



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jaakko Hakomäki

Pientalo harkko- ja betonielementtirakenteisena

Opinnäytetyö

Kevät 2023

Insinööri (AMK), Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri (AMK), Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Jaakko Hakomäki

Työn nimi: Pientalo harkko- ja betonielementtirakenteisena

Ohjaaja: Ilkka Loukola

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 40

Liitteiden lukumäärä: 2

Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla kahden eri kivirunkomateriaalin kustannuksia, työturvallisuutta sekä rakennusaikaisia toimenpiteitä pientalohankkeessa. Työllä ei ollut varsinaista tilaajaa, vaan aihetta tutkittiin omasta mielenkiinnosta. Työ rajattiin pelkkiin ulkoseinärakenteisiin, sillä alapohja, yläpohja ja väliseinärakenteet ovat samanlaisia runkorakenteesta riippumatta.

Yleisempi tapa toteuttaa kivirunkoinen pientalo on kappaletavarasta eli erilaisista harkoista. Harkot voivat olla ladottavia tai muurattavia. Ladottavat harkot raudoitetaan sekä harkkojen ontelot täytetään betonimassalla. Muurattavat harkot liimataan toisiinsa laastilla, jolloin ne muodostavat yhtenäisen rakenteen.

Toinen, hieman vähemmän tunnettu tapa on sandwich- elementtien hyödyntäminen kivirunkoisessa pientalohankkeessa.

Työtä varten piirrettiin arkkitehtikuvat, joiden avulla laskettiin ulkoseinäneliöt ja ~~tämän avulla~~ käytetyt materiaalit sekä työkustannukset. Kuvien avulla pystyttiin myös kysymään tarjouksia elementeille elementtivalmistajilta työssä käsiteltyyn kuvitteelliseen kohteeseen.

Työn tuloksena saatiin, että tällä hetkellä rungon rakentaminen on edullisempaa harkoilla. Tähän tulokseen vaikuttaa myös tämänhetkinen taloudellinen tilanne rakennusalalla. Elementtitehtaat ovat hyvin työllistettyjä, eikä heidän tarvitse kilpailla pienimmistä tilauksista. Tilanne voisi olla päinvastainen muutaman vuoden kuluttua. Molemmissa rakennustavoissa rakennusturvallisuuteen täytyy panostaa. Elementtirakenteisessa riskit ovat erilaisia kuin harkoilla tehtäessä ja nämä seikat tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Myös työmaan aluesuunnitteluun ja logistiikkaan täytyy kiinnittää huomiota ennen rakennushankkeeseen ryhtymistä.

¹ Asiasanat: harkkotalo, elementtirakenteinen, pientalo, kustannukset

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building construction

Author: Jaakko Hakomäki

Title of thesis: Houses made of concrete blocks and precast concrete elements

Supervisor: Ilkka Loukola

Year: 2023

Number of pages: 40

Number of appendices: 2

The aim of the thesis was to compare two different concrete structures used in detached houses. The more common way to build a concrete detached house is to use concrete blocks. Concrete blocks are piled up and filled with concrete and reinforced by iron. Concrete blocks can also be piled up and glued to others with mortar. A less known way to build a concrete hulled house is to use concrete elements, for example sandwich elements.

The thesis compared how the structure of the building would affect the building costs, safety, and the construction phases at the construction site.

¹ stone house, concrete house, concrete block, construction costs, concrete element

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	7
1 JOHDANTO	8
2 KIVIRUNKOINEN PIENTALO.....	10
3 KIVIRUNKOINEN PIENTALO HARKOISTA	12
3.1 Ladottavat harkot.....	13
3.2 Muurattavat harkot	15
3.3 Suunnittelu	16
3.4 Julkisivut.....	17
4 KIVIRUNKOINEN PIENTALO ELEMENTEISTÄ.....	18
4.1 Yleistä	18
4.2 Suunnittelu	19
4.3 Asennus	20
4.4 Julkisivut.....	23
5 TYÖTURVALLISUUS PIENTALOHANKKEESSA	24
5.1 Harkkorakenteisen pientalon työturvallisuus	25
5.2 Elementtirakenteisen pientalon työturvallisuus.....	26
6 RUNGON KUSTANNUKSET SEKÄ VERTAILU	27
6.1 Kohde.....	27
6.2 Rungon toteutus harkkorakenteisena.....	27
6.3 Harkkorakenteisen rungon kustannusmuodostuma	28
6.4 Rungon toteutus betonielementtirakenteisena	29
6.5 Betonielementtirungon kustannusmuodostuma	30
7 TULOKSET JA YHTEENVETO	33
8 POHDINTA.....	34
LÄHTEET	35

LIITTEET	38
----------------	----

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Rakenteilla oleva harkkotalo	11
Kuva 2. Erilaisia harkkoja.....	12
Kuva 3. Esimerkki moduulimitoituksesta.....	16
Kuva 4. Sandwich seinäelementti	18
Kuva 5 Omakotitalon betonielementtien asennusta	19
Kuva 6 Sähkörsiointi betoni seinäelementissä	20
Kuva 7 Betonielementtien asennusta työmaalla	21
Kuva 8. Seinäelementin tukeminen asennusvaiheessa	22
Kuva 9 Valkobetoni pesupinnalla	23
Taulukko 1. Harkkorungon muurauksen kustannukset	28
Taulukko 2. Harkkorungon muut kustannukset.....	28
Taulukko 3. Elementtivalmistajien toimitussisällön vertailu	30
Taulukko 4. Elementtirungon materiaalikustannukset.....	30
Taulukko 5 Betonielementtirungon työkustannuksia	31

Käytetyt termit ja lyhenteet

Pientalo	Pientalo on rakennus, jossa on 1–3 kerrosta. Pientalossa on yksi tai useampi asunto, joihin sisäänkäynti on maanpinnasta. Yleisimpiä pientaloja ovat omakotitalot ja rivitalot.
Kivitalo	Kivitalo on talo, jossa kantavat rakenteet on toteutettu kivistä, betonista tai tiilestä.
Sandwich- elementti	Betonielementti, jossa sisä- ja ulkokuori ovat teräsbetonia ja niiden välissä on lämmöneriste.
Rakennuttaja	Rakennushankkeessa oleva organisaatio tai henkilö, jolla on päätösvaltaa ja jolle kyseinen rakennushanke on annettu. Rakennuttajan tehtäviin kuuluu hankkeen organisaatio, projektin suunnittelu ja sen ohjaus sekä hankkeen eri hankintatehtävät.
RAM	Rakennusammattimies
RM	Rakennusmies

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla kahden eri runkovaihtoehdon ominaisuuksia sekä eroavaisuuksia niin materiaalien kuin rakennusaikaisten toimien osalta. Opinnäytetyössä käsitellään pientaloa harkko- sekä elementtirakenteisena. Opinnäytetyössä käsitellään myös runkomateriaalien vaikutusta kustannuksiin, aikataulutukseen sekä työturvallisuuteen.

Kivirunkoisen pientalon rakentaminen on kiehtonut minua jo useamman vuoden sen ominaisuuksien vuoksi. Asun seudulla, jossa rakentaminen on oikeastaan kokonaan kuihtunut. Ai-noat rakennukset ovat kaupungin rakennuttamia julkisia rakennuksia, kuten kouluja tai sosi-aali- ja terveysalan rakennuksia. Omakotitalorakentaminen on muuttotappioalueella vähenty-nyt. Muutama vuosi sitten keskustelin harkkorakenteisen kivitalon rakennuttaneen asukkaan kanssa siitä, miksi hän ei päätenyt elementtirakenteiseen taloon. Hänen mukaansa ei ollut löytänyt yhtä helposti tietoa sandwich-elementtirunkoisen pientalon kustannuksista verrattuna harkkorakenteiseen. Tästä sain idean tutkia aihetta tarkemmin.

Työ rajataan pelkästään runkovaihtoehtojen vertailuun (ulkoseiniin), eikä kustannuksissa, ai-kataulussa tai työturvallisuudessa oteta kantaa esimerkiksi perustusten tai vesikattotyön vai-kutuksiin. Perustukset, alapohja, yläpohja ja vesikattorakenteet ovat hyvin pitkälti samoja ra-kenneratkaisuja molemmissa eri runkovaihtoehdoissa, joten niiden välinen vertailu katsottiin turhaksi.

Omakotitalorakentamisessa kivitalojen osuus on noin kymmenen prosenttia (Rakentajan Tie-topalvelu RTI, 2022, s.82). Kivitalot ovat arvostettuja rakennuksia, sillä kivitaloilla on paljon hyviä ominaisuuksia. Kivitalot ovat energiatehokkaita, paloturvallisia sekä näyttävän näköisiä. Kivitalot sopivat hyvin niin moderniin taajamamaisemaan kuin idylliselle maaseudulle. Nyky-ään rakennuksissa arvostetaan yhä enemmän hyvää sisäilmaa ja rakenteen pitkäikäisyyttä. Kivitalot ovat yksi terveimpiä ja varmimpia rakenneratkaisuja tämän kannalta. Huoltovapaus on myös merkittävä tekijä, sillä esimerkiksi maalaustarvetta on huomattavasti vähemmän ver-rattuna puurakenteiseen taloon.

Kivitalo voidaan toteuttaa ns. kappaletavarasta, joita ovat erilaiset harkot, kuten betonimuotti-harkko tai kevytsoraharkko. Harkkoja ladotaan päällekkäin, saumat raudoitetaan ja betonoi-daan. Tämän tuloksena syntyy kivirunkoinen rakenne. Toinen, hieman vähemmän tunnettu

tapa pientalorakentamisen puolella on toteutus betonielementeillä. Betonielementit voivat olla sandwich- elementtejä, joiden paksuus ja koko vaihtelevat suunnitelmien mukaan.

2 KIVIRUNKOINEN PIENTALO

Suomalaisista useampi kuin joka toinen haluaisi asua omakotitalossa (Kivitaloinfo, i.a.-b). Näistä yli 50 % haluaisi asua omakotitalossa, jonka runkomateriaalina on käytetty kiveä. Kivitalossa kantavat rakenteet on toteutettu betonista, kivistä tai tiilestä.

Vuonna 2008 teetetyn taloustutkimuksen mukaan kivitaloissa asuvat ihmiset olivat hieman tyytyväisempiä elämiseen kuin puutalossa asuvat (Palolahti & Mäki, 2010, s. 27). Kivitaloissa asuvat henkilöt korostivat rakenteen vedottomuutta, hiljaisuutta, talon yksilöllisyyttä sekä jälleenyntiarvoa. Lähes kolme neljäsosaa uusista kivitaloasujista oli erittäin tyytyväisiä asuimuotoonsa. Puutalojen kohdalla vastaava luku oli hieman yli puolet vastaajista. Vastaa-jilta kysyttiin myös tutkimuksessa, minkä uuden talon he rakentaisivat. Kivitalorakentajista melkein 90 % rakentaisi kivitalon, kun taas puutalorakentajista vain hieman yli viidennes rakentaisi uuden puutalon.

Kivitaloa arvostetaan sen pitkäikäisyyden takia, sillä monen sukupolven takaisia kivitaloja on säilynyt tälle vuosituhannelle ja nykyisille sukupolville (Peltoranta, 2020). Kivitalojen julkisivuverhous toteutetaan usein rappauksella. Rappaus on satoja vuosia vanha menetelmä. Ammattitaitoinen rappaja saa ulkoverhouksen kestävänsä yli 50 vuotta, kun taas esimerkiksi puuverhoiltu julkisivu vaatii saneerausta 30–50 ikävuoden kuluessa riippuen huoltoväleistä elinkaaren aikana. Kivirakenteinen ulkoseinä myös kestää kosteus- ja lämpötilavaihteluita hyvin eikä lahoa kuten puu.

Kivi runkomateriaalina on myös turvallinen vaihtoehto monesta eri näkökulmasta. Nykyään rakentamisessa ovat nousseet esille sisäilmaongelmat. Kivirunkoisessa talossa sisäilmaongelmat ovat harvinaisempia. Kivirunkoisessa talossa rakenteet ovat pääosin niin sanottuja yksiaineisia, jolloin mikrobien kasvu on epäotollista. Paloturvallisuuden kannalta kivi on myös turvallinen. Kivi ei syty, pala tai vapauta palokaasuja eikä lisää rakennuksen palokuormaa. Myös vakuutusyhtiöt voivat huomioida tämän asian talovakuutuksessa.

Kivitalo on massiivirakenteinen, jolloin ääneneristävyys on hyvä. Massiivirakenteen etuja on myös hyvä energiatehokkuus. Kylmällä säällä betonirakenne varaa itseensä lämpöä ja vapauttaa sitä sisätiloihin tasaisesti. Kuumalla kesähelteellä betonirakenne taas toimii hyvänä jäähdyyttäjänsä, sillä betonirakenne varaa viileyttä. Puurakenteisissa taloissa rakenteen tiiveys

toteutetaan höyrynsulkumuovin avulla. Massiivisessa betonirunkoisessa rakenteessa höyrynsulkumuovia ei tarvita tiiveyden saavuttamiseksi.

Rakennuskustannuksiltaan kivitalo on huomattavasti kalliimpi verrattuna muihin runkotyyppeihin. Ladottavat harkot vievät paljon työaikaa, mikä vaikuttaa suoraan kustannuksiin. Betonielementeistä tehtäessä taas vaaditaan isoa nostokalustoa työmaalla, mikä on kustannuksia nostava tekijä. Kertakustannuksiltaan kivitalo on siis kalliimpi, mutta käyttöikä, huoltovarmuus sekä arvon säilyminen kompensoivat rakennusaikaisia kustannuksia verrattuna muihin runkotyyppeihin. Kustannuksiin toki vaikuttavat rakennuttajan vaatimukset esimerkiksi arkkitehtuuria tai käytettäviä materiaaleja kohtaan. Rakennuspaikalla on myös vaikutusta kustannuksiin. Kaupungin asuinalueella kustannukset ovat korkeammat kuin maaseudulla, josta tontteja voi saada paljon edullisemmin. Rakennuttajan oma ammattitaito sekä kiinnostus rakentamista kohtaan vaikuttavat myös kustannuksiin.



Kuva 1. Rakenteilla oleva harkkotalo (Betoniteollisuus, i.a).

3 KIVIRUNKOINEN PIENTALO HARKKOISTA

Harkoilla on helppo toteuttaa arkkitehdin suunnitelmat, sillä harkolla saa helposti toteutettua arkkitehtuuriset muodot sen muokattavuuden vuoksi (Petrow & Kaskiaro, 2016, s. 6). Harkoilla pystytään vaikuttamaan rakennuksen ulkonäköön sekä muihin muotoihin vielä työmaolosuhteissa. Harkon saatavuudessakaan ei tule ongelmia, sillä harkkoja on saatavilla lähes joka rautakaupasta ympäri maan ja kotimaisia harkkovalmistajia on monia. Harkkoja ei tarvitse kuljettaa pitkiä matkoja, joten harkkorakentaminen on aikataulu- sekä kustannustehokasta. Harkkorakenteissa myös läpiviennit on helppo toteuttaa työmaolosuhteissa ja niihin voi myös vaikuttaa työmaan edetessä.

Ladottavia betoniharkkoja on alettu valmistaa 1940-luvulla (Kivifaktaa, i.a.). Aluksi niitä käytettiin maatalousrakentamisessa sekä pienteollisuusrakentamisessa. 1970-luvulla markkinoille tuli eristetty lämpöharkko. Muottiharkkojen markkinoille tulo 1980-luvulla kiihdytti betoniharkkorakentamista.



Kuva 2. Erilaisia harkkoja (Kivitaloinfo, i.a).

Harkkotyypit voidaan jaotella joko niiden asennustavan tai valmistusmateriaalin mukaan seuraavasti:

- ladottavat tai muurattavat harkot.
- kevytsorabetoni- tai betoniharkko.

Nykyään on myös markkinoilla niin sanottuja hybridiharkkoja, jotka muurataan ohutsauma-muurauksella ja sen jälkeen harkoissa olevat ontelot valetaan betonimassalla (Petrow & Kas-kiaro, 2016, s. 6). Harkkomateriaalin tai asennustavan valinnassa täytyy ottaa huomioon ra-kennuskohteelle asetetut vaatimukset. Harkkotyypit eroavat toisistaan mm. lämpöeristävyyy-deltään, kantokyvyltään ja kosteuskestävyydeltään.

Harkkorakenteisessa omakotitalossa rakennuttaja (eli pientalokohteissa usein tuleva talon-omistaja) voi hyödyntää omaa työpanostaan rakennushankkeessa (Palolahti & Mäki, 2010, s. 6). Harkkojen muuraamiseen tai ladontaan ei tarvitse huippuammattitaitoa, sillä harkot ovat suhteellisen keveitä eikä niiden työstäminen vaadi erikoisia koneita tai laitteita. Tällöin saa-daan rakennusaikaiset kustannukset pysymään hallinnassa ja helpotetaan hankkeelle ase-tun budjetin noudattamista.

3.1 Ladottavat harkot

Ladottavista harkoista voidaan käyttää myös toista nimitystä, muottiharkkoa (Petrow & Kas-kiaro, 2016, s. 26). Muottiharkot ovat sementin, veden sekä luonnonkiven muodostama koko-naisuus. Muottiharkko toimii betonivalulle muottina, jossa harkon onkalot valetaan betonimas-salla. Kovettunut betonimassa toimii rakenteen kantavana rakenteena. Muottiharkot voivat olla niin sanottuja kylmiä kiviä, joista puuttuu lämmöneriste. Kylmiä kiviä käytetään esimer-kiksi autokatoksien kantavana rakenteena tai kellarin seinissä. Rakenteissa, joissa vaaditaan hyvää lämmöneristävyttä, esimerkiksi pientalon ulkoseinissä käytetään eristettyä harkkoa eli niin sanottua lämpökiveä. Lämmöneristeenä toimii esimerkiksi polystyreeni tai polyuretaani. Asennuksen aikana lämpökivien eristekerroksien väliin pursotetaan uretaanivaahtoa, jolla varmistetaan rakenteen yhtenäinen lämmöneristävyys.

Harkoista on myös saatavilla nurkkaharkkoja, joilla toteutetaan rakenteiden nurkat (Petrow & Kaskiario, 2016, s. 97). Markkinoilla on myös osaharkkoja, joista voidaan katkaista vakioimit-tainen pala pois helposti ja nopeasti. Kuvassa 3 näkyy osakivestä leikattu pala pois, johon valettiin ”lisäpilari” seinärakenteen vahvistamiseksi. Päätyharkkojen avulla rakenteen pääty saadaan ”lopetettua” siististi sekä helposti.



Kuva 3. Lämpöharkkoja ladottuna sekä raudoitettuna (Hakomäki, 2021).

Maksimikorkeus valettavalle muottiharkkoseinälle on puolitoista metriä (Petrow & Kaskiaro, 2016, s. 30). Tällöin betoni ei putoa liian korkealta alas ja betonimassa voidaan vielä huolellisesti tiivistää vibratäryttimellä. Ennen valua rakennepiirustuksista on tarkistettava, että rakenteessa vaaditut teräkset on oikein asennettu ja niitä on oikea määrä. Myös seinässä olevat läpiviennit ja LVIS-varaukset on syytä tarkistaa, sillä valun kovettuttua niitä on haastava korjata tai niiden paikkaa muuttaa. Valettava muottiharkkoseinä täytyy myös tukea sekä tarkistaa mahdolliset raot, joista betonimassa voi valua pois.

Ladottavan harkon raudoituksen tarkoituksena on ottaa vastaan harkkoseinän vetorasitusta (Lammi, 2013, s. 6). Raudoituksen määrän ja sijainnin määrittelee kohteen rakennesuunnittelija. Kutistusraudoituksena lämpökivessä voidaan käyttää 8 mm:n harjaterästä 400 mm:n jaolla pystyyn sekä vaakaan kiven molempiin kuoriin (kiven ulko- sekä sisäpinnassa on ura raudoitukselle).

Sääolosuhteet vaikuttavat valun etenemiseen. Kuivalla ja kuumalla kesäsäällä harkot täytyy kastella, jotta vältytään liian nopealta veden haihtumiselta. Talvella kovilla pakkaskeleillä valumassaan täytyy lisätä sidosaineita sekä tarvittaessa suojata betonimassaa kovalta pakkaselta tai asentaa lämmitysvastuksia.

3.2 Muurattavat harkot

Muurattavia harkkoja voidaan valmistaa betonista sekä myös kevyemmästä materiaalista, kuten kevytsorabetonista (Petrow & Kaskiaro, 2016, s. 13). Kevytsorabetoni on rakennusmateriaali, joka on valmistettu kevytsorasta, sementistä, kiviaineksesta, vedestä sekä muista lisäaineista. Kevytsora on savea, joka on poltettu. Polttoprosessissa savea kuumentetaan yli tuhatsteisessä uunissa pyörivässä liikkeessä, jolloin sorarakeet muodostuvat pyöreiksi ja siileiksi rakeiksi. Rae on ulkopinnaltaan kova ja kestävä, mutta se on sisältä huokoista, minkä vuoksi materiaali eristää hyvin lämpöä. Harkkojen lisäksi kevytsoraa käytetään rakenteiden lämmöneristeenä ala- ja yläpohjissa. Kevytsoraharkkorakenne raudoitetaan rakennesuunnitelmien mukaisesti.

Muurattavat harkot sidotaan toisiinsa muurauslaastin avulla, ja näin rakenteesta tulee yhtenäinen (Petrow & Kaskiaro, 2016, s. 10). Laastilla voidaan myös korjata mittapoikkeamia, jotka kuitenkin ovat yleisesti ottaen todella pieniä. Harkot ovat pääsääntöisesti todella mittatarkkoja rakennustarvikkeita. Muuraustöissä käytetyn laastin tulee täyttää standardin mukaiset vaatimukset. Laastille asetettuja vaatimuksia ovat mm. lujuuden, notkeuden, tartuntakyvyn sekä pakkasenkestävyyden ominaisuudet.

Ohutsaumamuurauksessa on sama periaate kuin edellä mainitussa muurattavissa harkoissa (Palolahti & Mäki, 2010 s.10). Ohutsaumalaastin tai kiviliiman tehtävänä on sitoa harkot toisiinsa, jolloin ne muodostavat yhtenäisen rakenteen. Ohutsaumalaastia voidaan levittää harkkojen yläpintaan muurauskelkan avulla 5 mm:n kerros. Ohuen sauman vuoksi harkkojen tulee olla mittatarkkoja. Ei - kantavissa rakenteissa kuten väliseinämuurauksessa liimakerros on noin 2 mm.

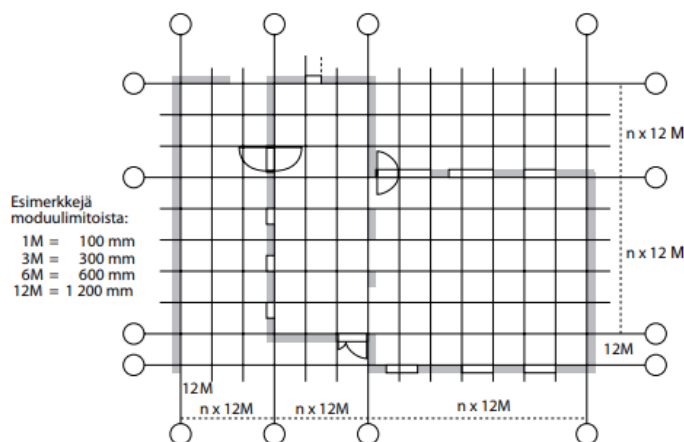
Muurattavissa harkoissa sauman leveys vaihtelee (Petrow & Kaskiaro, 2016, s. 11). Sauma voi olla leveydeltään 2, 3, 5 tai 10 mm. 10 mm:n vaakasaumoissa myös harkon pystysaumassa käytetään laastia. Muissa saumaleveyksissä laastia käytetään pystysaumassa vain rakennesuunnittelijan niin vaatiessa.

Kevytsoraharkkojen raudoituksena käytetään vähintään kutistumisraudoitusta, ellei rakenne vaadi lisäraudoitusta esimerkiksi isojen pistekuormien vuoksi (Sundell, 2001, s. 24). Raudoituksessa on huomioitavaa, että muurauksessa käytettävä laasti suojaa raudoitusta korroosiolta. Raudoitustankoja jatketaan limittäin vähintään 700 mm tai 900 mm riippuen käytettävän harjateräksen paksuudesta. Nurkissa raudoitukseen tehdään kaari, jolloin raudoitus jatkuu saumattomasti nurkan ohi. Rakennesuunnittelija määrittelee tarvittavan raudoituksen määrän sekä paksuuden. Kuitenkin kutistumisraudoituksena käytetään seuraavia:

- 75–100 mm:n seinäpaksuus: 1x 6 mm k 800
- 125–150 mm:n seinäpaksuus: 1x 8 mm k 800
- 200–290 mm:n seinäpaksuus: 2x 8 mm k 800.

3.3 Suunnittelu

Harkkorakenteista pientaloa suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon moduulimitoitus (Petrow & Kaskiaro, 2016, s. 6). Moduulimitoituksen ansiosta rakennusosat on helppo yhteensovittaa ja rakentamisessa voidaan käyttää vakiomittaisia tuotteita. Tällöin vältetään erikoistilauksilta tai materiaalien muokkauksilta työmaalla ja näin saadaan kustannukset sekä aikataulu pysymään hallinnassa. Harkkojaossa otetaan myös huomioon rakennuksen ikkuna- ja oviaukot. Harkkoissa käytettävän raudoituksen koon ja määrän määrittelee rakennesuunnittelija kohteen käyttötarkoituksen mukaan. Harkkoihin voidaan asentaa vaaka- ja pystyraudoituksia.



Kuva 3. Esimerkki moduulimitoituksesta (Betoniteollisuus, i.a.).

3.4 Julkisivut

Harkkorakenteinen julkisivu rapataan, mikä tehdään yleensä talon valmistumisen ja yhden lämmityskauden jälkeen. Tällöin harkkorakenne on ”etsinyt” oman paikkansa ja rakennusai-
kainen kosteus rakenteesta on vähentynyt sekä riski rappauksen halkeilulle pienenee. Huo-
rellisesti tehty rappaus hyvällä ammattitaidolla kestää useita vuosikymmeniä. Hyvä rappaus
myös edellyttää muiden rakenteiden onnistunutta toimintaa. Rakenteet eivät saa elää liikaa,
eivätkä esimerkiksi perustukset painua. Rappauksella voidaan toteuttaa nykyaikaiset moder-
nit arkkitehtuuriset muodot sekä värit. Rappaus voi olla sileä tai karkea.

Rappauksia on kahdenlaisia: kaksi- ja kolmikerrosrappaus (Kivitaloinfo i.a.-a). Kaksikerros-
rappauksia käytetään omakotitaloissa, kun taas kolmikerrosrappauksia käytetään useimmiten
vanhoissa ja suojelluiden kohteiden saneerauksissa.

Kolmikerrosrappauksessa työvaiheita on kolme (Fescon, i.a.). Aluksi rapattavaan pintaan le-
vitetään tartuntarappauskerros, jonka tarkoituksena on tasata rapattava pinta sekä parantaa
seinän tartuntaa. Tartuntarappauskerroksen päälle levitetään täyttörappaus. Täyttörappauk-
sessa rapattavaan pintaan tehdään sille halutut muodot ja kuviot, esimerkiksi sileä tai karhea.
Täyttörappauskerroksia voidaan lisätä toinen tarvittaessa. Lopuksi pintaan levitetään pinta-
rappauskerros, joka on lopullinen näkyvä pinta.

Kaksikerrosrappauksessa voidaan käyttää kolmea eri tekniikkaa (Kivitaloinfo, i.a.-a). Käytet-
tävä tekniikka riippuu halutusta pinnasta. Omakotitaloissa käytetään sementtirappausta,
jonka etuna on hyvä tartunta sekä rakenteen hengittävyys. Kalkkisementtirappausta voidaan
ulkonäöltään verrata kolmikerrosrappaukseen. Nykyarkkitehtuurissa värit ovat suuressa roo-
lissa julkisivupinnoissa. Silikonihartsirappauksen avulla saadaan paljon eri värivaihtoehtoja
pinnoitettavaan julkisivuun. Silikonihartsirappauksella on muitakin hyviä puolia. Kyseinen rap-
paus on ”raudoitettu” polypropeenikuiduilla, jolla saavutetaan luja rappaus vain 10 mm:n pak-
suisena pinnoitteena. Silikonihartsirappaus myös edesauttaa rakenteen hengittävyyttä, sillä
se läpäisee vesihöyryjä mutta ei ime vettä sisäänsä.

4 KIVIRUNKOINEN PIENTALO ELEMENTEISTÄ

4.1 Yleistä

Vähemmän tunnettu tapa toteuttaa kivirunkoinen pientalo on tehdä se betonielementtirakenteisena. Betonielementtirakentaminen on yleistä isoissa kohteissa, kuten kerrostaloissa tai teollisuusrakennuksissa. Betonielementtirakentamisen hyviä puolia on muun muassa aika-
taulutehokkuus. Valmiita seinäneliöitä tulee nopeasti, joten rakennus saadaan nopeasti säältä suojaan ja näin saadaan varmistettua rakennusaikainen kuivaketju rakenteelle. Betonielementtien valmistus ei myöskään ole sään armoilla, vaan elementit valmistetaan teollisuushalleissa, joissa on optimaaliset kuivumisolosuhteet betonille. Betonielementti voi olla niin sanottu sandwich-elementti, jossa betonisten ulkokuorien välissä on lämmöneriste. Lämmöneristeenä voi toimia esimerkiksi mineraalivilla tai polystyreeni. Työmaalla betonielementtirakentaminen vaatii isoa nostokalustoa, ja sen vuoksi tontilla täytyy olla tilaa mobiilinosurille sekä yhdistelmäajoneuvoille, jotka toimittavat elementtejä työmaalle.



Kuva 4. Sandwich-seinäelementti (Kovabetoni, i.a.)



Kuva 5. Omakotitalon betonielementtien asennusta (Hintikka, 2013)

4.2 Suunnittelu

Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) ohjaa rakenteiden suunnittelua (Betoniteollisuus i.a.-a). Kokoelma sisältää erilaisia määräyksiä ja standardeja, joiden avulla saavutetaan hyvän rakentamistavan edellytykset.

Elementtisuunnitteluun kuuluu monta eri vaihetta (Betoniteollisuus i.a.-a). Ensimmäisenä rakennuttajalta saadaan tarjouspyyntö, joka sisältää kohteen arkkitehdin laatimat piirustukset, esimerkiksi pohjapiirustukset ja julkisivukuvat. Kuvien avulla elementtitehtaalla laaditaan elementti- ja julkisivukaaviot. Jokaisesta erilaisesta elementistä piirretään elementtipiirustukset, joiden avulla voidaan laskea tarjous. Näiden suunnitelmien ei tarvitse olla täysin yksityiskohdaisia, mutta niiden täytyy olla riittävän tarkkoja esimerkiksi betonin, eristeen ja raudotteiden osalta, jotta niiden avulla voidaan laskea tarjous.

Hyväksytyyn tarjoukseen jälkeen alkaa elementtien varsinainen suunnittelutyö (Betoniteollisuus i.a.-a). Elementtisuunnittelija tekee yhteistyötä muiden suunnittelijoiden kanssa, jolloin voidaan yhteensovittaa esimerkiksi LVIS-tekniikan läpiviennit elementeissä. Tässä suunnitteluvaiheessa elementeistä tehdään tarkat suunnitelmat sekä detaljit ja liitoskohdat mallinnetaan piirustuksiin kaikista tarvittavista kohdista.

Elementtirakenteisissa kohteissa suunnittelutyö on tärkeässä roolissa. Esimerkiksi elementteihin tehtäviin läpivienteihin tai sähkövarauksiin on vaikea vaikuttaa enää työmaaolosuhteissa, kun taas harkoilla rakennettaessa muutoksia voi tehdä vielä työmaalla. Suunnitteluvaiheessa täytyy olla huolellinen, että kaikki tarvittavat rakennuttajan toiveet sekä tarpeet otetaan huomioon. Elementtisuunnitteluun kuuluu myös työmaan nostotyön suunnittelu.



Kuva 6. Sähkörasiointi betonisessa seinäelementissä (Hintikka, 2013)

4.3 Asennus

Työmaalle saapuvat elementtikuormat suositellaan pakattaviksi niin, että elementit voidaan nostaa suoraan kuljetuskalustosta nosturilla oikealle asennuspaikalle (Betoniteollisuus i.a.-b). Tällöin vältetään elementtien välivarastoinnilta ja turhalta edes takaisin nostelulta. Pientalotyömaalla ei usein ole ylimääräistä tilaa hukattavaksi. Elementtivalmistajan velvollisuuksiin kuuluu ilmoittaa elementin paino, oikeanlainen nostotapa sekä suunniteltu asennustapa. Ennen nostotyöhön alkamista nostoissa käytettävät koneet ja nostovälineet on tarkastettava nostokyvyltään sekä työkunniltaan. Elementtien silmämääräinen kunto myös kannattaa tarkistaa ennen nostoa.

Elementtiä nostettaessa elementtien alla ei saa olla minkäänlaista liikennettä työturvallisuuden takaamiseksi (Betoniteollisuus i.a.-b). Elementtiä nostaessa täytyy myös huomioida ympärillä olevat rakenteet yhteentörmäyksen välttämiseksi. Useimmiten elementit painavat useita tonneja, mutta silti esimerkiksi voimakas tuulenpuuska saattaa aiheuttaa elementtien heilumista nostotyössä. Tämä täytyy ennakoida ja nostot on suunniteltava sääolosuhteet huomioiden.



Kuva 7. Betonielementtien asennusta työmaalla (Nostokonepalvelu, i.a.).

Elementit ovat stabiloitava rakennesuunnittelijan ohjeiden sekä muiden standardien mukaan elementin kaatumisen välttämiseksi (Betoniteollisuus i.a.-c). Elementtien asennuksesta on suunnittelijan toimesta laadittu asennusjärjestys, jota on noudatettava. Asennusjärjestystä laatiessa on huomioitu elementtien asennusaikainen stabiilitetti. Elementit tulee tukea vain siihen tarkoitetuilla välineillä, sekä kiinnitykset on tehtävä valmistajan ohjeiden mukaan. Esimerkiksi yli 1,5 m leveät seinäelementit tulee tukea vähintään kahdella säädettävällä tuella. Elementtitukien yläpään tulee olla seinäelementin painopisteen yläpuolella. Tällöin vältetään elementin kaatuminen. Elementit tulee kiinnittää rakennuksen muuhun runkoon mahdollisimman nopeasti. Pientalojen välipohjia voidaan myös toteuttaa ontelolaattoja hyödyntäen. Tällöin tuenta tapahtuu suunnittelijoiden määräämällä tavalla, esimerkiksi pystytukia apuna käyttäen. Tuet saa poistaa vasta, kun saumavalut on tehty tai suunnittelija on siihen antanut luvan.



Kuva 8. Seinäelementin tukeminen asennusvaiheessa (Betoniteollisuus, i.a.).

Nostoissa käytetyt nostoraksit saa vasta tuennan jälkeen irrottaa elementistä (Betoniteollisuus i.a.-c) Elementtien oikea korko tarkistetaan ja asennuksessa käytetään apuna elementtiasennuspaloja. Asennuspaloja täytyy olla vähintään 20 mm:n juotosvalujen onnistumisen edellyttämiseksi. Elementit voidaan kiinnittää toisiinsa esimerkiksi hitsaamalla tai pulttiliitoksia apuna käyttäen. Hitsausliitoksessa elementeissä on ”tartuntalevyt”, jotka hitsataan toisiinsa kiinni. Hitsausliitosta käytettäessä on huomioitava työturvallisuus sekä vaadittavat pätevyydet, esimerkiksi tulityökortti ja hitsauspätevydet. Pulttiliitoksissa elementit kiinnitetään toisiinsa pulteilla ja muttereilla. Pulttiliitosta käytetään esimerkiksi pilarielementeissä, jolloin oikea korko säädetään prikkujen sekä muttereiden avulla. Lopuksi elementti kiristetään paikalleen.

Elementtien lopullisen liitoksen ympärillä oleviin rakenteisiin sekä muihin elementteihin tekee juotosvalu (Betonikeskus, 2002, s. 16). Juotosvalu voidaan toteuttaa juoksevammalla massalla, jolloin seinäelementtien pystysaumot on muotitettava. Tätä tekniikkaa käytettäessä on varmistettava muotituksen riittävä tuenta sekä valumassan tasaisuus sauman sisällä. Pystysaumot voidaan myös betonoida niille tarkoitetulla erikoismassalla, jolloin muotitusta ei tarvita. Tällä tekniikalla saadaan saumasta tiivis ilman jälkitöitä. Ennen juotosvaluun ryhtymistä sauman puhdistaminen on ensiarvoisen tärkeää. Juotosvalut on aloitettava heti elementin asennuksen jälkeen. Tällöin varmistetaan mahdollisimman pitkä kuivumisaika juotosbetonille.

4.4 Julkisivut

Ulkoseinäelementtiin saadaan tehtyä haluttu julkisivu jo elementtitehtaalla (Laukaan Betoni i.a.). Tämä vähentää työmaalla työvaiheita, jolloin aikataulua saadaan kiristettyä. Julkisivu viimeistellään esimerkiksi hiertämällä, harjaamalla tai kampaamalla. Julkisivu voidaan myös tehdä perinteisesti rappaamalla. Julkisivuihin voidaan myös helposti tuottaa arkkitehtuurisia muotoja esimerkiksi 3D-betonikuviolla tai käyttämällä erilaisia muotoja, kuten viivoja tai kuvia. Elementti voidaan myös maalata erikoismaalilla, jonka seurauksena elementissä syntyy kemiallinen reaktio ja elementtiin saadaan väritys.



Kuva 9. Valkobetoni pesupinnalla (Hintikka, 2013).

5 TYÖTURVALLISUUS PIENTALOHANKKEESSA

Rakennusalalla tapahtuu paljon työtaturmia. (Työsuojeluhallinto, 2022). Rakennusala on haastava ala työturvallisuuden osalta, sillä työt vaihtelevat paljon, työt ovat fyysisiä ja niitä tehdään haastavissa olosuhteissa. Isommilla rakennustyömailla urakoitsijoita on paljon, mikä myös osaltaan lisää haastetta hyvälle työturvallisuudelle. Eri vuodenajat lisäävät osaltaan riskiä vakaville tapaturmille, esimerkiksi talvella liukkaus ja pimeys ovat riskitekijöitä. Työturvallisuudesta vastaavan henkilön vastuulle kuuluu, että rakennustyöntekijä käyttää henkilökohtaisten suojainten lisäksi eri työvaiheissa vaadittuja suojaimia, kuten hengitys- tai putoamissuojaimia. Työmaan johtovelvollisuuksiin kuuluu valvoa työmaan yleistä turvallisuutta, esimerkiksi vesikatolla kaiteita tai välipohjien aukkojen suojauksia.

Pientalohankkeessa turvallinen työskentely-ympäristö vaatii kaikkien osapuolten työturvallisuusvelvoitteidensa noudattamista (Kajasoja ym. 2012, s. 4). Riippumatta hankkeen toteutusmuodosta hankkeeseen nimetään aina päätoteuttaja. Päätoteuttaja huolehtii rakennushankkeen läpiviennistä koko projektin ajan. Hänelle myös kuuluu turvallisuudesta huolehtiminen. Yleensä pientalohankkeissa päätoteuttajana toimii rakennuttaja, joka on tuleva talon asukas. Rakennuttaja voi kuitenkin palkata hankkeelle vastaavan mestarin, mikä on myös pakollista, jos rakennuttajan oma ammattitaito tai koulutus eivät hankkeeseen riitä. Tällöin asiat hoidetaan oikein ja lakipykälää noudattaen. Vastaavalle työnjohtajalle siirtyy hankkeen vastuu aina hyvän rakennustavan valvomisesta työturvallisuuden takaamiseen. Pientalohankkeissa vastaava työnjohtaja voi toimia myös työturvallisuuskoordinaattorina, jonka tehtäviin kuuluu hankkeen valmistelu-, suunnittelu- ja toteutusvaiheen turvallisuuteen ja terveyteen liittyvien asioiden yhteensovittaminen. Työmaan työnjohdon velvollisuus on myös valvoa urakoitsijoiden töissä vaadittuja lupia, ja esimerkiksi tulitöissä urakoitsijalla täytyy olla tulityölupa.

Pientalohankkeessa työturvallisuuteen on suositeltava panostaa jo suunnitteluvaiheessa (Kajasoja ym. 2012, s. 7). Tällöin voidaan suunnittelupöydällä ennakoida tulevia haasteita työturvallisuuden osalta ja voidaan ennaltaehkäistä tulevia työtaturmia. Rakennuttajan vastuulle kuuluu hankkeen työturvallisuusasiakirjan laatiminen. Tämän asiakirjan voi laatia hankkeen pääsuunnittelija tai vastaava työnjohtaja. Asiakirjassa käydään läpi esimerkiksi hankkeen osapuolet, yhdyshenkilöt, suoritettavat työt ja niiden erityiset työturvallisuusriskit, viranomaismääräykset sekä mahdolliset aikarajaukset töille. Työturvallisuusasiakirja täytyy olla tehtynä ennen rakennustöiden aloitusta.

Työmaan edetessä projektinjohdon on huolehdittava työmaan siisteydestä sekä järjestyksestä (Kajasoja ym, 2012, s. 17). Siisti työympäristö edesauttaa hyvän työturvallisuuden saavuttamisen. Projektinjohdon on myös valvottava työntekijöiden henkilökohtaisten suojainten käyttöä sekä riskinottoa. Työmaalle perehdytyksen hoitaa hankkeen päätoteuttaja. Perehdytyksessä uudelle työntekijälle tai urakoitsijalle kerrotaan työmaan yhteistoimintaan liittyvät asiat, kuten taukotilat, työturvallisuuteen liittyvät asiat, kuten työmaan vaarapaikat, sekä haittatekijät.

Telineiden työtasolle on annettu seuraavat vaatimukset (Rakennustieto, 2017, s. 146):

- leveys vähintään 1,8 m työskenneltäessä tai työssä tarvittavan materiaalin varastointiin
- leveys vähintään 0,6 m, jos tasoa käytetään vain työskentelyyn
- tasossa ei saa olla aukkoja
- tason pinta on torjuttava liukkaudelta
- tason pinnan on oltava ehjä.

Telineiden kaiteille on annettu seuraavat vaatimukset (Rakennustieto, 2017, s. 146)

- 1,0 m korkuiset kaiteet, jos työskenneltäessä on riski tippua yli 2,0 m korkeudesta
- Kaiteiden on oltava seinän ja työtason välissä, jos tason ja seinän väliin jää yli 250 mm:n väli.

Nojatikkaiden käyttö vakituisena työtelineenä tai nousutienä on kielletty (Rakennusliitto.fi, 2013). Nojatikkaita voidaan käyttää väliaikaisesti, mutta tällöin tikkaiden ala- ja yläpään liukuminen on estettävä.

5.1 Harkkorakenteisen pientalon työturvallisuus

Rakennettaessa kivirunkoista pientaloa tarvitaan lähes aina rakennustelineitä. Kun talo tehdään ladottavista harkoista, rakennustelineiden käyttö on lähes välttämätöntä. Harkoilla voidaan toteuttaa korkeita seinäkorkeuksia, jolloin rakennustelineet ovat kustannustehokkain työtaso. Rakennustelineillä työskenneltäessä tulee noudattaa erityistä varovaisuutta. Harkkorakenteisen pientalon runkovaihe voi ajoittua talvelle, jolloin sääolosuhteet vaikeuttavat

työskentelyä. Telineet tulevat liukkaiksi, jolloin tasot täytyy sulattaa tai liukkautta torjua muin keinoin esimerkiksi hiekoittamalla tai suolaamalla. Lumipyryt sekä räntäsateet haittaavat työntekoa ja lisäävät työtapaturmien riskiä. Tällaisissa tilanteissa on arvioitava tapauskohtaisesti, onko työtä turvallista jatkaa vai keskeytetäänkö työt hetkellisesti.

Harkkoja joutuu työstämään, mikä osaltaan lisää työturvallisuuden vaarantumisen riskiä (Petrow & Kaskiaro, 2016, s. 129). Harkkojen työstämiseen käytetään esimerkiksi kulmahiomakonetta tai sahoja. Näitä koneita käytettäessä on varmistuttava, että laitteet ovat toimivia sekä turvavarusteet ovat paikoillaan. Työntekijällä tulee myös olla puettuna tarvittavat henkilökohtaiset suojaimeet, kuten silmäsuojaimet, kuulosuojaimet, viiltosuojahanskat, hengityssuojain sekä muu asianmukainen työvaatetus.

Riippuen harkkotyypeistä lämpöeristetty ulkoseinäharkko painaa noin 25 kg. Harjaantuneelle muurarille kivi on kevyt, mutta silti työskenneltäessä on muistettava ergonomiset työasennot sekä nostotavat (Petrow & Kaskiaro, 2016 s. 129). Telineiden tulee olla riittävän korkealla suhteessa ladottavaan seinän korkeuspintaan, jolloin ei tarvitse kurkotella ladottavia kiviä.

5.2 Elementtirakenteisen pientalon työturvallisuus

Elementeistä rakennettaessa on kiinnitettävä työturvallisuuteen erityistä huomiota nostoissa (Betoniteollisuus i.a.-d). Nostoapuvälineiden on oltava ehjät sekä nostokapasiteetiltaan riittävät. Nostoista on laadittava nostosuunnitelma, jossa huomioidaan vaikutukset työturvallisuuteen ja se, miten turvallisuusriskeihin reagoidaan. Työnjohdon on varmistettava tiedonkulku työmaan sisällä, jotta kaikki osapuolet ovat tietoisia tulevista nostoista. Nostoissa nosturin kuljettajan sekä alamiehen pitää pystyä kommunikoimaan keskenään esimerkiksi radiopuhelimen välityksellä ja heidän tulee ymmärtää toistensa merkkejä sekä tiedonantoa.

Aivan kuten harkkoista rakennettaessa, myös elementtiasennuksessa on käytettävä henkilökohtaisia suojarusteita tilanteen vaatimalla tasolla. Korkealla työskenneltäessä on aina olemassa putoamisen riski, ja siksi on käytettävä putoamissuojauksia, esimerkiksi valjaita tai kaiteita. Jokaisen työntekijän henkilökohtaisiin suojarusteisiin kuuluvat turvakengät, huomiovaatetus, kypärä, silmäsuojaimet sekä hanskat.

6 RUNGON KUSTANNUKSET SEKÄ VERTAILU

6.1 Kohde

Tässä työssä kuvitteellisena kohteena on noin 170 m²:n omakotitalo (Liitteet 1 ja 2). Suunnitelmat ovat suuntaa antavia arkkitehtiluonnoksia, joista voitiin laskea kohteessa tarvittavat materiaali- ja työkustannukset rakennuksen rungolle (ulkoseinille) aluksi neliötä kohden. Sen jälkeen kokonaiskustannukset. Suunnitelmien avulla voitiin myös kysyä tarjousta ulkoseinäelementeistä elementtivalmistajilta.

Perustukset ovat lähes ~~tulkot~~ samantapaiset runkorakenteen toteutustavasta riippumatta. Perustuksien koon määrittelee rakennesuunnittelija. Ala- ja yläpohja ovat samanlaisia rungon toteutustavasta riippumatta. Myös kattorakenne on samanlainen riippumatta siitä, toteutetaanko runko harkkona vai betonielementtinä. Suunnitelmissa ei ole näkyvissä kantavia väliseiniä, koska niiden tarvetta ei ole selvitetty eikä laskettu. Kantavat ja kevyet väliseinät toteutetaan joko muurattuina tai puurankaisina ulkorungon toteutustavasta riippumatta. Kantavien väliseinien koon sekä tarpeen määrittelee rakennesuunnittelija, mutta yleensä yksikerroksisessa pientalossa kantavia väliseiniä ei tarvita.

Seuraavissa laskelmissa työkustannuksissa on käytetty rakennusammattimiehen palkkana 37 € / h (alv 0 %) sekä rakennusmiehen palkkana 25 € / h (alv 0 %).

6.2 Rungon toteutus harkkorakenteisena

Harkkorakenteisena vaihtoehtona työmaan työkustannukset ovat korkeammat kuin elementtirakenteisena. Jokainen kivi täytyy latoa käsin sekä raudoittaa. Seinäneliöitä tulee hitaammin verrattuna elementtirakentamiseen. Toisaalta harkkorakentamisessa harkkonladontaan pystytään hyödyntämään hartiapankkirakentamista, eikä työhön tarvita huippuammattitaitoa, vaan se luonnistuu lähes kaikilta tee se itse miehiltä. Tällöin työkustannuksia saadaan laskettua, mutta tätä ei ole otettu huomioon laskuissa.

Kohteessa on muurattavaa harkkoulkoseinää 185 m². Tässä määrässä on huomioitu aukot. Aukoissa käytetään aukonylityspalkkeja, joiden tarkoituksena on tukea muurattava seinä aukon kohdasta. Aukonylityspalkit lisäävät hieman materiaali- sekä työkustannuksia.

Rakennesuunnittelija myös määrittää, onko aukko on niin suuri, että se tarvitsee esimerkiksi vahvistettua pilaria aukon pieliin.

6.3 Harkkorakenteisen rungon kustannusmuodostuma

Kustannukset muodostuvat harkkorakenteiselle ulkoseinälle sekä päätykolmioiden harkoista, raudoituksesta (kutistumisraudoituksesta), betonista, ulkoseinän rappauksesta sekä työstä. Kustannusarviot on otettu Rakennusosien kustannuksia 2022 -kirjasta (10.2.2023). Lisäksi tarvitaan telineitä sekä nostokalustoa harkkojen nostamiseen telineille ajan säästämisen vuoksi. Näiden kustannukset ovat arvioita ja perustuvat omaan kokemukseen. Seuraavissa taulukoissa on esitetty kustannusten jakauma. Kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia (alv 0 %).

Taulukko 1. Harkkorungon muurauksen kustannukset

	Määrä	Materiaalikustannus (€/m ²)	Työkustannus (€/m ²)	Kustannus yhteensä (€/m ²)
Ulkoseinät (lämpökivi)	163	134	63	32 111,00 €
Päätykolmiot (halkaistu lämpökivi)	26	100	46	3 796,00 €
Yläpohjan ulkoseinä (halkaistu lämpökivi)	35	100	33	4 655,00 €

Taulukko 2. Harkkorungon muut kustannukset

	Määrä	Yksikkö	Kustannus (€ / yks)	Yhteensä (€)
Telineet (vuokrakalusto)	185	m ²	9	1165 €
Aukon ylityspalkit	24	m	31	750 €
Nostokalusto (kurottaja tms.)	10	h	80	800 €

Harkkorungon kustannukset yhteensä ovat 43 277 € alv 0 %. Arvonlisävero huomioiden kustannukset ovat 53 663 €. Pientalohankkeissa maksettava hinta on arvonlisäverollista, sillä rakennuttaja on usein yksityinen henkilö, kuten tässäkin kuvitteellisessa kohteessa oletetaan.

Aikataulukirjasta saatujen tietojen mukaan rungon rakentaminen muottiharkoista kestää noin 11 työvuorota kahdella työntekijällä. Tähän vaikuttavat aukkojen mahdolliset lisäraudoitukset ja pilarien rakentaminen. Päätykolmioiden muuraaminen on myös hidasta, sillä kivet täytyy työstää oikeaan kulmaan. Nämä työvaiheet lisäävät aikataulua noin 6 työvuorota. Tällöin rungon rakentaminen kestää yhteensä 17 työvuorota. Mahdollinen talviaikainen rakentaminen myös lisää työaika.

6.4 Rungon toteutus betonielementtirakenteisena

Kohteeseen kysyttiin kolmelta eri elementtivalmistajalta tarjousta elementeistä, joista kaksi vastasi tarjoukseen aikamääreen puitteissa. Hinnat olivat välillä 210-250 € / brm². Kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia (alv 0 %). Vertailua hankaloitti elementtivalmistajien toimitussäilytö. Toinen valmistaja sisällytti elementin bruttoneliöhintaan myös asennuksen, kun taas toisen valmistajan tarjoukseen sisältyivät vain elementit. Elementtien neliöhintoihin myös vaikuttavat elementtien mahdolliset varaukset, kuten LVIS -tekniikan rasioinnit. Tähän kohteeseen ei sellaisia suunnitelmia ollut, joten tätä asiaa ei huomioitu kustannuksien laskemisessa. Toisen elementtivalmistajan tarjouksen neliöhintaan sisältyi julkisivupinnoitteena käytettävä valkoinen hienopesty pesubetonipinta, jossa on kivirouhe. Toiselta elementtivalmistajalta tämä kyseinen julkisivupinta kustantaa 30 € / m².

Rungon päätykolmiot voidaan elementtirungossa toteuttaa kolmella eri tavalla. Päätykolmiot voivat olla harkoista muurattuja, puurakenteisia tai elementeistä valmistettuja ulkokuorielementtejä, joissa ulkopinta on samantapainen kuin seinäelementeissä mutta sisäkuoren betonikuori puuttuu. Lämmöneristeenä toimii sama kuin seinäelementissä. Tällaisen elementin neliöhinta on 150 € / m². Laskelmaan valikoitui ulkokuorielementti, sillä tavoitteena on saada vertailuun kaksi täysin erilaista runkotyyppiä, joissa yhdistellään mahdollisimman vähän eri rakennustapoja.

Taulukko 3. Elementtivalmistajien toimitussisällön vertailu

	Neliöhinta (€ / m ²) alv 0 %	Asennus	Julkisivupinnoite	Yhteensä
Elementtivalmistaja A	210	Kuuluu	Kuuluu	210 € / m ²
Elementtivalmistaja B	220	Ei kuulu	30 € / m ² (alv 0 %)	250 € / m ²

6.5 Betonielementtirungon kustannusmuodostuma

Kustannukset koostuvat elementtirunkovaihtoehdossa elementeistä, niiden nostoista, juuri- ja saumavaluista, julkisivusaumauksesta sekä asennusaikaisesta tuennasta. Alla olevaan taulukkoon on valikoitu elementin neliöhinta halvemman elementtitoimittajan mukaan.

Taulukko 4. Elementtirungon materiaalikustannukset

	Määrä	Yksikkö	Hinta / yksikkö (€)	Yhteensä
Seinäelementit	185	m ²	210	38 850 €
Päätykolmioelementit (ulkokuorielementti)	26	m ²	150	3900 €
Nostotyö	20	h	100	2000 €
Tuenta (vuokrakalusto)	10	vrk	70	700 €

Juuri- / sauma- valut	5	m3	130	650 €
Julkisivun sau- maus	50	jm	4,36	220 €

Taulukko 5. Betonielementtirungon työkustannuksia

	Työme- nekki (tth / kpl)	Työryhmä (RAM+RM)	Määrä	Työsaavu- tus	Työaika (h)	Kustannus yhteensä (€)
Ulkosei- näelement- tien asen- nus	2,4	2+0	10	-	24	Asennus kuuluu ele- mentin hin- taan.
Tuenta	0,5	2+0	8	8	4	300 €
Julkisivu- saumaus		1+0	50	104	6	250 €

Edellä mainituista taulukoista saadaan kustannukset kokonaisuudessaan kyseisen kohteen elementtirungolle. Kustannukset ovat 46 570 € alv 0 %. Arvonlisävero huomioiden ne ovat noin 57 800 €. Kustannuksia nostavia tekijöitä voivat olla mm. talviolosuhteet tai elementtien asennuksen aikana kova tuuli, joka hidastaa työtä.

Elementtiseinät saadaan pystyyn noin kolmessa päivässä kokonaisuudessaan. Tämä on jopa 14 työvuorota vähemmän kuin harkkorakenteisessa rungossa. Nopean aikataulun ansiosta

saadaan vähennettyä työmaa-aikaisia käyttö- sekä yhteiskustannuksia, kuten vastaavan mestarin palkkiota, sähköä sekä muita työmaa-aikaisten koneiden ja laitteiden vuokratuk-

nuksia.

7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Tuloksena saatiin, että rungon rakentaminen on tällä hetkellä kalliimpaa elementteinä kuin harkkoina kappaletavarasta. Tähän voi vaikuttaa elementtitehtaiden työmäärä, sillä tällä hetkellä toistaiseksi rakennetaan vielä paljon eikä elementtivalmistajilla ole välttämättä mielenkiintoa haalia lisää töitä ja tämän seurauksena tarjota kilpailu- ja vertailukykyistä hintaa. Tilanne voisi olla päinvastainen, kun elementtitehtailla on töistä pulaa.

Harkkorakenteisen pientalon runkokustannukset (kattorakenteet pois lukien) ovat noin 53 663 € sis. alv. Sandwich-elementeistä toteutetun kohteen runkokustannukset nousivat noin 57 800 € sis. alv. Harkkorunkoinen tulisi noin 4000 € halvemmaksi.

Elementeistä rakennettaessa kohde valmistuu paljon nopeampaa. Tällöin tuleva asukas pääsee muuttamaan aiemmin ja tilaispäisasumisen kustannukset pienenevät. Kohteen pääura-koitsija saa myös luovutettua kohteen nopeampaa ja tätä myötä pääsee uusiin urakoihin.

Aikataulusäästön tarkka laskeminen on kuitenkin hankalaa. Elementeistä rakennettaessa suunnitteluvaiheeseen täytyy panostaa enemmän resursseja, sillä rakennuttajan muutoksia on vaikea toteuttaa työmaalla. Esimerkiksi harkkoihin LVIS-rasioinnit on helpompi siirtää tai niitä on helppo lisätä asiakkaan niin vaatiessa vielä työmaallakin. Elementtirakentamisessa tarvittava nosto- ja kuljetuskalusto myös vaatii tilaa sekä kantavan maaperän. Tämä automaattisesti nostaa työmaa-alueen kustannuksia, sillä tontin pitää olla riittävän laaja tai tilaa pitää vuokrata esimerkiksi kaupungilta.

Harkkorunkoisessa vaihtoehdossa rakennuttaja pääsee hyödyntämään hartiapankkirakentamista, jolloin työkustannukset harkkojen latomisessa pienenevät. Tätä on kuitenkin vaikea laskea tässä vaiheessa, sillä etukäteen ei ole tiedossa rakennuttajan ammattitaitoa tai kiinnostusta osallistua hankkeeseen.

8 POHDINTA

Opinnäytetyö toteutettiin omasta mielenkiinnosta aihetta kohtaan, joten työn tekeminen oli mieluisaa. Opinnäytetyön tekeminen sujui hyvin, sillä aihe oli rajattu selkeästi ja koko ajan oli tiedossa mitä työssä tullaan tutkimaan ja mitä asioita täytyy ottaa huomioon.

Tästä opinnäytetyöstä olisin saanut tarkemman ja kattavamman, jos tutkittava kohde olisi ollut todellinen sekä jo valmistunut harkko- tai sandwich–elementtirakenteisena. Tällöin kustannusjakamaa olisi voinut tarkastella ja verrata tarkemmin sekä pohtia eroavaisuuksia aina suunnitteluvaiheesta luovutukseen saakka. Myös oman ammattitaidon hyödyntäminen rakennushankkeessa olisi ollut tarkempaa, sillä ennakkoon olisi ollut tiedossa, mitä rakennuttaja pystyy itse tekemään.

Opinnäytetyön tutkimusosan tuloksia voi hyödyntää ainakin tulevaisuudessa omassa rakennushankkeessa ja mahdollisesti myös työelämässä. Opinnäytetyötä tehdessä oppi myös soveltamaan paljon jo opittuja asioita ja yhdistelemään eri opintojaksojen sisältöjä.

LÄHTEET

Betoni. (i.a.). [valokuva]. Betoni. <https://betoni.com/rakentaminen/harkkorakentaminen/>

Betonikeskus. (2002). *Betonielementtien saumavalut*. https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Betonielementtien_saumavalut.pdf

Betoniteollisuus Ry. (i.a.-a). *Suunnittelun ohjaus*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/suunnitteluprosessi/suunnittelun-ohjaus>

Betoniteollisuus Ry. (i.a.-b). *Elementtien asennus*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus>

Betoniteollisuus Ry. (i.a.-c). *Elementtien nosto-ohjeet*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/nosto-ohjeet>

Betoniteollisuus Ry. (i.a.-d). *Asentajan opas*. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/tyoturvallisuus>

Betoniteollisuus. (i.a.). *Harkkojen moduulimittojen huomioon ottaminen suunnittelussa vähentää harkkojen työstämisen tarvetta rakennusaikana* [valokuva]. Harkkokäsikirja 2010. https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2012/08/harkkokirja_2010.pdf?7e51d1

Betoniteollisuus. (i.a.). [valokuva]. Elementtisuunnittelu.fi <https://www.elementtisuunnittelu.fi/asennus/asennusohjeet/asennusaikainen-stabiliteetti>

Fescon. (i.a.). *Paksurappaus*. <https://www.fescon.fi/ratkaisut/rakentaminen-ja-rakennusteollisuus/julkisivut-ja-parvekkeet/ohut-ja-paksurappaus/kolmikerrosrappaus>

Finne J., Mattila P., Päivä T., Rautanen T., Suikka A., & Vuorinen P. (2002) *Betonielementtien saumavalut*. Suomen betonitieto.

Hakomäki, J. (2021). *Lämpöharkkoja ladottuna sekä raudoitettuna* [valokuva].

Hintikka, P. (2013). [valokuva]. <https://kotibetonia.talovertailu.fi/category/betoni/>

- Kajasoja O., Raukko J., Junntila A., & Lehtinen R. (2012). *Pientalotyömaan työturvallisuus, tilaajan opas*. Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL. https://www.pientaloteollisuus.fi/document/1/466/53365f8/tietoa_daa8b1e_Pientalotyomaan_tyoturvallisuus.pdf
- Kivifaktaa. (i.a.) *Harkot*. <https://kivifaktaa.fi/suomea-rakentamassa/harkot/>
- Kivitaloinfo. (i.a.). [valokuva]. Kivitaloinfo.fi <https://kivitaloinfo.fi/harkot/kevytsora-ja-betoniharkot/betoniharkot/>
- Kivitaloinfo. (i.a.-a). *Kaksi- vai kolmikerros-rappaus?* <https://kivitaloinfo.fi/blog/2022/05/25/kaksi-vai-kolmikerrosrappaus/>
- Kivitaloinfo. (i.a.-b). *Kivitalojen asukkaat ovat tyytyväisiä valintaansa*. <https://kivitaloinfo.fi/kivitalo-kotina/asuminen-kivitalossa/tyytyvainen-asuu-kivitalossa/>
- Lammi. (2013). *Ladottavien kivien työohjeet*. <https://www.lammi.fi/harkko/ohjeet-ja-dokumentit/tyo-ja-suunnitteluohjeet/>
- Laukaan Betoni. (i.a.). *Julkisivuelementit*. <https://www.laukaanbetoni.com/julkisivuelementit>
- Nostokonepalvelu. (i.a.). [valokuva]. Nostokonepalvelu.fi <https://kovabetoni.fi/tuotteet/seinat/>
- Palolahti T., & Mäki T. (2010). *Harkkokäsikirja 2010: Kevytsoraharkot ja betoniharkot*. Betonteollisuus. https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2012/08/harkkokirja_2010.pdf
- Peltoranta, J. (2020). *Rakennusmateriaali on makuasia*. <https://www.rakennaoinkein.fi/artikkeli-rakennusmateriaali-on-makuasia-165820/uutiset.html>
- Petrow S., & Kaskiaro T. (2016) *Harkkokäsikirja 2016: Kevytsoraharkot ja betoniharkot*. Betonteollisuus. https://kivitaloinfo.fi/wp-content/uploads/2020/10/harkkokasikirja_2016-sisallysluettelolla.pdf
- Rakennusliitto. (2013). *Nojatikkaiden käytössä piilee monta vaaraa*. <https://rakennusliitto.fi/2013/05/15/nojatikkaiden-kaytossa-piilee-monta-vaaraa/>
- Rakennustieto. (2017). *Rakennustöiden laatu 2017* (Ratu KI-6029)

Rakentajan Tietopalvelu RTI (2022). *Valintaopas rakentajalle 2022*. https://www.expressmag-net.eu/pub/108/RAKENTAJAOPAS_2022/#p=1

Sundell, K. (2001). *Kevytsoraharkot: Suunnittelu ja rakentaminen*. Suomen betonitieto.

Suomen kovabetoni. (i.a.). [valokuva]. Kovabetoni.fi <https://kovabetoni.fi/tuotteet/seinat/>

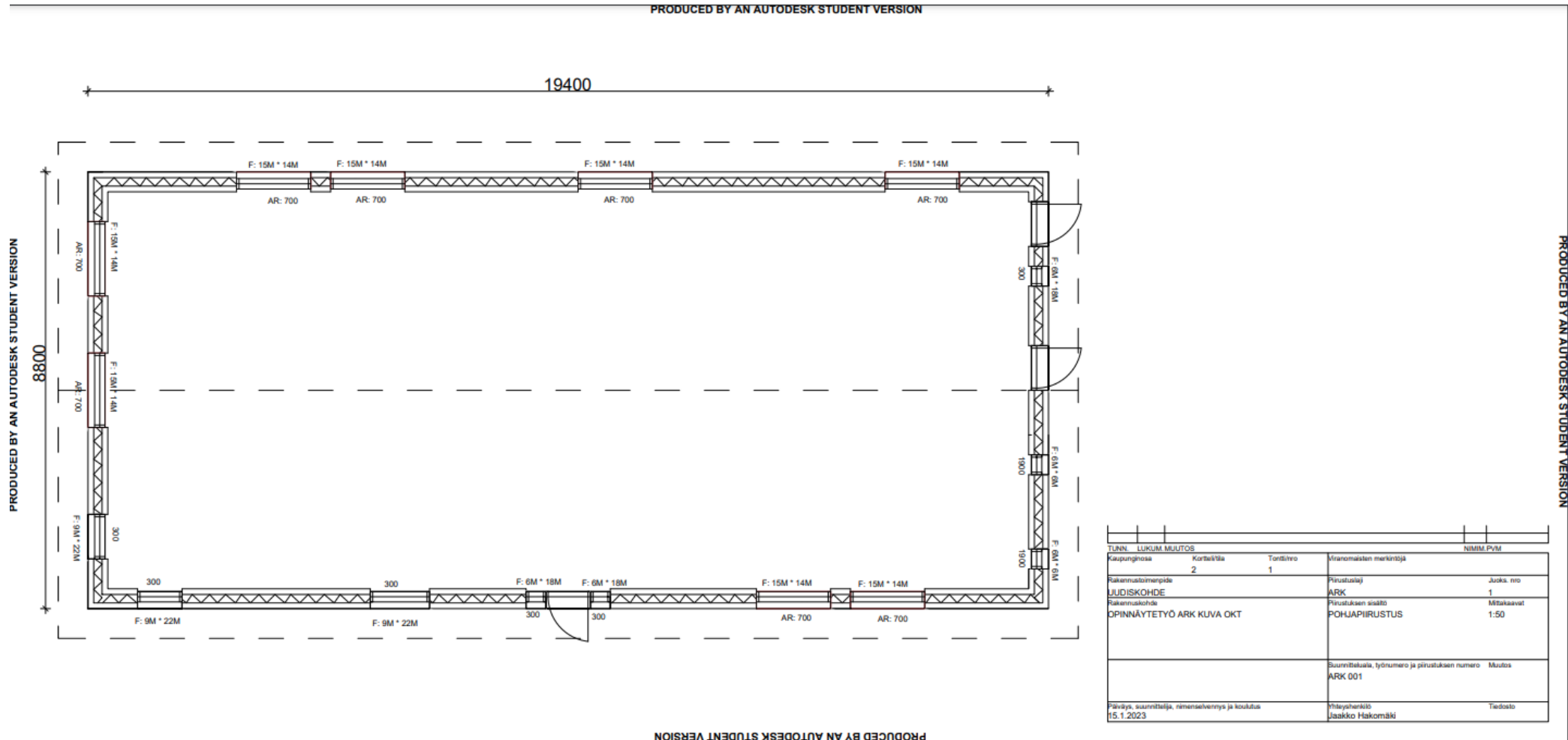
Työsuojeluhallinto. (25.10.2022). *Rakennusala*. <https://www.tyosuojelu.fi/tyoolot/rakennusala>

LIITTEET

Liite 1. Kohteen ARK- pohjapiirustus

Liite 2. Leikkaus

Liite 1. Kohteen ARK pohjapiirustus



TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMIM. Pvm	
Kaupunginosa	Korttelin	Tonttitie	Viranomaisen merkintä	
	2	1		
Rakennusmäärä	Pinnustalaj		Jukka. m	
JUDISKOHDDE	ARK		1	
Rakennuskohde	Pinnustuksen sisältö		Mittakaavat	
OPINNÄYTETYÖ ARK KUVA OKT	POHJAPIIRUSTUS		1:50	
	Suunnitteluala, työnnumero ja pinnustuksen numero		Muutos	
	ARK 001			
Päiväys, suunnittelija, nimeselvitys ja koulutus			Pinnustuksen tekijä	
15.1.2023			Jasakko Hakomäki	

Liite 2. Leikkauskuva

