitattu: 22.4.2022

²² Boverket: Bostäder byggda med volymelement. En fallstudie av svenska bostadsprojekt – verklighet och vision. 2005. https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2006/bostader_byggda_med_volymelement.pdf Viitattu: 22.4.2022

²⁸ Puuinfo: Puukerrostalo- Rakennejärjestelmät. <https://puuinfo.fi/rakenteet/yhdistelmarakenteet/puukerrostalon-runkojarjestelmat/> Viitattu 12.4.2022

^{33, 35} Puuinfo: Puun käyttörakentamisessa- Yleisimmät rakennejärjestelmät. <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/> Viitattu 8.2.2022

^{37, 43, 45, 74} Suomen puukerrostalo Oy, Ympäristöministeriö: Modulaarisen tietomallin soveltamisopas tilaelementtisuunnittelun tukemiseksi. <https://www.hankeportaali.fi/assets/files/uploads/223.pdf> Viitattu 10.3.2022

⁴² Lindbäcks Bygg: Arkitektmanual. 2020. <https://lindbacks.se/wp-content/uploads/2022/01/Arkitektmanual-2020.pdf> Viitattu 23.4.2022

⁵² Puuinfo: Puukerrostalo- Rankarakenteet. <https://puuinfo.fi/rakenteet/yhdistelmarakenteet/puukerrostalon-runkojarjestelmat/> Viitattu 23.4.2022

⁵³ Mölsä, Seppo. Asuntoja haluttaisiin tehdä konseptoidusti ja edullisesti kuin autoja. 11.4.2017. Rakennuslehden artikkeli. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/04/asuntoja-haluttaisiin-tehda-konseptoidusti-ja-edullisesti-kuin-autoja/> Viitattu 22.4.2022

⁵⁴ Mölsä, Seppo. Analyysi: Puurakentaminen on liian kallista, siksi sen edistämässä siirryttiin pakkoon. 25.3.2021. Rakennuslehden artikkeli. <https://www.rakennuslehti.fi/2021/03/analyysi-puurakentamista-on-edistetty-yli-25-vuotta-mutta-vasta-pakko-tuotti-tulosta/> Viitattu 3.5.2022

⁵⁷ Ely-keskus: Erikoiskuljetuksen mittarajat. https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/41073585/vapaat_mittarajat_2020_FIN.pdf/ea47d13b-9adb-441c-8a2c-bb528d3899bc Viitattu 28.2.2022

⁵⁹ Heikkilä, K. Laitinen, K. Suurten erikoiskuljetusten tavoiteverkon uudistaminen. 2013. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121590/lts_2013-22_978-952-255-323-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu 28.2.2022

⁶⁰ Väylävirasto: Siltarajoitukset. <https://vayla.fi/vaylista/aineistot/kartat/painorajoitetut-sillat> Viitattu 10.3.2022

⁶¹ Laitinen, K. Keskisaari, V. Rajava, S. Kulonen, O. Erikoiskuljetukset suunnittelussa. 2019. Helsinki. Suomen kuntaliitto. https://julkaisut.vayla.fi/pdf9/kuntaliitto_erikoiskuljetukset_ebook.pdf s.12 Viitattu 10.3.2022

⁶⁴ Liikennevirasto, Ely-keskus: Erikoiskuljetukset, lupaprosessi. 2017. https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/124960/Eriku_lupaprosessi.pdf/2c1d9127-f901-4b02-ac74-84b8c1a02683 s. 5 Viitattu 10.3.2022

⁶⁶ Puuinfo: Puun käyttö rakentamisessa- Yleisimmät rakennejärjestelmät. <https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/yleisimmat-rakennejarjestelmat/> Viitattu 10.3.2022

⁷⁰ Puuinfo: Ohjeet- RunkoPES 2.0. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/runkopes-2-0/> Viitattu 12.4.2022

^{72, 73, 75, 77, 78} Finnish Wood Reseach: RunkoPES 2.0. Osa 11: Rakennetyyppikirjasto. 2013. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/RunkoPES_2.0_Osa_11_Rakennetyyppikirjasto.pdf Viitattu: 11.3.2022

⁸¹ Tilastokeskus: Käsitteet- kerrosluku. <https://www.stat.fi/meta/kas/kerrosluku.html> Viitattu 14.4.2022

Kuvalähteet:

Kuva 1: Domino-talo Tuusulan asuntomessuilla vuonna 1970. Tuusulan museo.

Kuva 2: Kaija ja Heikki Sirenin suunnittelema As. Oy Tapionsolu vuodelta 1967. Espoon kaupunginmuseo. Asuntosäätiö. Kuvaaja: Bengt Andersson <https://www.finna.fi/Record/ekm.urn:nbn:fi-ek-mhttp%253A%252F%252Fwww.profiun.com%252Fes-poo%252Fkohde%252FKohde-FB24704E-4A25-91A7-59E9-4A687FC19B05> Viitattu 21.4.2022

Kuva 3: Elinvoimaa ja kestävyyttä teollisella puurakentamisella. Hanke-raportti. s.3 Vaasan yliopiston raportteja 25. Vaasan yliopisto. <https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/12693/978-952-476-957-0.pdf?sequence=2&isAllowed=y> Viitattu 22.4.2022

Kuva 8: Ranska, Poissy. Lisäkerrosrakentamista tilaelementeillä. Virtuel architecture. <http://www.virtuel.fr/extension-sur-les-toits-de-33-logements> Viitattu; 25.4.2022

Kuvat 10–22: Finnish Wood Research. 2013. RunkoPES 2.0 Osa 11: Rakennetyyppikirjasto. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/RunkoPES_2.0_Osa_11_Rakennetyyppikirjasto.pdf Viitattu: 11.3.2022

Kuva 23: Finnish Wood Research. 2013. RunkoPES 2.0 Osa 7: Pystymitoitus tilaelementtien yhteydessä. https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2020/07/RunkoPES_2.0_Osa_7_Pystymitoitus_tilaelementtien_yhteydess%C3%A4.pdf Viitattu 12.3.2022

Liite 1: Opinnäytetyön tehtävänanto

Opintojakson suorittaminen:

- Opinnäytetyö- kurssilla laaditaan tieteellinen tutkielma opiskelijan itse valitsemasta aiheesta
- Tutkielma laaditaan yksilötyönä
- opiskelija laatii tutkielmaa varten projektisuunnitelman ja resurssoi ajankäytön
- Osallistuu ohjauksiin ja seminaareihin
- Osatehtävien tekeminen
- opiskelija toimii tutkivana opiskelijana yksi ja ryhmässä, mikä edellyttää aktiivista roolia tiedonhankkimisessa sekä osallistumista lähiopetukseen (min 80%) ja seminaareihin

Kurssin arviointiin vaikuttavat:

- Opinnäytetyön arvosana
- Osatehtävien suorittaminen ja arvosanat
- Osallistuminen ja aktiivisuus ohjaustilanteissa ja opinnäytetyön tekemisessä
- Toiminta aktiivisena, tutkivana opiskelijana ja ryhmän jäsenenä

Tehtävä: Tutkimus rankarunkotilaelementtien erityispiirteiden vaikutuksesta asuntojen arkkitehtisuunnitteluun

Tausta ja tavoitteet:

Tilaelementillä tarkoitetaan rakennusosaa, joka koostetaan tehtaalla alapohjasta, yläpohjasta ja seinistä. Yksi tilaelementti voi sisältää yhden asunnon tai asunto voidaan koostaa useammasta tilaelementistä. Teollisella tilaelementtirakentamisella haetaan puurakentamiseen tehokkuutta, kustannushyötyä ja laatua. Rakennuskonseptissa on kuitenkin erityispiirteitä, jotka vaikuttavat arkkitehtisuunnitteluun. Erityispiirteet muodostuvat rakennusteknisistä seikoista, elementtien kuljetuksesta määrittämistä mitoista ja kustannusten muodostumisesta. Tilaelementtirakentamisen valinta rakennustavaksi vaikuttaa rakennuksen massoitteeluun sekä tila- ja julkisivusuunnitteluun. Tässä tehtävässä on tarkoitus keskittyä tilaelementtitekniikan vaikutukseen asuntojen tilasuunnittelussa.

Teollinen rakentaminen uhkaa rajoittaa rakennusten arkkitehtonista ja tilallista monipuolisuutta. Työn tavoitteena on tutkia, kuinka tilaelementtirakentamisella voitaisiin tuottaa monipuolisia, tilallisesti esteettisiä ja toimivia asuntoja sekä korkealaatuista arkkitehtuuria.

Tehtävä:

Liite 1: Opinnäytetyön tehtävänanto

Työn tehtävänä on kartoittaa rankarunkotilaelementtirakentamisen erityispiirteet, tekniset raja-arvot, jotka vaikuttavat tilojen arkkitehtisuunnitteluun. Tavoitteena on kartoittaa tämänhetkiset mahdollisuudet ja tutkia, voisiko tilaelementeillä toteuttaa arkkitehtonisesti monimuotoisempia, esteettisesti korkealaatuisempia ja toimivia tiloja. Työssä muodostetaan erilaisia variaatioita yleisimmistä asuntotyypeistä kerrostalossa (1H+kt, 2H+kt), jotka toteutetaan tilaelementtitekniikalla. Tarkoituksena on etsiä uudenlaisia ja innovatiivisia ratkaisumahdollisuuksia, lähtökohdaksi tilaelementtirakentamisen kehitystyölle.

Työ toteutetaan konstruktivisena tutkimuksena, jossa teoriapohja, analysointi ja johtopäätökset esitellään sanallisessa ja visuaalisessa muodossa. Aloita työ laatimalla työlle teoriapohja, jossa perehdyt moduulirakentamisen historiaan ja kehitykseen, puutilaelementtirakentamisen periaateihin ja rakennusjärjestelmän mahdollisuuksiin ja rajoitteisiin. Työn teoriapohja laaditaan alan kirjallisuutta ja julkaisuja, referenssikohteita ja tuotevalmistajien ohjeita hyödyntäen. Teoriapohjan tarkoituksena on ymmärtää tilaelementtirakentamisen tavoitteet ja hyödyt sekä kartoittaa suunnitteluun vaikuttavat erityispiirteet.

Kootun teoriapohjan perusteella, laadi erilaisia asuntovariaatioita, joissa tutkit erilaisia asuntotyyppisiä. Tutki variaatioilla parviasuntoja, kahdessa kerroksessa olevia asuntoja, erilaisia parvekeratkaisuja sekä asuntojen muuntojoustavuutta. Suunnittele asuntovariaatioiden pohjaksi yksinkertainen kerrospohjakaavio kerrostalosta, johon sijoitat asunnon ja osoitat ratkaisun toteutettavuuden ja toimivuuden. Tilojen mitoituksen suunnittelun tulee noudattaa asuinsuunnittelua ohjaavia ohjeita ja määräyksiä (Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä -asetus ja RT- kortiston suosituksia). Variaatioiden suunnittelu on lähtötiedon analyysia. Esitä analyysi visuaalisessa muodossa ja tue viestintää tarpeen mukaan sanallisessa muodossa.

Tutki, vertaile ja arvioi suunniteltuja asuntovariaatioita teoriapohjaan peilaten. Arvio variaatioiden arkkitehtuuria, viihtyvyyttä, toiminnallisuutta ja toteutettavuutta. Kirjaa analyysi, huomiot ja johtopäätökset ylös. Esitä johtopäätökset visuaalisessa ja sanallisessa muodossa.

Opinnäytetyön lopullinen palautusmateriaali:

Tutkielma sisältää tiivistelmän, sisällysluettelon, johdannon, päätekstin, analysoinnin ja johtopäätökset. Lopputuotteena on vaaka tai pysty suuntaan taitettu A4-muotoinen tutkielma. Opinnäytetyön kannessa tulee olla Metropolia Ammattikorkeakoulun virallinen logo. Työn laajuus on 8000–10 000 sanaa. Kirjoittaminen ja lähdeaineistoon viittaaminen toteutetaan tieteellisen kirjoittamisen sääntöjä noudattaen. Tutkimuksellinen opinnäytetyö ei ole referaatti, vaan sen tulee sisältää tekijän omaa ajattelua, analysointikykyä, kykyä tehdä johtopäätöksiä ja kehittää ammattialaa. *Kts. Liite 1: Opinnäytetyöohje*

Väliseminaarit:

Väliseminaari 1:

- o lähteet ja niiden tulokset, konteksti + analyysi

Liite 1: Opinnäytetyön tehtävänanto

Väliseminaari 2:

- argumentointi + johtopäätökset, opponointiharjoitus

Väliseminaarit ovat asiantuntijaesityksiä, joissa opiskelija toimii aihealueen asiantuntijana. Väliseminaariesitys toteutetaan Power Point- muodossa ja esitetään koko ryhmälle. Esityksen pituus tarkentuu lähempänä väliseminaaripäiviä.

Ohjaus:

- Opinnäytetyötä ohjataan pienryhmissä laaditun aikataulun mukaisesti

Lopullinen palautus:

- Opinnäytetyöstä laaditaan dokumentti Metropolian raporttipohjalle tai itse taitetulle pohjalle, a4-formaatissa
- Opinnäytetyö palautetaan sähköisesti OMA: an työtilaan pdf-muodossa. Viimeinen palautuspäivä **4.5.2022 kello 19.00**.

Opinnäytetyö seminaari:

Valmis opinnäytetyö esitellään Power Point-muodossa koko ryhmälle. Loppuseminaari on asiantuntijaesitys, joissa opiskelija toimii aihealueen asiantuntijana. Katso tarkemmat ohjeet *Liite 1: Opinnäytetyöohje*. PP- muotoinen esitys palautetaan OMA:aan. Opinnäytetyö seminaarista laaditaan seminaarimainos, tarkemmat ohjeet OMA:ssa.

Arviointiperusteet:

- Kts. *Liite 2: Arviointikehikko*
- Vain ohjatut työ arvioidaan
- Opinnäytetyöksi laadittu kirjallinen tutkielma arvioidaan lopullisen palautuksen perusteella
- Lopullinen opinnäytetyön arviointi tehdään loppuseminaarin jälkeen. Seminaariesitys ja opponointi ovat osa opinnäytetyötä
- Arvioinnista kirjoitetaan lausunto, joka toimitetaan oppilaitoksen arkistoon ja opiskelijalle
- Hyväksytty opinnäytetyö arvioidaan asteikolla 1...5