

Jonna Niskanen

## **ELEMENTTI- JA HARKKORUNGON KUSTANNUSEROLASKELMA**

As.Oy Helsingin Berkka

# **ELEMENTTI- JA HARKKORUNGON KUSTANNUSEROLASKELMA**

As.Oy Helsingin Berkka

Jonna Niskanen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma, Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Jonna Niskanen

Opinnäytetyön nimi: Elementti- ja harkkorungon kustannuserolaskelma, As.Oy Helsingin Berkka  
Cost difference calculation between element and brick frame, Housing Company Helsingin Berkka

Työn ohjaaja: Vesa Pitsinki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: esim. 43 + 6 liitettä

---

Pientalorakentamisesta tuttu rakennusmateriaali on yllättänyt viime vuosina positiivisesti myös kerrostalorakentajia. Harkko on perinteinen ja muuntojoustava tuote, joka mahdollistaa korkeampienkin rakennusten rakentamisen ahtaille tonteille kustannustehokkaasti. Tilaajalla oli suunnitella harkkorunkoinen kerrostalo Helsingin Alppiharjuun. Opinnäytetyön tavoitteena oli verrata kohteen rungon kustannuksia elementti- ja harkkorakenteisena.

Opinnäytetyössä perehdyttiin seitsemänkerroksisen asuinkerrostalon harkko- ja elementtirungon kustannuksiin. Lisäksi työssä tarkasteltiin rungon rakentamisen aikaista työturvallisuutta ja logistiikkaa. Rakennusosien määrälaskenta tehtiin alustavien arkkitehtiluonnosten pohjalta sekä Solibri-ohjelmalla ja tuloksia verrattiin tilaajan suorittamaan määrälaskentaan tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi. Rakennusmateriaalien, työn ja alihankinnan hintatiedot saatiin tilaajalta ja rungon harkkotoimittajalta.

Opinnäytetyössä saatiin laadittua harkko- ja elementtirunkojen kustannuslaskelmat. Laskelmista nähdään, että harkkorunko maksaa noin 3 400 euroa (0,5 prosenttia) enemmän kuin vastaavanlainen rakennus elementtirunkoisena tässä työssä tarkasteltujen rakennusosien osalta. Harkko- ja elementtirungon rakentamisen aikataulullinen ero on 4,4 kuukautta ja tänä aikana syntyvät työmaatehtäväkustannukset kasvattavat harkkorungon kokonaiskustannuksia 155 760 euroa (22,3 prosenttia). Runkorakenteen valinnassa kannattaa kustannusten rinnalla kiinnittää huomiota rakentamisen sujuvuuteen turhien yllätysten, viivästysten ja lisäkustannusten minimoimiseksi.

Työn tutkimustulosten kokonaisvaltaisempi tarkastelu vaatisi aiheen laajentamista takuukorjauksiin, sillä ne rasittavat rakennuttajaa kymmenen vuotta kohteen luovutuksesta. Työ rajattiin harkko- ja elementtirungon runkoviheeseen syntyvien kustannuserojen tarkasteluun materiaalien, työn, alihankinnan ja työmaakaluston osalta.

---

Asiasanat: elementtirunko, harkkorunko, kustannuserovertailu, vertailu

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Civil Engineering, Option of House Building Engineering

---

Author: Jonna Niskanen

Title of thesis: Cost difference calculation between element and brick frame, Housing Company Helsingin Berkka

Supervisor: Vesa Pitsinki

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 43 + 6 appendices

---

A common building material of small houses has surprised positively the builders of block of flats. Brick is a traditional and flexible material which also makes possible to build higher buildings cost efficiently on tight plots. In Helsinki, a brickwork block of flat was planned by YIT Suomi Ltd. The aim of the thesis was to compare the costs of two different framework possibilities in the building.

In this study a comparison of cost was made between an element frame and brick frame in the seven-storey block of flat. In addition, it was planned options of work safety and logistics during the frame erection. Quantity surveying of building elements was made by architectural sketch and Solibri software. The prices of building materials, work and subcontracting were given by the client and the producer of the bricks.

The results are cost calculations of the element and brick frames which are presented in the appendices. It is seen that brick frame costs only 3 400 euros more than an identical element frame.

Overall consideration of the thesis would need an expansion of the topic to repairs under warranty. The repairs are the responsibility of the builder for 10 years after the delivery of the building.

---

Keywords: brick frame, comparison, cost difference comparison, element frame

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KERROSTALOJEN RUNKORAKENTEET .....	8
2.1	Elementtirunko .....	8
2.2	Harkkorunko .....	11
3	KUORIKIVI KK400 AS.OY HELSINGIN BERKAN RUNKOMATERIAALINA .....	14
3.1	As.Oy Helsingin Berkka .....	14
3.2	Kuorikivi KK400 .....	18
4	RUNKOVAIHTOEHTOJEN KUSTANNUKSET .....	20
4.1	Elementtirungon kustannukset .....	20
4.2	Harkkorungon kustannukset .....	21
4.3	Runkojen kustannusvertailu .....	22
5	RUNKORAKENTEEN VAIKUTUS HANKKEEN AIKATAULUTUKSEEN .....	24
5.1	Elementtirunko .....	24
5.2	Harkkorunko .....	25
5.3	Analysointi .....	25
6	HARKKORUNGON LOGISTIIKKAVAIHTOEHDOT .....	27
6.1	Väliavarastointi .....	27
6.2	Täsmätoimitukset työmaalle .....	28
7	TYÖTURVALLISUUS .....	30
7.1	Lammi-putoamissuoja .....	30
7.2	Julkisivutelineet .....	31
7.3	Yleiset putoamissuojat .....	32
8	YHTEENVETO .....	36
	LÄHTEET .....	39
	LIITTEET .....	42

## 1 JOHDANTO

Harkkoja on käytetty kerrostalorakentamisessa pienessä mittakaavassa jo useamman vuosikymmenen ajan. Kohteet ovat kuitenkin lähes aina olleet 3–4 kerroksisia pienkerrostaloja. Suurempia, 5–8 kerroksisia kerrostaloja ei ole soveltuvien harkkotuotteiden puutteen vuoksi juurikaan toteutettu. Vuonna 2018 Lammin Betoni Oy toi markkinoille uudenlaisen Kuorikivi-valueristeharkon, jolla myös suurempien kerrostalojen rungot ovat olleet mahdollisia toteuttaa. Vuonna 2019 Lohjalle rakennettiin tällä tuotteella Suomen ensimmäinen 5-kerroksinen harkkorunkoinen kerrostalo ja tämän jälkeen harkkorunkoa on nähty pientalojen lisäksi muissakin kerrostalohankkeissa. Harkkorakentaminen sopii loistavasti täydennysrakentamiseen kaupunkiympäristön luodessa omat haasteensa rakentamiseen.

Tämän opinnäytetyön kohteena on asunto-osakeyhtiö Helsingin Berkka, joka on seitsemänkerroksinen kerrostalohanke Helsingin Alppiharjussa. Asuinkerroksia on kuusi ja asuntoja 33. Rakentajana toimii YIT Suomi Oyj:n pääkaupunkiseudun asumisen yksikkö ja hanke toteutetaan yksittäisenä omaperustaisena kerrostalohankkeena eli rakennuttajana toimii yrityksen oma organisaatio. Louhinta aloitettiin marraskuussa 2021, perustusten teko aloitetaan toukokuussa 2022 ja kohteen suunniteltu luovutus on syksyllä 2023.

Opinnäytetyön päätavoitteena on verrata kohteeseen valitun harkkorungon kustannuksia vaihtoehdoisen elementtirungon kustannuksiin. Lisäksi selvitetään harkkorungon aikataulullisia vaikutuksia sisätyövaiheeseen sekä pohditaan harkkorungon työturvallisuutta ja logistisia vaihtoehtoja runkovaiheessa. Rungon kustannuslaskelmista jätetään pois rakennusosat, jotka olisivat molemmissa vaihtoehdoissa samanlaisia eivätkä näin ollen vaikuta laskelmiin.

Työssä kerrotaan kerrostalojen yleisistä runkorakenteista, minkä jälkeen siirrytään esittelemään opinnäytetyön kohdetta sekä kohteen runkomateriaalia. Teoriaosuus jatkuu runkomateriaalin tuomiin aikataulullisiin vaikutuksiin ja jatkuu runkovaiheen logistisista vaihtoehdoista työturvallisuuteen. Tämän jälkeen lukijalle avataan elementti- ja harkkorungon kustannuslaskelmamateriaalit, kustannusrakenne sekä tulokset.

Opinnäytetyössä käytetään määrällistä eli kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Teoreettinen viitekehys muodostuu lähdekirjallisuudesta, toimeksiantajan projektipankkiin tallennetuista kokousmuistioista ja asiakirjoista sekä alan asiantuntijan kanssa käydyistä sähköpostiviesteistä ja puhelinkeskustelusta. Kustannustieto saadaan kohteeseen valitulta harkkovalmistajalta sekä tilaajalta ja heidän sopimuskumppaneiltaan.

Työn tilaajana, YIT Suomi Oyj, on Suomen suurin rakennusyhtiö ja hankekehittäjä. Toiminta pitää sisällään asuin- ja toimitilarakentamisen, infran ja kaupunkikehityksen. Yritys työllistää 7 400 ammattilaista kymmenessä maassa. Yritys tavoittelee vakaata kasvua kestävää ja parempaa elinympäristöä kehittämällä.

## 2 KERROSTALOJEN RUNKORAKENTEET

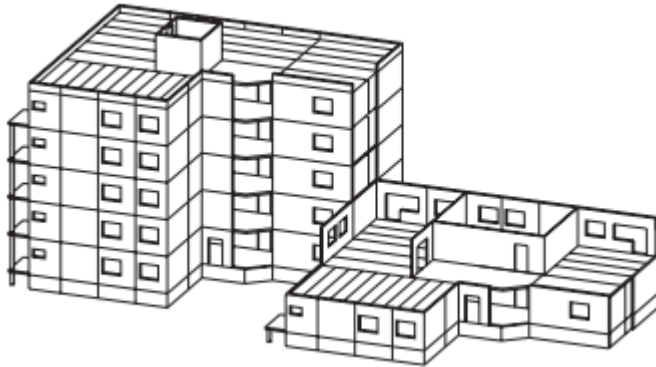
Kiviainespohjaisten rakennusmateriaalien eriomaiset ominaisuudet on tunnettu jo satoja vuosia. Suosion taustalla ovat raaka-aineiden helppo saatavuus ympäri maailman sekä edullisuus. Teräksen ja betonin eli teräsbetonin erinomaisuus perustuu yhteistoimintaan, jossa betoni vastaanottaa rakenteen puristusrasituksen ja teräs huolehtii veto- ja taivutusrasituksesta. Betoni antaa arkkitehtuurin näkökulmasta muodonannon vapauden sekä useat väri- ja pintavaihtoehdot. Suunnittelijalla on taas lukuisia mahdollisuuksia poikkileikkausten, lujuuksien, jännevälien sekä betonin muiden teknisten ominaisuuksien suhteen. Mainittakoon vielä betonin erinomaisesta sään-, kosteuden- ja palonkestävyydestä sekä ääneneristävydestä. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 263.)

Kiviainespohjaisia rakennusmateriaaleja ovat muun muassa betoni, tiilet, harkot, kevytsora sekä erilaiset laasti- ja rappautuotteet ja niiden kierrätysaste ylittää jo yli 80 prosenttia. Uudistalonrakentamisen runkomateriaaleista betonielementtien osuus oli 40 prosenttia, puun osuus 28 prosenttia ja teräksen osuus 21 prosenttia kaikkia rakennuksia tarkastellessa vuosina 2005–2020. Paikallavaletun betonin osuus oli 9 prosenttia ja muiden runkomateriaalien osuus 2 prosenttia. Sementti- ja betoniteollisuus tavoittelevat hiilineutraaliutta vuoteen 2045 mennessä. (Kivifaktaa b.)

### 2.1 Elementtirunko

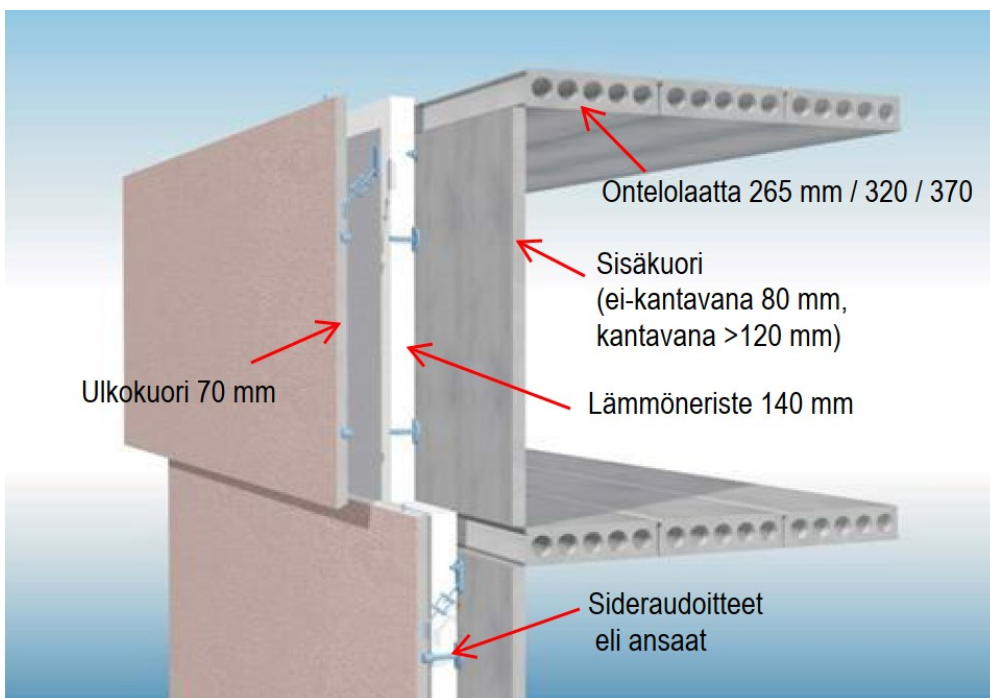
Sodan jälkeen etsittiin taloudellista ja tehokasta rakennustapaa ja ratkaisuksi keksittiin elementtirakentaminen, jossa elementit viimeistellään entistä pidemmälle tehtaissa ja työmaalla tehtävän työn määrä vähenee. Betoniteollisuus kehitti vuonna 1965 yhtenäisen 3M-moduuliin perustuvan mittajärjestelmän, jossa M viittaa kanta- eli perusmoduuliin. Kantamoduulin arvo on Suomessa 100 millimetriä ja mitoituksessa käytetään perusmittaa 1M tai sen kerrannaisia 3M, 6M, 9M ja 12M. Moduulimittajärjestelmän avulla määritetään ja varmistetaan esivalmistettujen rakennusosien yhteensopivuus asennusvaiheessa ja järjestelmän myötä kehitettiin BES-elementtijärjestelmä. BES-järjestelmä perustuu kantaviin eli rakennuksen kuormaa vastaanotaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich-ulkoseiniin ja välipohjina käytettäviin kotelo- ja ontelolaattoihin (kuva 1). (Kivifaktaa c; Suomen Betoniyhdistys 2018, 427.)





KUVA 1. Pääty- ja väliseinät sekä välipohjalaatat ovat kantavia (RT 82-10821 2004, 4)

Sandwich-elementti on tehdasvalmisteinen julkisivuelementti, jossa sideraudoitteet eli ansaat liittävät ulko- ja sisäkuoren yhteen, siirtävät ulkokuoren painon sisäkuorelle, minimoivat pakko-voimia ja estävät kuorien vääntymisen. Elementin sisäkuoren paksuus on ei-kantavana 80 millimetriä ja kantavana vähintään 120 millimetriä, lämmöneristeenä toimivan tuuletusurin varustetun lasi- tai mineraalivillan paksuus on 140 millimetriä ja ulkokuoren paksuus on 70 millimetriä. (Kuva 2.) Elementtejä saa myös valmiilla ikkuna- ja oviaensennuksilla, sähköputkituksilla sekä erilaisilla julkisivupinnoilla. (RT 82-10776 2002, 4.)



*KUVA 2. Sandwich-elementin rakenne ja ontelolaattavälipohjat (Elementtisuunnittelu 2020)*

Nykyisin käytössä oleva elementtijärjestelmä perustuu vanhaan BES-järjestelmään. Suomessa tyypillisin rakennustapa on, että kantava välipohja tukeutuu kantaviin väli- ja ulkoseiniin. Kyseinen ratkaisu mahdollistaa vapaan julkisivumuotoilun, kun välipohjaelementtien suuntaiset julkisivut ovat ei-kantavia. Asuntojen väliset kantavat seinät ovat yleensä 180 millimetriä tai 200 millimetriä paksuja raudoittamattomia betoniseiniä, jolloin ne täyttävät myös palon- ja ääneneristysvaatimukset. Ulkoseinien sisäkuori on päädyissä kantavaa teräsbetonia ja paksuudeltaan 150 millimetriä. Välipohja toteutetaan yleensä 1 200 millimetriä leveillä esijännitetyillä ontelolaatoilla tai holvien paikallavaluna. Ontelolaatan tyypillinen paksuus on 265 millimetriä, 320 millimetriä tai 370 millimetriä. Holvien paikallavalussa rakennuksen välipohjat eli kerrosten välisten lattioiden rungot tehdään kokonaisuudessaan työmaalla, sisältäen muottityön, raudoituksen sekä betonin valun ja jälkihoidon. (RT 82-10821, 2; Suomen Betoniyhdistys 2018, 428–429.)

Porrashuoneissa käytetään yleensä valmispintaisia porraselementtejä ja lepotasoina betonielementtilaattoja. Asuinrakennuksen runko jäykistetään porras- ja hissikuilulla sekä kantavilla seinillä, jotka tukeutuvat perustuksiin. Hormielementit sijaitsevat usein samassa kohdassa päällekkäisissä asunnoissa ja niitä pitkin johdetaan LVI-tekniikka. Asuntojen kerroskorkeus on vähintään 3 000 millimetriä ja huonekorkeus vähintään 2 500 millimetriä, jolloin välipohjalle ja tekniikalle jää 500 millimetriä tilaa. Parvekkeet tuetaan yleensä omilla, rakennuksen ulkopuolisella pystyrungolla, joka kiinnitetään rakennuksen runkoon. (Suomen Betoniyhdistys 2018, 428–429.)

Elementtien nosto tapahtuu elementtiasennussuunnitelman mukaisessa järjestyksessä torninos- turilla, ajoneuvonosturilla tai muulla suoritusarvoltaan ja muilta ominaisuuksiltaan riittävällä nosto- kalustolla. Maapohjan kantavuuden riittävyys on tarkistettava nosto- ja purkupaikalla sekä ele- menttien varastointipaikalla, mikäli elementtiasennus ei tapahdu suoraan kuljetusautosta. Kau- pungin tai kunnan lupa tarvitaan katualueen vuokrauksesta elementtiasennusta varten. Elementti- työryhmään kuuluu kaksi asentajaa elementin vastaanottoon ja välivarastointiin, kolme asentajaa elementtien asennukseen, yksi asentaja elementtien hitsaukseen, kaksi asentajaa saumojen muotittamiseen ja saumavaluihin sekä nosturikuljettaja. (Ratu 1202-S 2002, 10–11.)

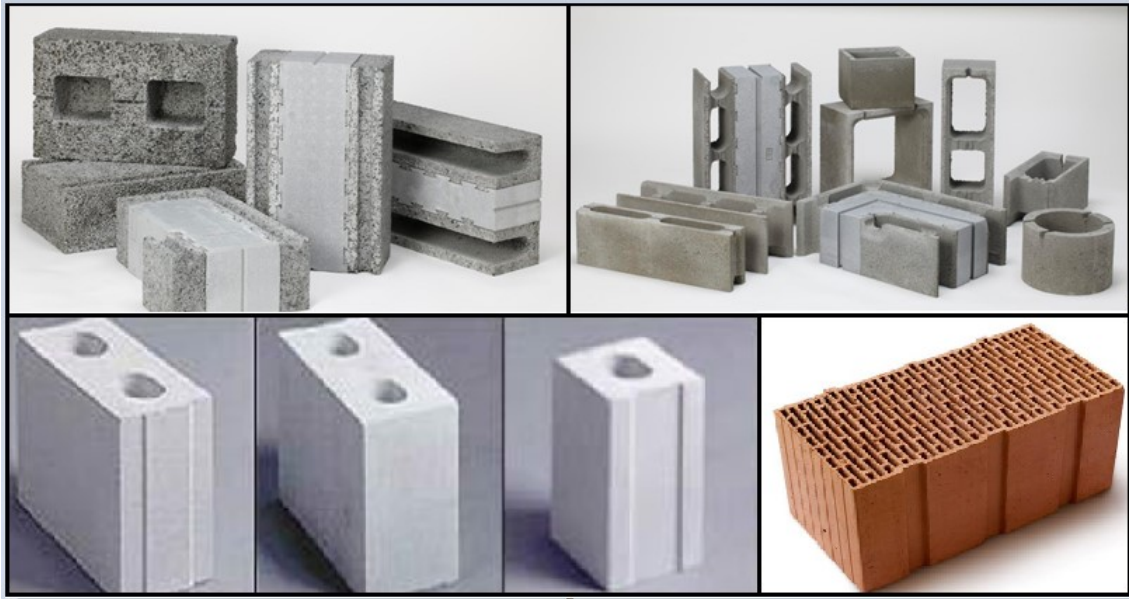
Elementtirakentamista on kehitetty vuosikymmeniä ja elementtitehtaita on useita ympäri Suomea. Koko rakennuksen runko voidaan toteuttaa elementtirakenteisena ja elementtejä voidaan tilata usealta eri valmistajalta standardisoitujen mittojen ja liitosten ansiosta. Elementtien valmistus tapahtuu säältä suojatuissa sisätiloissa valvonnan alla, mikä edesauttaa korkeaa laatua ja mitta-

tarkkuutta sekä vähentää usein hankalissa työskentelyoloissa tehtäviä työvaiheita. (RT 82-10821, 2; Kivifaktaa c.)

## 2.2 Harkkorunko

Harkkorakentaminen on yleistynyt paikallarakentamisen vähentyessä 1970-luvulla, kun elementtirakentamisesta tuli suosittua. Vanhan ja perinteisen rakennustavan kilpailukyvyn takana on rakennusteknisesti hyvin toimiva runkomateriaali, kustannustehokkuus, toimitusvarmuus sekä kivatalon tuoma ajattomuus, laadukkuus ja esteettisyys. Harkkojen käyttö on suositumpaa 3–4-kerroksisissa pientaloissa, mutta toimintakapasiteettia riittää myös 6–8-kerroksiin rakennuksiin. Harkkorakentaminen on hyvin yleistä Keski-Euroopassa myös pientaloja suuremmissa rakennuksissa. Vuonna 2019 Lohjalle valmistui Suomen ensimmäinen viisikerroksinen harkkokerrostalo Lammin KK400-kuorikivestä. (Matomäki 2019, 13; Kivifaktaa a; Betoniteollisuus 2020, 1; Simola 2020, 24.)

Erilaisia harkkoja on saatavilla laaja kirjo käyttötarkoituksesta riippuen ja jokaisella on omat ominaispiirteensä kosteuskestävyyden, lämpöeristävyyden, kestävyiden ja käsiteltävyyden suhteen. Harkkoja on sekä eristeellä että ilman ja materiaalivaihtoehtoina ovat kevytsora-, betoni-, kalkkihiekka- sekä kennotiiliharkot (kuva 3). Betoni- ja kevytsoraharkkojen valmistus alkoi Suomessa 1940–1950-luvuilla ja -70-luvulla harkkoihin kehitettiin myös lämmöneristeellinen vaihtoehto. Kalkkihiekkakiviharkkojen käyttö lisääntyi 1990-luvulla ja harkko on ollut pitkään yleinen väliseinämateriali sairaaloissa, kouluissa ja muissa julkisissa rakennuksissa. Poltetusta tiilestä valmistettu kennotiiliharkko on harkoista uusin ja sitä on käytetty muun muassa päiväkotij- ja koulurakentamisessa. (Kivifaktaa a.)



*KUVA 3. Vasemmalta oikealle, ylhäältä alas: Kevytsoraharkko, betoniharkko, kalkkiahkka ja kennoharkko (Kivitaloinfo a; Kivitaloinfo b; Kivitaloinfo c; Kivitaloinfo d)*

Harkkorungon työvaiheissa on eroja riippuen siitä, onko harkko muurattava vai ladottava. Harkkojako suunnitellaan rakennuksen pituus- ja pystysuunnassa ikkuna- ja oviaukot huomioiden. Harkkoseinä erotetaan perustuksista tai pohjalaatasta kosteudeneristeellä. Kulmiin asennettaviin muurausohjureihin merkitään harkkojen korkeusasema ja harkkorivin ulkoreunan yläpintaan laitetaan linjalanka, minkä avulla varmistetaan ladonnan suoruus ja oikea korkotaso. Valettavien eristeharkkojen pysty- ja vaakasaumoihin lisätään polyuretaania lämmöneristeen jatkumon varmistamiseksi. Rakennesuunnitelmissa määritetään irto- ja valmisraudoitteet, jotka asennetaan paikoilleen ennen valettavien harkkojen betonivalua. Raudoitteiden tulee olla puhtaita ja ruosteettomia betonin ja teräksen välisen tartunnan maksimoimiseksi. Valettavat harkot kastellaan vedellä valmistajan ohjeiden mukaisesti ennen valua tartuttavuuden parantamiseksi. (Ratu 1201-S 2002, 16.)

Harkkomuurauksen työryhmässä on yleensä 2–3 miestä ja mittamiehet mahdollisesti erikseen, mutta tämä vaihtelee työmaittain. Harkkorunko ei vaadi elementtirungon tavoin yhtä suurta nostokalustoa, vaan harkot voidaan tilata valmistajalta kerroksittain työmaalle ja nostaa lavoittain suoraan holville. Toinen vaihtoehto on varastoida harkot työmaalle tai työmaan ulkopuoliseen välivarastoon. Harkot ladotaan tai muurataan miestyövoimin ja apuna käytetään sopivaa telinekalustoa, joka on mitoitettu harkkojen ja laastin painolle sekä riittäväälle työskentelytilalle. Mikäli kyseessä

on muurattavat harkot, sääolosuhteet tulee selvittää etukäteen ja varautua sopivilla suojapeitteillä ja tukirakenteilla. (Ratu 1201-S 2002, 12–13, 33.)

Harkot sopivat runkorakenteeksi sekä pien- että asuinkerrostaloihin. Valmistajia on useita ympäri Suomea. Kun kyseessä on standardikokoinen varastotuote harkkojen saatavuus ja toimitusajat ovat edukseen. Harkot antavat suunnitteluun vapautta ja mahdollistavat monimuotoistenkin rakenteiden toteuttamisen kokonsa ja työstettävyyden ansiosta. Pituusmitat eivät ole rajoittamassa suunnittelua ja näin huonekorkeus voidaan valita melko vapaasti. Muutoksia voidaan toteuttaa vielä rakentamisvaiheessa ja työvirheidenkin korjaaminen onnistuu hyvin. Yleisin moduulimitta harkoilla on sekä pituus- että korkeussuunnassa M2. Pinnan tiiveyden ansiosta tasoitemenekki on pientä ja useimmat harkot ovat rapattavissa heti seinien pystytyksen valmistuttua. Harkkorakentaminen sopii hyvin pienelle tai monimuotoiselle tontille sekä täydennysrakentamiseen. (Matomäki 2019, 12–15; Betoniteollisuus 2020, 2.)

### **3 KUORIKIVI KK400 AS.OY HELSINGIN BERKAN RUNKOMATERIAALINA**

Lammin Betoni lanseerasi Suomen suurimmassa rakennus- ja talotekniikka-alan tapahtumassa, FinnBuildissa, vuonna 2018 kymmenvuotisen tuotekehityksen tuloksena KK400-valueristeharkon. Optimoitu tuote mahdollistaa jopa kahdeksankerroksisten talojen rakentamisen, ja tämä kilpailukykyinen ja laadukas harkko valikoitui tässä opinnäytetyössä tarkastellun kohteen runkomateriaaliksi pienen ja logistisesti haastavan tontin vuoksi. Valueristeharkon kehitystyö toteutettiin yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston ja asiantuntijapalveluita tarjoavan Eurofins Services Oy:n kanssa. (Inkiläinen 2018; Tompuri 2020, 72, 75.)

#### **3.1 As.Oy Helsingin Berkka**

YIT Suomi Oyj rakentaa seitsemänkerroksisen asuinkerrostalon osoitteeseen Helsinginkuja 6 Alppiharjun kaupunginosaan Helsingissä (kuva 4). Tontti sijaitsee noin kahden kilometrin päässä Helsingin keskustasta. Kohteeseen laadittiin asemakaavan muutos, joka mahdollistaa tontin täydennysrakentamisen pääosin 1920–1930-luvuilla rakennettujen asuinrakennusten ympärille (Alakoski 2020, 36). Tontti rajoittuu kolmelta sivulta rakennuksiin ja yhdeltä sivulta Helsinginkujaan. Kaupunkiympäristöön sijoittavan ahtaan rakennuspaikan vuoksi päädyttiin runkovaihtoehtoon, joka ei vaadi torninosturia. Louhinta alkoi marraskuussa 2021, perustusrakentaminen alkaa toukokuussa 2022 ja rungon teko alkaa kesäkuussa 2022. Kohteen suunniteltu luovutus on syksyllä 2023.



KUVA 4. As.Oy Helsingin Berkan tontti (Alakoski & Ilkka 2021)

Taloyhtiössä on yksiportainen asuinkerrostalo, jossa on kuusi asuinkerrosta. Tekniset tilat ja yhteistilat sijaitsevat kolmessa alimmassa kerroksessa ja neljä autotallipaikkaa sijoittuvat talon alimpaan kerrokseen, joka on osittain maan alla. Seitsemäs kerros on niin sanottu ullakkokerros, jossa on hieman peruserospohjasta poikkeavia asuinhuoneistoja. Yhtiöön kuuluu 33 asuntoa, joiden koot vaihtelevat yksiöistä neliöihin. Lisäksi rakennuksessa on liiketila. (Kuvat 5–6.) Tontille rakennettava piha-alue tulee yhteiskäyttöön viereisen tontin taloyhtiön kanssa.

Rakennukseen tehdään anturaperustus kallion päälle. Alapohja on maanvarainen teräsbetonilaatta, välipohjat paikallavalettua teräsbetonia ja yläpohja on puurakenteinen. Kantavat seinät ovat valuharkkoja ja ulkoseiniin tulee pääsääntöisesti rappaus. Katto on muodoltaan harjakatto ja katemateriaalina on konesaumattu pelti. Jokaisessa asunnossa on lämmöntalteenotolla varustettu huoneistokohtainen ilmanvaihto. Vesikiertoinen lattialämmitys on liitetty kaukolämpöverkkoon ja kylpyhuoneen mukavuuslämmitin sähköverkkoon. Asunnot ovat saunattomia, mutta kerhotilan yhteydessä on yhteinen sauna. Parvekkeet ovat lasitettuja ulokeparvekkeita tai lasittamattomia kattoterasseja.



*KUVA 5. Julkisivukuva pohjoisesta, Helsinginkujalta (Tynkkynen 2021)*



*KUVA 6. Julkisivukuva etelästä (Tynkkynen 2021)*

Tarkasteltavalla tontilla sijaitti ennen louhintatöiden aloittamista koko tontin levyinen kallio, joka nousi korkeimmillaan tasolle +28,9. Kallion yläpinta oli noin neljä metriä Helsinginkujan katutasoa korkeammalla. (Kuvat 7–8.) (Alakoski & Ilkka 2021, 3.) Louhintatyöt kestivät 4,5 kuukautta (kuva 10).





*KUVA 7. Näkymä pohjoisesta Helsinginkujalta syyskuussa 2021 ennen louhintatöiden aloittamista*



*KUVA 8. Koskematon tontti syyskuussa 2021*

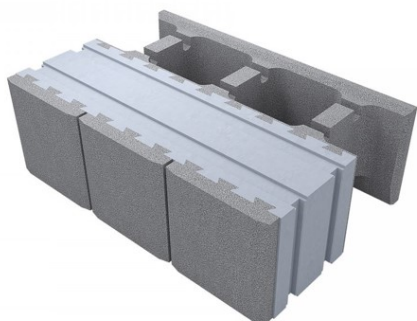


*KUVA 10. Pohjatyöt loppusuoralla maaliskuun lopussa 2022 (Tölkö 2022)*

### 3.2 Kuorikivi KK400

Uuden innovaation tavoitteena oli parantaa rappausalustan ja pinnan hallintaa sekä ominaisuuksia ja näin kehittää laadukas tuote myös suuriin julkisivuihin. Kuorikivi KK400 on kilpailukykyinen kantavuuden, kuormitus- ja maanpainekestävyyden sekä ääneneristävyyden ja säilyvyyden ansiosta. Harkon ulkokuoressa on erinomainen iskunkestävyys ja julkisivu on valmis rapattavaksi heti valun jälkeen. Tuotekehityksen myötä harkon palonkesto-ominaisuudet ovat loistavat ja ominaisuuden merkittävyyttä lisää huomattavasti tuotteen sisältämä EPS-lämmöneriste, jota pidetään yleensä polttokokeiden hyväksynnän heikkona kohtana. CE-merkitylle tuotteelle on myönnetty tuotesertifikaatit ja Rakennussäätiö RTS on luokitellut sen sisäilman laatuasteikon parhaaseen M1-päästöluokkaan. (Lammi a.)

Kuorikivi KK400 on yksi Kuorikivi-tuoteperheen kuudesta harkkotuotteesta. Kuorikivi on valueristeteharkko, joka koostuu 190 millimetriä paksusta valuharkkosisäkuoresta, 185 millimetriä paksusta vaarnaliitoksella kiinnitetystä lämmöneristekerroksesta sekä 25 millimetriä paksusta uritetusta ulkokuoresta. Rappausalustana toimiva ulkokuori on jaettu 200x200 millimetrin ruutuihin, minkä myötä mahdolliset hiushalkeamat jäävät haittaamattoman kapeiksi ja rappaukseen kohdistuvat pakovoimat pieniksi. Lämmöneristeenä on grafiittia sisältävää solupolystyreenieristettä (EPS, Expanded Polystyren) ja kantavana rakenteena toimii vain valettu sisäkuori. Pintarappaus toteutetaan ohutrappauksena, joka koostuu verkotuslaastikerroksesta, primerista eli pohjusteesta sekä hiesto- tai ruiskutusmenetelmällä tehdystä lopullisesta pinnasta. (Kuva 11.) (Lammi 2018, 1; Betoni 2020 (4) 75; Tompuri 2020, 4.)



KUVA 11. Kuorikivi KK400 (Lammi 2018, 1)

Kuorikiviseinän yleisimmät perustamistavat ovat maanvarainen anturaperustus tai paaluperustus. Harkkoseinien toteutuksessa on työmaakohtaisia eroja, mutta tyypillisesti ulkoiseinäharkot ladotaan ja raudoitetaan ensin rakenteen sisäpuolelta käsin noin 1–1,5 metriin saakka, minkä jälkeen samat työvaiheet toistetaan väliseiniin. Kantavat väliseinät liitetään ulkoseinään loveamalla ulkoiseinäharkon sisäkuoreen kaistale ja lisäämällä kivien liitoskohtaan kiviliimaa. Tämän jälkeen seiniin asennetaan sähkö- ja lvi-putkitukset sekä hanakulmat ja kojerasiat. Harkot kastellaan ennen valua sisä- ja ulkopuolelta suunnitellun lujuuden ja valun onnistumisen saavuttamiseksi. (Lammi 2021, 6–7, 11, 14, 25–26; Inkiläinen 2022.)

Lopuksi seinät valetaan 1–1,5 metriin ja tämän jälkeen samat työvaiheet toistuvat telineiltä käsin. Jälkihoitona seinärakennetta kastellaan runsaasti noin 2–6 vuorokautta, kunnes betoni on saavuttanut vähintään 50 prosenttia nimellislujuudesta. Harkkojen katkaisutarpeen minimoimiseksi rakennus on suositeltavaa mitoittaa 2M-moduulimitoilla. Kivien mahdollinen työstäminen tapahtuu kulmahiomakoneella tai tarpeen kasvaessa timanttivesileikkurilla tai harkkosirkkelillä. Aukonylytykset toteutetaan Lammi Betonin omalla liittoprofiililla. (Lammi 2021, 6–7, 11, 14, 25–26; Inkiläinen 2022.)

Kuorikivi KK400 lanseerauksen jälkeen tuotetta on käytetty niin rivi- kuin kerrostalojenkin runkomateriaalina. Kesäkuussa 2022 Helsingin Liisankatu 14:n sisäpihalle valmistuvat kaksi kerrostaloa perustettiin porapaaluille ja kellarikerros ja alin asuin kerros toteutettiin paikallavaluna ja neljä ylintä kerrosta valuharkkorakenteisina logistisista syistä johtuen (Tompuri 2022, 26–27). Lohjalle valmistui 2020 valmiiseen kaupunkiympäristöön Suomen ensimmäinen viisikerroksinen asuintalo, jonka runkomateriaalina toimi myöskin Lammin valueristeharkko. Urakoitsija päätyi tuotteeseen vahvan kivitaloastan, ahtaan tontin ja vakuuttavan tuotteen myötä. Kuorikivi on saanut kiitosta tehokkaan rakentamisen mahdollistajana, sillä varastointitilaa ei välttämättä tarvita, pinta voidaan rapata saumattomaksi heti valun jälkeen ja tuotteiden saatavuus on erinomainen. (Simola 2020, 24; Urpela 2020, 7–9; Lammi b.)

## 4 RUNKOVAIHTOEHTOJEN KUSTANNUKSET

Rakennuksen kustannukset jaetaan investointi- eli perustamiskustannuksiin ja ylläpitokustannuksiin. Investointikustannukset sisältävät rakennuksen materiaalikustannukset, rakentamisen vaati- mien koneiden ja laitteiden sekä tontin kustannukset. Rakennuksen käyttö-, huolto- ja kunnossa- pitokustannukset ovat ylläpitokustannuksia. Karkeat kustannukset määräytyvät suurilta osin suunnitteluvaiheessa ja tarkentuvat hankkeen edetessä. Asuinkerrostalon kustannusten suuruu- teen merkittävimmin vaikuttavat tilantarve, tiloissa harjoitettava toiminta, olosuhteet, suunnittelu- ratkaisut sekä suhdanteet sekä toteuttamismuoto ja -aikataulu. Suunnitteluohjauksen avulla pyri- tään toteuttamaan asetettujen tavoitteiden mukainen rakennushanke tarkoituksenmukaisin kus- tannuksin. Kustannustavoitteeseen pääseminen edellyttää kustannushallintaa koko rakennuspro- sessin ajan. Rakennushankkeen valmistuttua tehdään jälkilaskenta, jonka myötä selviää hank- keen taloudellinen tulos. (Ratu 2018, 6–8, 13, 20.)

Luvuissa 4.1–4.2 esitetään As.Oy Helsingin Berkkaan tehdyn harkko- ja elementtirungon kustan- nukset. Lähtötietoina on rakennusosien määrät, jotka on otettu Solibri-ohjelmasta. Kustannustieto on peräisin kohteeseen valitulta harkkovalmistajalta, Lammin Betoni Oy:ltä, sekä YIT Suomi Oyj:n sopimuskumppaneilta ja ARK Indeksitalo 2021:stä. Viimeksi mainituin on kuvitteellinen hanke, mutta kooltaan ja rakennusosiltaan YIT Suomi Oyj:n pääkaupunkiseudun asuinkerrostalokoh- teiden keskimääräinen hanke, joten se antaa materiaaleille ja työlle keskimääräiset kustannukset. Kustannusten tarkastelu on rajattu käsittelemään niitä rakennusosia, jotka ovat erilaiset harkko- ja elementtirungossa. Luvussa 4.3 analysoidaan elementti- ja harkkorungon kustannuslaskelmia.

### 4.1 Elementtirungon kustannukset

Elementtirungon kustannusjakauma on esitetty liitteessä 1. Suurimmat kustannuserät ovat ulko- seinät ja betoniväliseinät. Ulkoseinien kustannukset pitävät sisällään elementit asennuskustan- nuksineen, elementtien saumakohtiin tehtävät vaaka- ja pystysaumajutokset, elementti- saumauksen sekä elementtiasennustarvikkeet. Asennustarvikkeet pitävät sisällään asennus- ja korkopalat elementtien vaakasuoruuden säätämiseen sekä elementtituet pystysuoruuden säätä- miseen. Betoniväliseinien kustannukset sisältävät elementit asennuksineen sekä pysty- ja vaaka- saumavalut. Ulkoseinien osuus on 41,5 prosenttia eli 288 300 euroa ja betoniväliseinien osuus on

31,9 prosenttia eli 221 400 euroa rungon kokonaiskustannuksista. As.Oy Helsingin Berkka kustantaa elementtirakenteisena rungon osalta 694 600 euroa.

Kolmanneksi ja neljänneksi suurimmat kustannuserät ovat elementtien kuljetuskustannukset ja torninosturista aiheutuvat kustannukset. Tämän opinnäytetyön elementtirungon kustannuslaskelmassa elementtien kustannukset kuljetuksineen otettiin tilaajan vuosisopimuskumppanilta, jonka tehdas on Virossa. Näin ollen kuljetuskustannusten osuus rungon kokonaiskustannuksista on 10,2 prosenttia eli 70 800 euroa.

Neljänneksi suurin kustannus aiheutuu torninosturista, jota tarvitaan elementtien paikalleen nostoon joko kuljetusautosta tai elementtifakista eli elementtitelineestä. Torninosturin kustannukset sisältävät torninosturin vuokrauksen kolmeksi kuukaudeksi, nosturikuskin palkkakustannukset sekä pystytys- ja purkukustannukset. Lisäksi torninosturin alle on tehtävä perustukset, jotka rakennesuunnittelija mitoittaa ohjeisiin ja standardeihin perustuen. Perustuskustannuksia ei kuitenkaan ole sisällytetty laskelmaan. Torninosturikustannukset ovat 9,1 prosenttia eli 63 000 euroa rungon kokonaiskustannuksista. Neljän suurimman kustannuserän osuus rungon kokonaiskustannuksista on 92,6 prosenttia eli 643 500 euroa. Loput 7,4 prosenttia pitävät sisällään rungon etuputsin eli betonipintojen jälkityön, parvekkeiden ja holvin putoamissuojauksen sekä vuokrattavan tavarahissin, jolla kuljetetaan tavaraa kerroksiin runkovaiheen aikana.

## **4.2 Harkkorungon kustannukset**

Harkkorungon kustannusjakauma on esitetty liitteessä 2. Suurimmat kustannuserät ovat ulkoseinät ja kalustosta aiheutuvat kustannukset runkovaiheessa. Ulkoseinäkustannukset sisältävät harkkoseinien pystytyksen materiaaleineen ja töineen eli seinien ladontatyön, raudoituksen ja betonoinnin. Ulkoseinäkustannusten osuus on 36,2 prosenttia eli 252 400 euroa rungon kokonaiskustannuksista. Toiseksi suurin kustannuserä on kalustovuokrat 33,0 prosentin eli 230 300 euron osuudella runkovaiheen kustannuksista. Kalustokustannukset muodostuvat pääasiassa julkisivutelineiden vuokraus- ja pystytyskustannuksista sekä ajoneuvonosturin vuokrauksesta. Julkisivutelineiden kokonaiskustannuksista on arvioitu laskelmiin osuus, joka sisältyy runkovaiheeseen. Telineet toimivat holvin putoamissuojauksena ja niiltä tehdään myöhemmin julkisivurappaus. Julkisivutelineiden sijaan on myös mahdollista käyttää esimerkiksi Lammi-

putoamissuojaa ja vuokrata julkisivutelineet vain julkisivun rappauksen ajaksi, jolloin kustannuksia saadaan pienemmäksi. Jälkimmäinen tapa on yleisempi tapa harkkorunkoisissa kohteissa.

Kolmanneksi suurin kustannuserä on harkkoväliseinät, joiden osuus kokonaiskustannuksista on 19,1 prosenttia eli 133 600 euroa. Kustannukset sisältävät väliseinien ladontatyön sekä raudoituksia ja betonointimateriaalit. Kolme suurinta kustannuserää muodostaa 88,3 prosenttia rungon kokonaiskustannuksista. Loput kustannuksista sisältävät sisäpuolen etuputsin 6,4 prosentin, ulkopuolen etuputsin 2,9 prosentin, betonin kuljetuskustannukset ja koekappaleet 1,3 prosentin osuuksilla sekä harkkojen rahtikustannukset tehtaalta välivarastoon 1,1 prosentin osuudella.

### 4.3 Runkojen kustannusvertailu

Taulukossa 1 kustannukset on jaettu kuudelle litteralle vertailun helpottamiseksi: Rungon etuputsi, kantavat seinät, asuntojen ulkopuoliset betonipintojen jälkityöt, kalusto sekä logistiikka. Luvut ovat peräisin liitteinä 1 ja 2 olevista kustannuslaskelmista. Opinnäytetyössä tarkasteltavaksi valittiin tilaajan virolainen elementtitoimittaja, joten logistiikkakustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin kotimaiselta toimittajalta tilattuna. Betonipintojen jälkityö- ja kalustokustannukset ovat yli 200 prosenttia suuremmat harkko- kuin elementtirungossa. Torninosturin kuukausivuokra on suuri, mutta ajallisesti lyhyt jakso, kun taas harkkorungon pystytys kestää pidempään ja vaatii sisä- ja ulkopuolen telineet. (Taulukko 1.)

TAULUKKO 1. Harkko- ja elementtirungon kustannusvertailu litteroittain

KUSTANNUSVERTAILU LITTEROITTAIN							
Littera	Litteran nimi	Elementtirunko	Lisätietoa	Harkkorunko	Lisätietoa	Ero €	Ero %
1230	Rungon etuputsi	31 001,77		44 638,34		13 636,57	44,0 %
1232	Kantavat seinät	221 435,57		133 612,82		87 822,75	65,7 %
1240	Betonipintojen jälkityöt, ulkopuoli asunnot	6 587,46		20 356,38		13 768,92	209,0 %
1241	Ulkoseinät	288 271,02		252 382,59		35 888,43	14,2 %
342	Kalusto	76 499,49	Torninosturi+kuski (62999€), tavarahissi, holvi- ja parvekekaidesuojat	230 338,72	Rungon osuus julkisivutelineiden kustannuksista, sisäpuolentelineet, tavarahissi, ajoneuvonosturi , 1 ram kuljettamssa harkkoja välivarastolta työmaalle	153 839,23	201,1 %
	Logistiikka	70 778,85	Elementit Virosta	16 605,95	Harkkojen toimitus Lammi-Välivarasto Hki + betonoinnin kuljetuskustannukset pk-seutu (sis.pumppuauton käyttö)	54 172,90	326,2 %
	<b>Yhteensä</b>	<b>694 574,16</b>		<b>697 934,80</b>		<b>3 360,64</b>	<b>0,5 %</b>

Taulukossa 2 on vertailtu työ- ja materiaalikustannuksia. Harkkorungon materiaalit, eli betoniharkot, niiden sisään valettava betonimassa sekä asennustarvikkeet, ovat noin 170 000 euroa edullisempia runkomateriaaleja kuin betonielementit pysty- ja vaakasaumajuotoksineen. Harkkorungon työkustannukset ovat kuitenkin noin 57 000 euroa kalliimmat kuin elementtirungossa. (Taulukko 2.) Harkkorungon pystytys tehdään neljän hengen muurausryhmällä ja arvioitu kesto on 7 kuukautta, kun elementtirungossa kesto olisi kolme kuukautta. Käytännössä harkko- ja elementtirunkojen kustannukset ovat samat, sillä harkkorunko kustantaa tässä opinnäytteessä rajattujen asioiden puitteissa vain 3 360 euroa enemmän kuin samanlainen rakennus elementtirakenteisena.

TAULUKKO 2. Harkko- ja elementtirungon työ- ja materiaalikustannusvertailu

TYÖ- JA MATERIAALIKUSTANNUSTEN VERTAILU						
	Elementtirunko	Lisätietoa	Harkkorunko	Lisätietoa	Ero €	Ero %
Rakennusmateriaalikustannukset	360 768,73	Etuputsit, pysty- ja vaakasaumajuotokset, elementtiasennustarvikkeet eivät mukana.	190 064,32	Etuputsit eivät mukana. Harkkojen as.tarvikkeet mukana.	170 704,41	89,8 %
Työkustannukset	128 840,00	Etuputsit, pysty- ja vaakasaumajuotokset, elementtiasennustarvikkeet eivät mukana	185 874,68	Etuputsit eivät mukana	57 034,68	30,7 %
<b>Yhteensä</b>	<b>489 608,73</b>		<b>375 939,00</b>		<b>113 669,73</b>	<b>30,2 %</b>

## 5 RUNKORAKENTEEN VAIKUTUS HANKKEEN AIKATAULUTUKSEEN

Rakennushankkeeseen varattuun rakentamisaikaan vaikuttavat muun muassa tilan tarve, rakennuksen suunniteltu käyttöönottoaika, tilaajan ja rakennuttajan käsitys kohtuullisesta rakennusajasta, rahoitustilanne, myyntimahdollisuudet sekä viranomaisten toiminta ja suunnitelmien valmistuminen. Lisäksi rakennusliikkeiden tuotannon kokonaissuunnittelu vaikuttaa osaltaan kohteiden rakennusajan kireyteen sekä aloitusajankohtaan, joka ei ole aina optimaalinen. Rakentamisen aikataulutukseen vaikuttavat myös olosuhteet, päärakennusmateriaali, talotekniset järjestelmät, toteutusmuoto ja -tapa, rakennusfysikaaliset tekijät sekä aloitusajankohta. (Ratu 2017, 64.)

Rakennuttajan laatiman hankeaikataulun karkeat suunnitelmat tarkentuvat tarkoiksi tavoitteiksi yleisaikataulun sekä työaikataulujen laatimisen myötä. Rakennuttajalle on merkittävää kohteen aikataulunmukainen valmistuminen budjetissa pysymisen, mutta myös laadun kannalta. Huono aikataulupitävyys näkyy usein laatuvirheinä. Työkohteen työmenekkilaskennan ja resurssisuunnittelun avulla saadaan realistinen työaikataulu, jota tarkennetaan viikko- ja tehtäväsuunnittelulla. (Ratu 2016, 8; Ratu 2017, 41.)

Luvuissa 5.1 ja 5.2 esitetään rakennusosien määrälaskennan pohjalta laaditut kokonaistyömene-  
kit As.Oy Helsingin Berkan harkkorunkoon sekä identtiseen elementtirunkoon. Luvussa 5.3 ana-  
lysoidaan runkojärjestelmien aikataulullisia vaikutuksia.

### 5.1 Elementtirunko

Elementtirungon työmenekkitarkastelut on esitetty liitteessä 3. Työvaiheena ovat väliseinäele-  
menttien asennus, sandwich- tai ulkoseinäelementtien asennus, saumavalu ja pystyseinäpump-  
saus. Työvaiheet sekä esitetyt T3-ajat on otettu Ratu-kortista 1202-S. Rungon keskimääräiseksi  
kerroskohtainen kesto on 2,9 työvuoroa neljän hengen työryhmällä laskettuna. Kokonaiskestoksi  
on saatu 20,5 työvuoroa eli reilu kuukausi, holvit laskuista pois jättäen.

Elementtirungon kokonaistyömenekkilaskelman tuloksia voidaan pitää realistisina. Kerroskohtai-  
nen rungon tahdistus voisi olla seuraavanlainen: Ensimmäisenä päivänä ulkoseinäelementtien  
asennus, toisena päivä väliseinä- ja hissikuiluelementtien sekä massiivilaattojen asennus ja kol-  
mantena päivänä hormi- ja porraselementtien asennus sekä täsmätoimitusten vastaanotto. Ele-  
menttien saumat voidaan valaa holvin teon yhteydessä tai tehdä pystysaumapumppauksena,



joka voitaisiin suorittaa kolmantena päivänä. Työvaiheissa ei ole huomioitu elementtien vastaanottoa ja varastointia, ja lisäksi elementtien kappalemäärät vaikuttavat työn keston. Nämä tiedot pitäisi huomioida elementtiasennusaikataulun laadinnassa. As.Oy Helsingin Berkan kerrospohja ei ole kovin iso, joten edellä esitetty kolmipäiväinen toteutus on kuitenkin realistinen. (Malila 2022.)

## 5.2 Harkkorunko

Harkkorungon työmenekkitarkastelun laskelmat on esitetty liitteessä 4. Työvaiheena ovat mittaus, harkkojen käsinsiirrot, telinetyö, harkkojen ladonta, raudoitus, liimaus, valu, siivous ja suojaus sekä väliseinien mittaus, materiaalien siirrot ja telinetyö. Työmenekkien T3-ajat on otettu Raturkortista S-1201. T3-aika on tehollinen aika, joka on tavoitteellinen työmenekki ilman yli tunnin mittaisia keskeytyksiä ja häiriöitä (Ratu 2017, 63). Kokonaistyömäärät on esitetty kerroksittain kerroskohtaisen kokonaistyömenekin saamiseksi. Harkkorungon työryhmässä tulee olemaan kaksi miestä ja työryhmiä on kaksi, joten runko pystytetään näin ollen neljän miehen voimin. Laskelmista nähdään, että rungon keskimääräinen kesto on 15,3 työvuoroa per kerros. Kokonaiskesto on 107,1 työvuoroa eli 5,4 kuukautta. Kokonaiskesto pitää sisällään kaikkien seitsemän kerroksen harkkoseinien pystytyksen, mutta ei kerrosten holvien tekoa.

As.Oy Helsingin Berkkaan laaditussa runkoaikataululuonnoksessa 1–5 kerrosten keskimääräinen kesto on 12 työvuoroa kahdella kahden miehen työryhmällä toteutettuna. Työmenekit pitävät sisällään ulko- ja väliseinien muurauksen sekä valut. Kahden alimman kerroksen kestot ovat muita kerroksia pidempiä, sillä ne sisältävät paikallavaluseiniä ja -pilareita. Runko nousee suunnitelmien mukaan 84 työvuorossa eli 4,2 kuukaudessa sisältäen ulko- ja väliseinien muurauksen sekä valun. Rungon kokonaiskesto kasvaa 155 työvuoroon eli 7,8 kuukauteen, kun mukaan lasketaan holvien muottityö, raudoitus, talotekniikan asennus ja valu sekä hormielementtien asennus.

## 5.3 Analysointi

Harkkorungon pystytyksen kokonaiskesto on laskelmien mukaan 107 työvuoroa eli 5,4 kuukautta ja identtisen elementtirungon kokonaiskesto on 21 työvuoroa eli yhden kuukauden tähän oppinäytetyöhön rajattuja rakennusosia tarkasteltaessa. Holvien teko vaatii saman ajan seinärakenteesta riippumatta, joten holvit eivät ole mukana laskelmissa.

Pidempi rakennusaika kasvattaa aikasidonnaisia kustannuksia, joita ovat työnjohdon palkat, konevuokrat, kalusto, työmaan ylläpito ja rakennuksen ylläpito sekä tilaajan mahdolliset sanktiot viivästymisestä johtuen (Ratu 2017, 64). Liitteessä viisi esitetään laskelma, josta ilmenee harkkorungon 4,4 kuukautta pidemmästä rakennusajasta syntyvät työmaatehtäväkustannukset. Rakennushankeen laajuus vaikuttaa kustannusten suuruuteen.

Luvussa neljä käytiin läpi elementti- ja harkkorungon kustannuserolaskelma, josta selviävät kustannukset sekä erot niiden jakautumisessa eri runkorakenteissa. As.Oy Helsingin Berkassa rakennusolosuhteet määrittivät runkorakenteen. Runko oli saatava pystytettyä ilman torninosturia tontin ahtaudesta johtuen.

## 6 HARKKORUNGON LOGISTIikkAVAIHTOEHDOT

Työmaan on suotavaa laatia logistiikkasuunnitelma, jossa kuvataan rakennusmateriaalien kuljetuksia, kuorman purkua, varastointia, siirtoa, siivousta ja suojausta. Logistiikkaa pitää miettiä kokonaisuutena ja tarvittaessa laatia omat logistiikkasuunnitelmat maanrakennus, perustus-, runko- ja sisävaiheeseen. Runkovaiheessa on mietittävä jo sisävaiheen materiaaleja ja mahdollisesti nostaa holville jo rungon rakentamisen aikana painavia tuotteita, kuten ikkunat ja ovet sekä väliseinien kipsilevyt. Helposti vaurioituvat materiaalit kannattaa tuoda asennuspaikalle vasta niitä tarvittaessa. Logistiikkasuunnitelmien tavoitteena on materiaalivirtojen tehokas hallinta, jolloin oikeat tuotteet ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Tämä mahdollistaa aikataulussa pysymisen ja kustannusten pienemisen hukkaa välttämällä, jolloin työn tuottavuus paranee.

As.Oy Helsingin Berkan runkovaiheen tarkkaa logistiikkasuunnitelmaa harkkojen varastoinnin ja kuljetuksen osalta ei ole vielä päätetty. Vaihtoehtoina on ostaa tuotteiden varastointi ja täsmätoimitukset työmaalle samalta palveluntarjoajalta tai vuokrata varastotila ja huolehtia itse tavarankuljetuksesta välivaraston ja työmaan välillä. Logistiikkavalintoja tehdessä kustannustehokkuus on hyvä kriteeri, mutta vielä tärkeämpää on valita logistisesti järkevä vaihtoehto, mikä edistää työnteon jouhevuutta ja työn tuottavuutta.

### 6.1 Välivarastointi

Välivarastoinnissa tuotteet kuljetetaan työmaalle välivarastolta haluttuina erinä ja ajankohtina. Materiaalivalmistajalta varmistetaan tuotteiden suojausohjeet ja noudatetaan niitä, jotta tuotteiden ominaisuudet eivät muuttuisi. Esimerkiksi vesi, sade, kosteus, lumi ja auringonvalo voivat heikentää materiaalien ominaisuuksia. Tuotteet varastoidaan aluspuiden tai kuormalavojen päälle kosteusvaikutusten minimoimiseksi.

As.Oy Helsingin Berkassa välivarasto vuokrataan mahdollisesti toimijalta, joka hoitaa myös rakennusmateriaalien toimituksen työmaalle. Toinen vaihtoehto on, että vuokrataan vain varastorakennus sekä riittävällä nostokapasiteetillä varustettu kuljetusauto rungon ajaksi ja varataan yksi mies runkovaiheeseen huolehtimaan välivaraston ja työmaan välisistä materiaalikuljetuksista.

Talotekniikkatuotteet, ikkunat sekä kevyiden väliseinien ja alakattojen kipsilevyt tullaan ottamaan työmaalle välivaraston kautta. Ikkunat ja mahdolliset osa kipsilevyistä otetaan kerroksiin rungon pystytyksen mukana, mutta muut haalataan kerroksiin myöhemmin. Holvisuunnitelman laatimisen jälkeen selviää, mitä rakennusmateriaaleja varastoidaan ja tuodaan kerroksiin missäkin rakennusvaiheessa niin, että kulkuväylät ja työympäristö ovat riittävät ja asianmukaiset. Logistiikkasuunnitelmaa laatiessa on huomioitava julkisivutelineiden materiaalitoimitukset sekä sisäpuolisten telineiden vaatima tila holvilla.

## **6.2 Täsmätoimitukset työmaalle**

Täsmätoimituksessa rakennusmateriaalit tuodaan suoraan työmaalle tarkasti etukäteen sovittuna ajankohtana. Tuotteet merkitään yleensä rajattuun toimituskohteeseen, kuten kerrokseen tai huoneistoon. Tuotteet tulevat usein suoraan tehtaalta tai terminaalista eli logistiikkakeskuksesta työmaalle.

As.Oy Helsingin Berkan runkovaiheen logistiikkavaihtojen täsmätoimitukset voitaisiin hoitaa kahdella eri tyylillä. Yksi vaihtoehto on, että harkkotoimittaja, Lammin Betoni Oy, toimittaa harkot kerroksittain tehtaalta suoraan holville etukäteen sovittuna ajankohtana. Alempien kerrosten toimitukset sujuisivat kohtuu kivuttomasti, mutta ylempiin kerrosten kohdalla pitäisi ottaa suurempi nosturi käyttöön. Suurempi nostokalusto veisi tilaa harkkoilta, mikä lisäisi kuljetuskertojen määrää tehtaalta työmaalle. Harkkovalmistajan ja työmaan etäisyys on noin 125 kilometriä.

Toinen vaihtoehto on, että ulkopuolinen varasto- ja täsmätoimituspalveluja tarjoava yritys toimittaa halutun rakennusmateriaalierän etukäteen sovittuna ajankohtana työmaalle. Täsmätoimituksilla otetaan myös talotekniikkatuotteet, ikkunat sekä kevyiden väliseinien ja alakattojen kipsilevyt. Kun toimituserien sisältö ja tarkka aikataulu sovitaan hyvissä ajoin etukäteen ja ilmoitetaan puolin ja toisin mahdollisista muutoksista, on työmaalla hyvät edellytykset kustannussäästöihin ja onnistuneisiin kokonaisuuksiin.

Täsmätoimitus edellyttää tarkkaa aikataulusuunnittelua sekä avointa kommunikointia toimittajan ja työmaan välillä. Työmaan tulee tiedottaa toimittajaa aikataulu- ja suunnitelmamuutoksista ja toimittajan tai kuljettajan informoitava työmaata mahdollisista häiriötilanteista. Kuljetuksen on oltava työmaalla sovitun aikataulun mukaisesti ja työnjohdon on varmistettava, että mesta ja pur-

kupaikka sekä tarvittava nostokalusto ovat valmiina. Toimittajalle tai kuljetusliikkeelle voidaan antaa työmaan aluesuunnitelma, johon on merkitty tuotteiden purkupaikka työn sujuvuuden varmistamiseksi. Näin varmistetaan, että tuotteita ei pureta väärään paikkaan, mikä hidastaisi työtä ja aiheuttaisi ylimääräisiä tavaransiirtoja.

As.Oy Helsingin Berkassa kumpikaan vaihtoehto ei ole huono, mutta välivaraston fyysinen läheisyys vähentää riskiä mahdollisiin kuljetusviivästyksiin, jotka aiheuttaisivat hukka-aikaa. Potentiaalinen varasto- ja täsmätoimitusten tarjoaja on Kahva Oy, jota on käytetty useammalla YIT Suomi Oy:n pääkaupunkiseudun kerrostalotyömaalla. Kyseisen toimijan varastoon otettaisiin runkomateriaalin lisäksi sisävaiheen tuotteita, mikä lisää myös tuotteiden toimitusvarmuutta työmaalle, kun materiaalit ovat yhdessä varastossa. Kahva Oy tarjoaa myös kodinkoneiden asennuksia ja mikäli heidän urakkaansa sisällytettäisiin myös kodinkoneasennukset, ei työmaalle tarvitsisi perehdyttää uutta aliurakoitsijaa. YIT Suomi Oy:n kuuden työmaan laatiman toimittaja-arvioiden arvosanat ovat 4,4–4,7 arvioitaessa Kahva Oy:n henkilöstöä, aikataulun pitävyyttä, laatua sekä turvallisuutta asteikolla 1–5 (Toha 2022).

## 7 TYÖTURVALLISUUS

Valtioneuvosto on säätänyt asetuksia rakennustyön työturvallisuudesta, henkilösuojainten valinnasta ja käytöstä sekä työvälineiden käytöstä ja tarkastamisesta. Asetusten takana on työturvallisuuslaki, jossa sanotaan seuraavaa:

*Tämän lain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä terveys, haittoja (Työturvallisuuslaki 2002/738,1 §).*

Rakennuttajan velvollisuuksiin kuuluu päätoteuttajan nimeäminen rakennustyömaalle, minkä myötä päätoteuttajan tulee laatia rakennustöiden työturvallisuussuunnitelmat. Kirjallisissa suunnitelmissa määritellään työ, työvaiheet ja ajoitus niin, etteivät ne aiheuta vaaraa työmaalla työskenteleville tai muille työn vaikutuspiirissä oleville. Rakennuttajan tulee varmistaa päätoteuttajan riittävä pätevyys ja asiantuntemus päätoteuttajalle asetettujen velvollisuuksien hoitamiseksi. Rakennuskohteen ylläpitoa, huoltoa, kunnossapitoa ja korjauksia koskevat käyttö- ja hoito-ohjeiden laadinnan suorittaa rakennuttaja ennen rakennuskohteen luovutusta. Työnantaja on oikeutettu tuomioon työturvallisuusrikkomuksesta, mikäli hän tahallaan tai huolimattomuudesta laiminlyö työturvallisuuslakia Työturvallisuuslain 8:n luvun 63 § mukaisesti. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 6–7 §, 10 §.)

Tämän opinnäytetyön kohteen, As.Oy Helsingin Berkan, rungon pystytyksen aikaiset putoamissuojavaihtoehdot ovat rungon mukana nouseva rakennuksen ulkopuoliset rakennustelineet tai Lammin Betoni Oy:n suunnittelema putoamissuoja, jotka esitellään luvussa 7.1. Lisäksi luvussa 7.2 käydään läpi yleiset putoamissuojaukset ja luvussa 7.3 muut rungon aikaisessa työturvallisuudessa huomioitavat asiat.

### 7.1 Lammi-putoamissuoja

Lammin Betoni Oy on lanseerannut holvin reunalle putoamissuojan, joka on kilpailukykyinen turvakaideratkaistu harkkorunkoiseen rakennukseen (liite 6). Putoamissuojan tarkoituksena on estää työntekijöiden ja rakennustarvikkeiden putoaminen ja niitä on käytettävä aina putoamiskorkeuden

ollessa yli kaksi metriä (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 28 §). Turvakaide sisältää kaidetolpat, käsi- ja jalkajohteen sekä jalkalistan. Putoamissuojan asentaminen alkaa sähköputken asentamisella harkkorakenteen läpi joko loveamalla harkkoa uretaanilla eristäen ennen seuraavan harkkokerroksen latomista tai jälkikäteen poraamalla ura sähköputkelle harkkojen ollessa oikeassa korossa. Valun kovettuttua kaidetolppaan tukevasti kiinnitetty asennusosa pujotetaan sähköputken läpi ja mutteri kiristetään tiukalle. Kaikkien kaidetolppien asennuksen jälkeen käsi- ja välijohte sekä jalkalista säädetään oikeaan korkoon.

Putoamissuojaa purkaessa seinärakennetta on oltavana vähintään yhden metrin korkeuteen tai on käytettävä valjaita työturvallisuuden takaamiseksi. Jalkalistoja ja johteita poistetaan samanaikaisesti harkkorakenteen edetessä. Lammin Betoni Oy ei vastaa putoamissuojauksesta, vaan niiden suunnittelusta ja käyttöönnotosta vastaa päätoteuttaja, joka putoamissuojien tarkastamisella hyväksyy turvakaiteet osaksi työmaan putoamissuojasuunnitelmaa.

## **7.2 Julkisivutelineet**

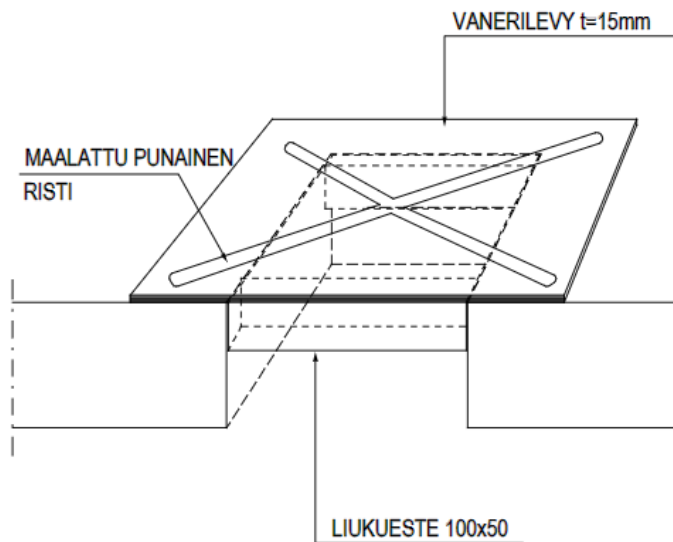
As.Oy Helsingin Berkassa holvin putoamissuojaus toteutetaan rungon ulkopuolisilla telineillä. Julkisivutelineet asennetaan rakennuksen rungon mukaisesti ylös ja huputetaan kaikkien telineiden pystytyksen jälkeen, jolloin rakennus saa sääsuojaan. Telineet ovat saksalaiset Alfix-telinettä, joiden leveys on 1,4 metriä sekä 0,73 metrin konsoli. Tasoväli on 2,0 metriä ja telineille kuljetaan portaiden kautta. Muuraustelineet asennetaan vaiheittain ja lopuksi vesikatolle asennetaan sääsuoja.

Julkisivutelineet tulevat toimimaan putoamissuojauksena vasta toisessa kerroksesta, sillä rakennuksen vierustäytöt tehdään vasta ensimmäisen kerroksen valmistuttua. Näin telineet saavat kantavan ja pysyvän alustan. Ensimmäisen kerroksen yksi putoamissuojavaihtoehto on Lammin Betonin putoamissuoja, joka on esitelty luvussa 7.1. Julkisivutelineet toimivat putoamissuojauksena vesikatolle saakka sekä mahdollisesti päätyräystäyden teossa. Parvekkeiden putoamissuojaus toteutetaan myös samoilla telineillä tai tarvittaessa erillisillä turvakaiteilla. Julkisivutelineiltä tullaan tekemään myös julkisivun rappaus sekä ikkunoiden pellitykset. Telineet vuokrataan telineurakoitsijalta, joka hoitaa myös telineiden pystytyksen ja purun.

### 7.3 Yleiset putoamissuojat

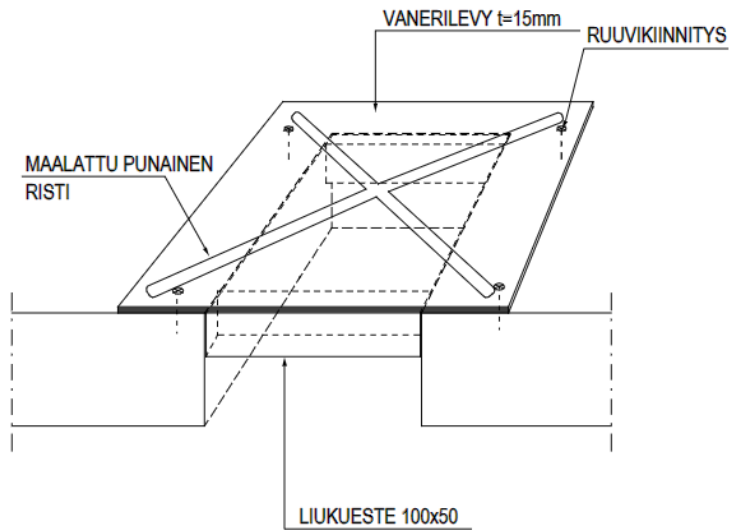
Työmaan putoamisvaarallisia paikkoja ovat kaikki työtasojen ja kulkuväylien vapaat sivut ja telineet, joissa voidaan pudota kahdesta metristä tai korkeammalta. Lisäksi putoamisvaarallisiin paikkoihin lasketaan kaikki kuilujen ja aukkojen läheisyydessä tehtävä työ. Putoaminen on estettävä myös kuormia purettaessa ja kaivantojen reunalla, mikäli on mahdollisuus kahden metrin pudotukseen. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 28 §.)

As.Oy Helsingin Berkassa on rungon ulkopuoliset telineiden tuoman putoamissuojan lisäksi kiinnitettävä huomiota aukkoihin, kuiluihin ja mahdollisiin kaivantoihin. Työmaalla on aukkoja ja hissi-kuilun aukko holvilla ja ne tulee sulkea suojakansilla putoamisen estämiseksi, mikäli niitä ei ole suojattu kaiteilla (kuvat 12–14). Suojakannen siirtyminen on estettävä kiinnittämällä se alustaan tai estämällä kannen liikkuminen liukesteillä. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 28 §.) Kansien keskelle tehdään selkeä punainen rasti ja reunukset rajataan huomioin kiinnittämiseksi. Halkaisijaltaan yli yhden metrin kokoiset aukot suojataan aina kaiteilla ja jalkalistoilla. Kallioleikkauksen reuna-alueet rajataan raskailla suoja-aidoilla. Lisäksi muut työaikaiset kaivannot tehdään luiskattuna, mikäli ne eivät ole louhittuja kanaaleja.

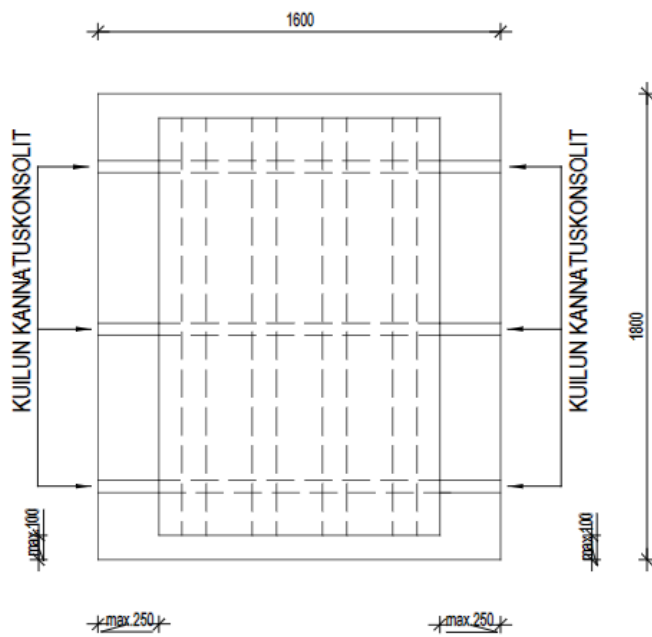


KUVA 12. Pienien aukkojen, <math><0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}</math>, suojaaminen (Miettinen 2020)





KUVA 13. Suurien aukkojen,  $>0,5\text{ m} \times 0,5\text{ m} \rightarrow <1,0\text{ m} \times 1,0\text{ m}$ , suojaaminen (Miettinen 2020)



AUKKO 1600 x 1800mm  
 VANERI MIN. 1150 x 2450mm, t=15mm  
 4x(50x100) LAPPEELLAAN  
 3x(50x100) k/k1100 PYSTYSSÄ,  
 KIINNITYS KUILUN KANNATUSKONSOLEILLA

KUVA 14. Hissikuilun aukon, 1600 mm x 1800 mm, suojaaminen (Miettinen 2020)

Portaat ja porrastasot on vapailta sivuiltaan varustettava suojakaiteilla, joissa on käsi- ja väljohde sekä jalkalista, samoin kuin työtasot ja kulkutietkin putoamismahdollisuuden ollessa yli kaksi metriä. Suojakaiteiden korkeus tulee olla vähintään yhden metrin, johteiden etäisyys toisistaan enintään 0,5 metriä ja suojakaiteen käsijohteen tulee kestää yhden kilonewtonin eli 100 kilogramman pistekuorma. Mikäli kulkutie on hyvin lähellä, putoamisvaara harjateräksiin tai jokin muu erityinen vaara, on putoamissuojauksesta huolehdittava jo matalammilla korkeuksilla. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 28 §; Liite 5.) As.Oy Helsingin Berkassa porrashuoneisiin sijoittuvat porraselementit ovat malliltaan umpikierreportaat ja rajoittuvat harkkoseiniin, jolloin putoamissuojaustarvetta ei ole.

Ulko- ja väliseinät tehdään osittain rakennustelineiltä ja työtaso on 1,5 metrissä, jolloin lakisääteistä kaidevaatimusta ei ole. Telinekaiteiden tarvearvioinnissa kiinnitetään huomiota putoamispaikan ominaisuuksiin. Tässä tapauksessa alusta on betonia, mutta siellä ei ole pystyssä olevia betoniteräksiä. Työtaso on kuitenkin leveydeltään 1,4 metriä, jolloin tasolla on hyvin tilaa harkoilille ja muille tavaroille eikä kaiteen pitäisi haitata työntekoa, mikä puoltaa kaiteen käyttöä. Liitteessä x on potentiaalinen telinerakenne sekä telinesuunnitelma ulkoseinien osalle. Portaat ja porrastasot on varustettava kaiteilla putoamiskorkeudesta riippumatta.

Putoamisvaarallisia tilanteita syntyy aina tavaraa nostaessa ja etenkin kulkuteiden yli nostaessa, kun rakennetaan ahtaalle tontille. Mikäli on putoamisvaara, voidaan alue rajata kaiteella tai puomilla vähintään kahden metrin etäisyydellä putoamisvaaralliselta alueelta. Tarvittaessa on laadittava nostosuunnitelma ja käytettävä alamiesvartiointia turvallisen työskentelyn takaamiseksi. Taakkojen sidontaan, nostoapuvälineiden voimassa oleviin tarkastuksiin ja nostojen yleisiin turvallisuusperiaatteisiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Mikäli ei voida käyttää putoamisen pysäyttävää tai estävää järjestelmää, on käytettävä henkilökohtaisia putoamissuojainta eli valjaita ja köyttä tai kelautuvaa tarrainta (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 28 §). As.Oy Helsingin Berkassa nostimia käytettäessä, julkisivutelineitä pystyttäessä ja purkaessa sekä harjalle noustessa ennen kattoruoteiden asennusta tulee käyttää valjaita työturvallisuuden varmistamiseksi. Louhintatyövaiheessa jouduttiin käyttämään valjaita kiilatessa kallion reuna-alueilla, sillä pudotus kallion reunalta maahan oli yli kaksi metriä. Henkilökohtaisten putoamissuojainten käyttö on suunniteltava etukäteen ja kiinnityspisteet hyväksyttävä rakennesuunnittelijalla.

Ahtaan tontin ja työvoimapainotteisen runkorakenteen myötä korostuvat logistiikka, tavaroiden siirtojen suunnitelmallisuus sekä yleinen järjestys ja varastointi. Kaupunkiympäristö jalankulkijoi-  
neen on huomioitava tavarantoimituksissa.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia harkko- ja elementtirungon kustannuserolaskelma tilaajan rakennuslupaa odottavaan asuinkerrostalohankkeeseen. Valuharkko oli valittu jo kohteen runko-materiaaliksi, mutta tilaajaa kiinnosti runkovaihtoehtojen kustannusero sekä runkovaiheen logistiset vaihtoehdot ja työturvallisuus. Vertailupohjaa harkkorungosta asuinkerrostaloissa ei juurikaan ollut, sillä ensimmäinen harkkorunkoinen kerrostalo valmistui Lohjalle 2020. Harkkorunkoinen kerrostalohanke oli myös tilaajalle ensimmäinen laatuaan, sillä tilaaja toteuttaa asuinkerrostalojen rungot pääsääntöisesti elementti- ja paikallavalurakenteisina.

Tuloksena ovat liitteissä yksi ja kaksi esitetyt harkko- ja elementtirunkototeutuksien kustannuslaskelmat As.Oy Helsingin Berkkaan. Laskelmista nähdään, että asuinkerrostalon rakentaminen harkkorunkona maksaa 3 360 euroa enemmän kuin elementtirunkona tähän työhön rajattuja työ- ja materiaalikustannuksia tarkasteltaessa. Käytännössä runkojen kustannuksissa ei ole eroa ja merkittävää onkin valita optimaalisin runkoratkaisu kulloisiinkin rakennusolosuhteisiin. Lisäksi liitteissä kolme ja neljä esitetään harkko- ja elementtirunkojen työmenekkilaskelmat. Miestyövoimin nouseva harkkorunko nousee 5,4 kuukaudessa ja torninosturin avustuksella nouseva elementtirunko rakennetaan yhdessä kuukaudessa. Harkkorungon pystytyksen kesto tulee kasvamaan As.Oy Helsingin Berkassa 7 kuukauteen, kun holvien teko otetaan kestoihin mukaan.

Tässä opinnäytetyössä tehty kustannuserovertailu koskee seinärakenteita. On syytä kuitenkin huomioida työmaatehtävistä syntyvät kustannukset, joita jokainen rakentamisajassa säästetty kuukausi pienentää. Harkko- ja elementtirungon rakentamisen aikataulullinen ero on 4,4 kuukautta ja tänä aikana syntyvät työmaatehtäväkustannukset kasvattavat harkkorungon kokonaiskustannuksia 155 760 euroa (liite 5). Työmaatehtävät pitävät sisällään työmaatoimihenkilöiden palkat sivukuluineen, työmaatoimiston vuokran ja siivouksen, käyttöaineet ja energian sekä vartiointin ja kulunhallinnan. Työmaatehtäväkustannusten suuruus korreloi rakennushankkeen koon kanssa. On kuitenkin hyvä huomioida, että kustannusvertailu on tehty syksyn 2021 kustannustasolla, eikä alkuvuoden 2022 tapahtuneita voimakkaita kustannusnousuja ole otettu huomioon.

Työn tuloksia voidaan pitää luotettavina. Rakennusosien määrät on laskettu sekä rakennuksen pohjakuvista että Solibri-ohjelmalla ja tuloksia on verrattu tilaajan suorittamaan määrälaskentaan.

Solibrista saatujen määrien luotettavuuteen vaikuttaa mallin oikeellisuus ja mallia on syytä tarkastella kriittisesti etenkin suunnitteluvaiheessa, sillä virheitä aina löytyy ja niitä korjataan.

Omissa ja tilaajaan laskelmissa on hieman eroa, mutta ei merkittävästi. Eron selvittämiseksi pitäisi perehtyä tarkemmin tilaajan laskentamenetelmiin, mutta kun kolmella tyylillä tehty määrälaskenta antaa melko samoja arvoja, voidaan määrälaskentaa pitää riittävän tarkkana. Materiaalien, työn ja alihankinnan hinnat ovat peräisin tilaajan vuosittain päivittämästä rakennusosiltaan keskimääräisestä asuinkerrostalohankkeesta pääkaupunkiseudulla, tilaajan vuosisopimuskumppaneilta sekä tulevalta harkkotoimittajalta, joten hintojen voidaan pitää hyvin totuudenmukaisina. Tuotannon suunnittelusta ja toteutuksesta on käyty keskustelua niin tilaajan kuin harkkotoimittajankin kanssa, joten työssä kuvatut toimintatavat ovat vähintäänkin hyviä vaihtoehtoja.

Työ rajattiin käsittelemään rungon rakennusosia, jotka eroavat toisistaan elementti- ja harkkorungossa runkojen kustannuseron selvittämiseksi. Tulosten laaja-alaisempi käsittely vaatisi kustannuseurannan laajentamista takuukorjauksiin, sillä ne rasittavat rakennuttajan kukkaroa seuraavat kymmenen vuotta kohteen valmistumisesta. Kustannuserolaskelmia olisi mielenkiintoista laajentaa myös puurunkoon, paikallavalurunkoon ja miksi ei 3D-tulostettuun taloonkin, joka tulee tulevaisuudessa mullistamaan rakennusalaa. Euroopan ensimmäinen kaupallinen 3D-talo valmistui Alankomaihin huhtikuussa 2021 ja Yhdysvalloissa 3D-tulostuksella on tehty päivässä taloja katastrofialueille (Boffey 2021; Paukku 2021).

Opinnäytetyön teko sujui hyvin, mutta työn loppuun saattaminen venyi alkuperäisistä suunnitelmista. Tein työn alkuvaiheessa turhaa työtä laskiessani rakennusosien määrät 2D-kuvista, mikä osoittautui melko työlääksi. Toisaalta tämä oli opettavaista ja huomasin, että Solibri-ohjelmasta saadut rakennusosien määrät olivat hyvin lähellä omia laskelmiani. Opinnäytetyön valmistuminen aikaisemmin olisi ollut myös tilaajan kannalta hieman mielekkäämpää, mutta toisaalta hankkeen louhinta kesti kauan. Näin runkovaiheen suunnitteluun on hyvin aikaa ja tästä työstä saadaan hyödyllistä tietoa muun muassa logistiikan ja työturvallisuuden suunnitteluun sekä tuleviin hankkeisiin.

Opinnäytetyön teko oli kokonaisuudessaan mielenkiintoinen prosessi. Oli mukava perehtyä aiheeseen, joka on itselle ja tilaajallekin melko vieras. Työ tuotti uutta ja tarpeellista tietoa niin työn tilaajalle, harkkotoimittajalle sekä varmasti myös tämän opinnäytetyön lukijoille. Tilaja tulee hyödyntämään tietoa tulevien hankkeiden runkovaihtoehtojen pohdinnoissa. Lisäksi erityisen kiinnostavana ja opettavaisena asiana pidä sitä, että jatkan tavallaan tämän opinnäytetyön analysointia

toimiessani työmaainsinöörinä As.Oy Helsingin Berkassa. Tulen tutkimaan ja seuraamaan kohteen budjettia ja ennustamaan tulevia kustannuksia sekä kiinnittämään huomiota myös työturvallisuuteen, logistiikkaan ja muihin työmaatoimintoihin toimihenkilönä työskennellessäni. Uskon tämän antavan arvokasta oppia etenkin näin työuraa aloittavalle rakennustekniikan insinöörille.

## LÄHTEET

Alakoski, Mira 2020. Työmaan turvallisuuden aloituskokous Berkka20211123 liitteinen.pdf. Liite: Louhintatyön riskianalyysi / Taratest Oy, 36. Sokopro-projektipankki. Vaatii käyttäjälisenssin.

Alakoski, Mira & Ilkka, Kari-Matti 2021. Louhintatyön riskianalyysi As.Oy Helsingin Berkka, 1. Sokopro-projektipankki. Vaatii käyttäjälisenssin.

Betoniteollisuus 2020. Harkkorakenteiden käyttö ja erityispiirteet kerrostalorakentamisessa. Harkkojaos 22.9.2020. Hakupäivä 14.1.2022. [harkkokivitalo.fi/wp-content/uploads/Harkkorakenteet-kerrostaloissa-2020.pdf](https://harkkokivitalo.fi/wp-content/uploads/Harkkorakenteet-kerrostaloissa-2020.pdf).

Boffey, Daniel 2021. Dutch couple become Europe's first inhabitants of a 3D-printed house. The Guardian 30.4.2021. Hakupäivä 30.4.2022. [Dutch couple become Europe's first inhabitants of a 3D-printed house | 3D printing | The Guardian](https://www.theguardian.com/3d-printing/2021/apr/30/dutch-couple-become-europe-s-first-inhabitants-of-a-3d-printed-house).

Elementtisuunnittelu 2020. Valokuva. Sandwich-julkisivut. Hakupäivä 26.2.2022. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut>.

Inkiläinen, Markus 2018. Lammi lanseeraa uuden tuoteinnovaation FinnBuildissa. Lehdistö tiedote 2.10.2018. [https://www.emessukeskus.com/cmc/sites/default/files/101055\\_a\\_1539102268.pdf](https://www.emessukeskus.com/cmc/sites/default/files/101055_a_1539102268.pdf).

Inkiläinen, Markus 2022. Helsinginkuja 6 – perustietoa kuorikivestä. Henkilökohtainen sähköpostiviesti 18.1.2022. Vastaanottaja: Jonna Niskanen.

Kivifaktaa a. Puheenvuoroja kestävästä rakentamisesta. Harkot. Hakupäivä 15.1.2022. <https://kivifaktaa.fi/suomea-rakentamassa/harkot/>.

Kivifaktaa b. Puheenvuoroja kestävästä rakentamisesta. Mitä on kivrakentaminen? Hakupäivä 15.1.2022. <https://kivifaktaa.fi/faktapankki/mita-on-kivrakentaminen/>.

Kivifaktaa c. Puheenvuoroja kestävästä rakentamisesta. Betonielementit. Hakupäivä 15.1.2022.  
<https://kivifaktaa.fi/suomea-rakentamassa/betonielementit/>.

Kivitaloinfo a. Valokuva. Betoniharkot. Hakupäivä 27.2.2022.  
<https://kivitaloinfo.fi/harkot/kevytsora-ja-betoniharkot/betoniharkot/>.

Kivitaloinfo b. Valokuva. Kalkkihiekkaharkot. Hakupäivä 27.2.2022.  
<https://kivitaloinfo.fi/harkot/kalkkihiekkaharkot/>.

Kivitaloinfo c. Valokuva. Kennoharkko. Hakupäivä 27.2.2022. <https://kivitaloinfo.fi/tiilet/poltetut-tiilet/kennoharkko/>.

Kivitaloinfo d. Valokuva. Kevytsoraharkot. Hakupäivä 27.2.2022.  
<https://kivitaloinfo.fi/harkot/kevytsora-ja-betoniharkot/kevytsoraharkot/>.

Lammi 2018. Kuorikiven KK400 eurokoodi-suunnitteluohjeet 2018 (10), 1–2.

Lammi 2021. KK400-kuorikivi työhje 2021, 6–7, 11, 14, 25–26.

Lammi a. Turvallinen valinta. Ohjeet ja dokumentit. Tuoteselosteet. Hakupäivä 17.1.2022.  
<https://www.lammi.fi/harkko/ohjeet-ja-dokumentit/tuoteselosteet>.

Lammi b. Yhteystiedot Lammin Betoni Oy. Hakupäivä 19.1.2022.  
<https://www.lammi.fi/yhteystiedot/>.

Malila, Niko 2022. Työmenekit / Berkka. Henkilökohtainen sähköposti 25.2.2022. Vastaanottaja: Jonna Niskanen.

Matomäki, Mari 2019. Harkkorakentaminen tuo pienkerrostaloihin uuden ulottuvuuden. Kivestä muuraamalla 2019 (1), 12–15.

Miettinen, Pekka 2020. 201\_Peruskerroksen putoamissuojaussuunnitelma.pdf. Helsingin Kaupala. YIT Suomi Oy:n Työtilat. Vaatii käyttäjälisenssin.



Paukku, Timo 2021. 3D-tulostimella syntyy taloja ja siltoja katastrofialueelle. Helsingin Sanomat 29.9.2021.

Ratu 1202-S 2002. Runkorakenteet, elementtirungot. Suunnitteluohje lokakuu 2002. Hakupäivä 24.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18145#page=1>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Ratu 1201-S 2002. Runkorakenteet, paikalla rakennettavat. Suunnitteluohje lokakuu 2002. Hakupäivä 24.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/18146#page=1>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Ratu 2016. Aikataulukirja 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ratu 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 82-10776 2002. Betoniset julkisivurakenteet. Ohjetiedosto tammikuu 2002. Rakennustieto Oy. Hakupäivä 24.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/879#page=1>. Vaatii käyttäjälisenssin.

RT 82-10821 2004. Betonielementtirunkorakenteet. Ohjetiedosto huhtikuu 2004. Hakupäivä 24.1.2022. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/851#page=1>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Simola, Leena-Kaisa 2020. Harkot yleistyvät myös kerrostalojen runkorakenteissa. Kivestä muuraamalla 2020 (2), 24.

Suomen Betoniyhdistys 2018. Betonitekniiikan oppikirja 2018 by 201. Helsinki. Kustantaja: Suomen Betoniyhdistys ry, 427–429.

Toha 2022. Toimittaja-arviot: Kahva Oy. Hakupäivä 17.2.2022. Opinnäytetyön tilaajan ohjelma toimitusten hallintaan. Vaatii käyttäjälisenssin.

Tompuri, Vesa 2020. Kuorikivi on kymmenvuotisen tuotekehityksen tulos. *Betoni* 2020 (4), 72, 75.

Tompuri, Vesa 2022. Sisäpihalle nousee uusia harkkotaloja. *Rakennuslehti* 2022 (1), 26–27.

Tynkkynen, Sami 2021. *Berkka\_Helsinki\_julkisivukuvat.pdf*. Sokopro-projektipankki. Vaatii käyttäjälisenssin.

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. Hakupäivä 6.2.2022.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>.

Tölkö, Antti 2022. Berkan pohjista kuvia. Henkilökohtainen sähköposti 1.4.2022. Vastaanottaja: Jonna Niskanen.

Urpela, Olli 2020. Lohjalle rakennettiin harkoista viisikerroksinen asuintalo. *Rakennuslehti* 2020 (2), 7–9.

Valtioneuvoston päätös henkilösuojainten valinnasta ja käytöstä työssä 1407/1993. Hakupäivä 6.2.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1993/19931407>.

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. Hakupäivä 6.2.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403>.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Hakupäivä 6.2.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205>.

## **LIITTEET**

Liite 1 Elementtirungon kustannusarvio

Liite 2 Harkkorungon kustannusarvio

Liite 3 Työmenekkitarkastelu elementtirunko

Liite 4 Työmenekkitarkastelu harkkorunko

Liite 5 Vertailulaskelma

Liite 6 Lammi-putoamissuojan työohje

Littera	Nimike	Määrä	Yks.	Materiaali- kustannus €/yks.	Työkustannus €/yks.	Aliurakointi €/yks.	Mat. + työ + au €/yks.	Materiaali- kustannus €	Työ- kustannus €	Aliurakointi- kustannus €	Yhteensä €	Suhdelukuja				
												€/brm2	€/asm2	% -osuus kok.kustannuk- sesta		
123	RUNKO															
1230	Rungon etuputsi															
	Betonipintojen jälkityöt, sisäpuoli asunnot, kuivat tilat	2 309,00	m2													
	Betonipintojen jälkityöt, sisäpuoli asunnot, märkätilat (Ei KPH-elementillä)	154,80	m2													
	Betonipintojen jälkityöt, porrashuone	7,00	prsh													
1232	Kantavat seinät															
	Betoniväliseinät															
	Väliseinäelementti V51 200 mm kantava	1 236,24	m2													
	Väliseinäelementti V53 150 mm ei kantava	101,53	m2													
	Elementtiasennus, väliseinä	1 337,79	m2													
	Pystysaumajuotos, mass.seinäel. pumppu + saumabetoni	451,50	jm													
	Vaakasaumajuotos, mass.seinäel. pumppu + saumabetoni	1 003,34	jm													
124	JULKISIVUT															
	Julkisivujen etuputsi															
1240	Betonipintojen jälkityöt, ulkopuoli asunnot	33,00	as													
1241	Ulkoseinät															
	Ulkoseinä US1 390 mm kantava	812,35	m2													
	Ulkoseinä US2	338,22	m2													
	Elementtiasennus, ulkoseinä	69,73	kpl													
	Pystysaumajuotos, mass.seinäel. pumppu + saumabetoni	418,39	jm													
	Vaakasaumajuotos, mass.seinäel. pumppu + saumabetoni	767,05	jm													
12414	Elementtisaumaus 0-20 mm saumanauhalla	1 185,44	jm													
	Elementtiasennustarvikkeet	1,00	era													
1239	Holvikaide	83,46	jm													
33232	Parvekkeen suojaikide vuokraus 3 kk (sis. Kirvesmies + mat. vuokra)	172,70	jm													
	TYÖMAATEHTÄVÄT															
34211	TORNINOSTURI															
	Torninosturi (sis. kuljettaja)	3,00	kk													
	Torninosturin perustus	1,00	kpl													
	Torninosturin pystytys + purku	1,00	erä													
	Tavarahissi	3,00	kk													
	Elementtien kuljetuskustannukset (+20% elementin m2-hinnan päälle)	1,00	erä													
	YHTEENSÄ										694 574,15	271,48	462,74	100,0 %		

Littera	Nimike	Määrä	Yks.	Materiaali- kustannus €/ yks.	Työkustannus €/ yks.	Aliurakointi €/ yks.	Mat. + työ + au €/ yks.	Materiaali- kustannus €	Työ- kustannus €	Aliurakointi- kustannus €	Yhteensä €	Suhdelukuja				
												€/ brm2	€/ asm2	% -osuus kok.kustannuk- sesta		
123	<b>RUNKO</b>															
1230	Rungon etuputsi															
	Harkkoseinien tasoitus	3 802,00	m2													
	Betonipintojen jäikityöt, märkätilat (EI KPH- elementeillä)	154,80	m2													
	Betonipintojen jäikityöt, märkätilat (paikkalavuluhankkeiden lisä)	154,80	m2													
1232	<b>Kantavat seinät</b>															
	Harkkoviiliseinä (VS1)	1 283,69	m2													
	Harkkoviiliseinä (VS3)	105,61	m2													
	Raudoitus (materiaali)	1 391,90	m2													
	Betonointi	149,23	m3													
124	<b>JULKISIVUT</b>															
	Julkisivujen etuputsi															
	Betonipintojen jäikityöt, ulkopuoli asunnot	33,00	as													
1240	<b>Ulkoseinät</b>															
	Lämpöharkko KK400 (US1)	844,84	m2													
	Valuharkko MH300 (KS1)	198,39	m2													
	Valuharkko MH200 (US2)	331,73	m2													
12411	<b>Raudoitus (materiaali)</b>	1 394,98	m2													
	Raudoitus (työ / kaikki harkot)	1 096,51	jm													
	Betonointi	176,44	m3													
	Ylimääräinen valukerros ylimmän varvikerroksen päälle (kaikki harkot)	8,60	m3													
	Betonin kuljetuskustannukset	1,00	era													
	Pumppusuton käyttö valuisa															
	Koekappaleet (teko, säilytys, testaus)	1,00	era													
	Leutamuotti (ylimääräinen valukerros)	159,32	m2													
	Harkkojen esennustarvikkeet															
	Aukonylitysprofiilit	364,61	jm													
	Aloituskiljet 02. krs	152,33	jm													
	Aloituskiljet tasakerran päälle	152,33	jm													
	Uretaanit	843,96	m2													
	Kiviilma	1 941,44	m2													
	Harkkojen rahti	1,00	era													
12417	<b>Julkisivutelineet</b>	1,00	era													
	Sisäpuolen telineet	1,00	era													
	Teverahissi	4,00	kk													
	<b>TYÖMAATEHTÄVÄT</b>															
	Ajoneuvonosturi Liebherr LTM 70 t	1 120,00	h													
	Siirtoveloitus (tuonti + vienti)	2,00	h													
	1 ram kuljettamassa harkkoja varastoilta työmaalle rungon ajan	1 120,00	h													
	<b>YHTEENSÄ</b>							190 064,32	183 874,68		697 934,80	272,79	464,98	100,0 %		

TYÖMENEKKITARKASTELU ELEMENTTIRUNKO

Työvaihe	Työmenekki		Kokonaistyömäärä							Kokonaistyömenekki. T3. tth						
			02. krs	01. krs	1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs	02. krs	01. krs	1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs
Väliseinäelementtien asennus	0,21	tth/ m <sup>2</sup>	259,3	194,4	204,1	176,4	175,0	174,5	147,7	54,0	40,0	42,0	37,0	36,0	36,0	31,0
Sandwich- tai ulkoseinäelementtien asennus	0,19	tth/ m <sup>2</sup>	238,0	181,9	187,1	197,4	197,4	230,5	123,0	45,0	34,0	35,0	37,0	37,0	43,0	23,0
Saumavalu	0,06	tth/ m <sup>2</sup>	238,0	181,9	187,1	197,4	197,4	230,5	123,0	15,0	11,0	12,0	12,0	12,0	14,0	8,0
Pystysaumapumppaus	0,03	tth/ m <sup>2</sup>	238,0	181,9	187,1	197,4	197,4	230,5	123,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	4,0
YHTEENSÄ										122,0	91,0	95,0	92,0	91,0	100,0	66,0

Työryhmässä 4 hlöä.-- 3,8 2,8 3,0 2,9 2,8 3,1 2,1 tv

## TYÖMENEKKITARKASTELU HARKKORUNKO

Työvaihe	Työmenekki T3		Kokonaistyömäärä							Kokonaistyömenekki. T3. tth						
			02. krs	01. krs	1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs	02. krs	01. krs	1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs
Mittaus (US)	0,04	tth/ m <sup>2</sup>	92,8	114,8	187,1	197,4	203,5	232,0	123,0	4,0	5,0	8,0	8,0	9,0	10,0	5,0
Käsinsiirrot	0,10	tth/ m <sup>2</sup>	467,3	376,3	399,6	373,8	378,5	413,0	270,8	47,0	38,0	40,0	38,0	38,0	42,0	28,0
Telinetyöt (ulkopuolinen muuraus)	0,20	tth/ m <sup>2</sup>	208,0	181,9	195,4	197,4	203,5	232,0	123,0	42,0	37,0	40,0	40,0	41,0	47,0	25,0
Harkkojen ladonta (8,33 kpl/ m <sup>2</sup> )	0,20	tth/ m <sup>2</sup>	467,3	376,3	399,6	373,8	378,5	413,0	270,8	94,0	76,0	80,0	75,0	76,0	83,0	55,0
Raudoitus	17,55	tth/ 1000kg	2,8	2,3	2,4	2,3	2,3	2,6	1,6	50,0	41,0	43,0	41,0	41,0	45,0	29,0
Harkkojen liimaus kiviliimalla 8,33 kpl/m <sup>2</sup> (MH 150-300)	0,51	tth/ m <sup>2</sup>	307,4	239,6	249,3	221,5	226,2	233,6	198,4	157,0	123,0	128,0	113,0	116,0	120,0	102,0
Harkkojen valu pumpulla	0,31	tth/ m <sup>3</sup>	467,3	376,3	399,6	373,8	378,5	413,0	270,8	145,0	117,0	124,0	116,0	118,0	129,0	84,0
Väliseinien mittaus, mat.sirrot ja telinetyö	0,19	tth/ m <sup>2</sup>	259,3	194,4	204,1	176,4	175,0	181,0	147,7	50,0	37,0	39,0	34,0	34,0	35,0	29,0
Siivous ja työaikainen suojaus	0,02	tth/ m <sup>2</sup>	467,3	376,3	399,6	373,8	378,5	413,0	270,8	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	6,0
YHTEENSÄ										599,0	482,0	510,0	473,0	481,0	520,0	363,0

Kaksi kahden hengen työryhmää--> 18,7 15,1 15,9 14,8 15,0 16,3 11,3 tv

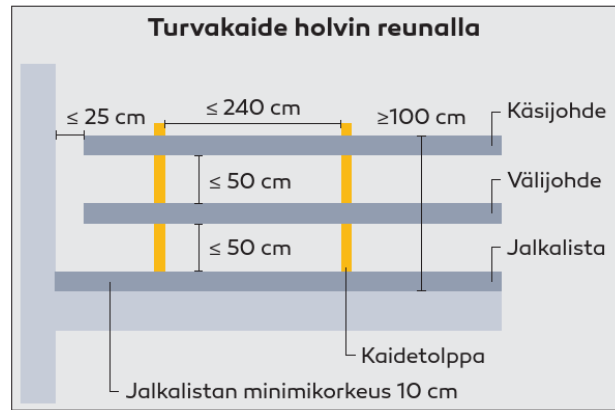
<b>TYOMAATEHTAVA</b>	<b>€ / kk</b>	<b>Yhteensä € / 4,4 kk</b>
Työmaan toimihenkilöpalkat sivukuluineen (4 hlöä)	26 803	117 933
Työmaan toimisto- ja sosiaalililat (vuokra, siivous)	4 500	19 800
Käyttöaineet ja energia (kaukolämpö, vesi, sähkö, kaasu)	3 094	13 615
Vartiointi	820	3 609
Kulunvalvonta	183	804
<b>YHTEENSA</b>		<b>155 762</b>



## Putoamissuojan työvaiheet

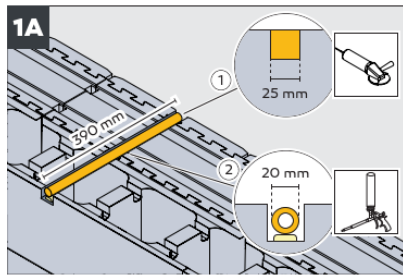
### Toimenpiteet ennen asennusta

- Tarkista, että tolppia ja tolppaosia on tilattu määrä.
- ! **HUOM!** Tarkista jokaisen kaidetolpan ja osan kunto. Tuotteet käyttöön otettuasi olet vastuussa kaidetolppien kunnon tarkistamisesta ja hyväksyt ne osaksi työmaan putoamissuojausta.
- ! **HUOM!** Varmista ennen kaidetolppien ja kaiteiden asentamista ja käyttöön hyväksyntää työmaan putoamissuojaus käyttämällä esimerkiksi jarrullista turvavaljasta.



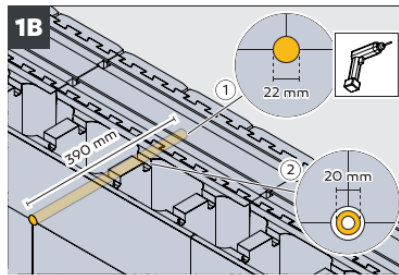
Kaiteen osat ja sijoittaminen

### Putoamissuojan asentaminen



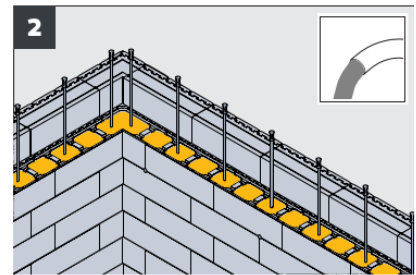
#### Sähköputkien asentaminen - Tapa 1:

1. Lovea ura sähköputkelle.
2. Pursota uraan uretaanivaahdot eristeen kohdalle ja asenna sähköputki uraan.
3. Lado seuraava harkkokerros paikoilleen.

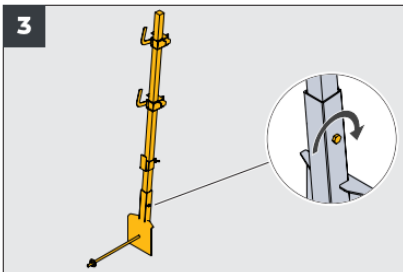


#### Sähköputkien asentaminen - Tapa 2:

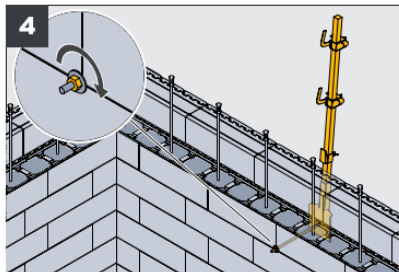
1. Lado harkkokerrokset oikeaan korkoon.
2. Poraa harkkoseinän läpi 22 mm reikä.
3. Asenna sähköputki reikään.



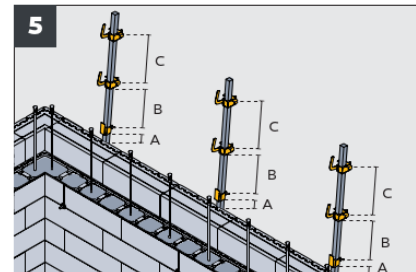
- ! **HUOM!** Ennen kaidetolppien asentamista seinärakenne pitää olla valettu ja valun kovettunut, jotta kaidetolpat kestävät niihin kohdistuvaa sivuttaissuuntaista kuormitusta.



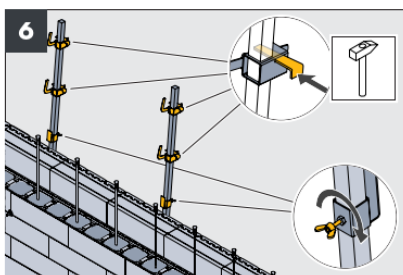
1. Varmista, että asennusosa ja kaidetolppa ovat tukevasti kiinnitettyinä toisiinsa.
2. Tarkista, että mutteri on kiristetty.



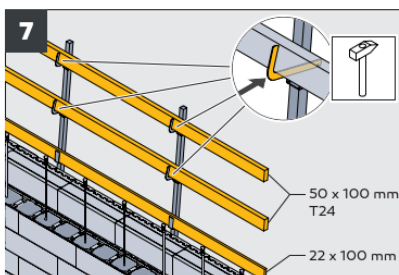
1. Pujota asennusosan kierretanko sähköputken läpi.
2. Asenna aluslevy harkkoa vasten ja kiristä mutteri kiinni tiukalle jotta kaidetolppa ei pääse heilumaan pystysuunnassa.



- Kun kaikki seinän kaidetolpat on asennettu paikoilleen, mittaa ja säädä käsijohteen, välijohteen ja jalkalistan kaidepitimet oikeaan korkeuteen.
- Huomioi mitoissa välipohjan paksuus.



1. Kiristä kaidepidin tolppaa vasten lyömällä kiristyskiilat vasaralla tiukalle.
2. Kiristä jalkalistan kaidepitimen siipimutteri.

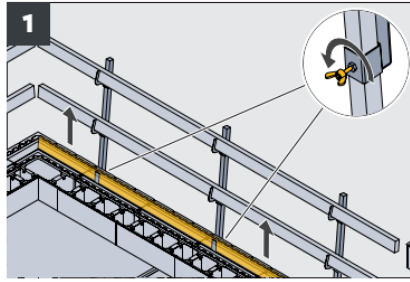


1. Asenna käsijohde ja välijohde paikoilleen ja kiristä ne lyömällä kaidepidin vasaralla johdepuuta vasten.
2. Asenna jalkalista pidikkeeseen.

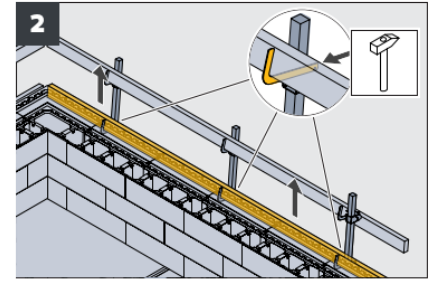
## Putoamissuojan purkaminen

**HUOM!** Varmista putoamissuojaus kaiteita ja kaidetolppia purkaessa joko latamalla seinärakennetta vähintään 1 m korkeuteen tai käyttämällä esimerkiksi jarrullista turvalajasta.

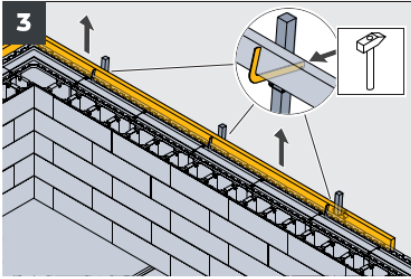
**HUOM!** Poista jalkalistat ja johdepuut harkkoladonnan etenemisen yhteydessä.



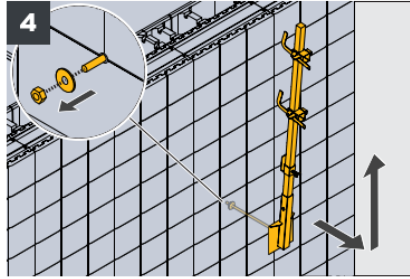
1. Avaa jalkalistojen siipimutterit.
2. Poista jalkalistat.



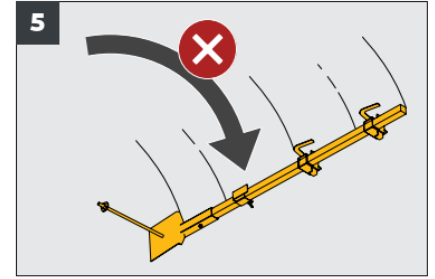
1. Avaa välijohteen kaidepitimet vasaralla.
2. Poista välijohtteet.



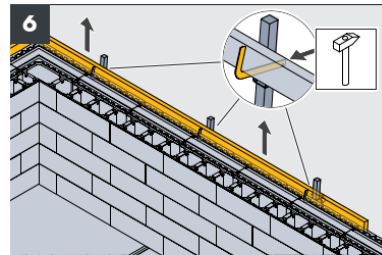
1. Avaa käsijohteen kaidepitimet vasaralla.
2. Poista käsijohtteet.



1. Avaa ja poista asennusosan mutteri ja aluslevyt. Älä hävitä osia!
2. Poista kaidetolppa asennusosiineen.

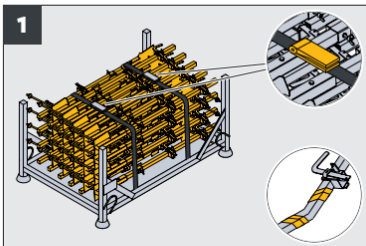


**HUOM!** Kerää kaidetolpat palautusohjeiden mukaisesti turvakaidekehikkoon. Älä heittele toppia!



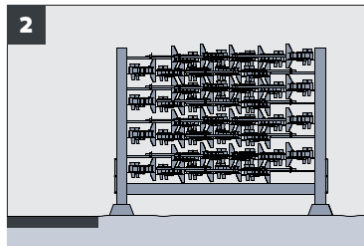
1. Täytä sähköputken reikä uretaanivaahdolla.
2. Uretaanin kovettuttua poista ylimääräiset vaahtopurseet esimerkiksi petkeleellä.

## Vuokraus- ja palautusohjeet



Pakkaa tuotteet turvakaidekehikkoon siistiin pinoon.

**HUOM!** Merkitse vioittuneet kaidetolpat esimerkiksi teipillä ja jätä ne pinon päälle. Sido kaidetolpat kiristysihnoilla.



Turvakaidekehikot tulee olla tieuran vieressä, tasaisella alustalla siten, että ne pystyy keräämään pumppukärryllä. Älä pinoo turvakaidekehikoita päällekkäin.

**Ilmoita vuokrauksen päättämisestä Lammin myyntiin - 020 7530 499.** Vuokraus päättyy ilmoituspäivänä. Paluurahti veloitetaan erikseen.

## Turvallisuusohjeet

### Putoamissuojauksen toteutus

Putoamissuojista, niiden suunnittelusta, toteutuksesta, käyttöönnotosta ja tarkastuksesta vastaa päätoteuttaja. **Lammin Betoni Oy ei vastaa työmaan putoamissuojauksesta.** Toteutusvaiheessa asentajan tulee tarkistaa kaikki putoamissuojauksen osat ja niiden kunto. Tuotteet käyttöön ottamalla, putoamissuojauksen toteuttaja on vastuussa kaidetolppien kunnon tarkistamisesta ja hyväksyy ne osaksi työmaan putoamissuojausta.

### Miksi kaiteita on rakennettava

Turvakaiteiden tehtävänä on työntekijöiden ja rakennustarvikkeiden putoamisen estäminen työtaoilla ja työskentelytasojen reunoilta.

### Milloin kaiteita tarvitaan

Turvakaiteita tarvitaan aina kun putoamiskorkeus on yli 2 metriä. Usein matalampikin putoaminen voi johtaa vakaviin seurauksiin, joten erityisissä tapaturman tai hukkumisen vaaraa aiheuttavissa tilanteissa on kaiteita käytettävä putoamiskorkeusvaarasta riippumatta. Kaikki rakennustyömaalla olevat kiuut ja muut aukot, joihin ihmisiä tai tavaroita saatetaan pudota, on suojattava jalkalistallisilla turvakaiteilla tai suljettava kansilla. Myös työtelien työtasot on varustettava suojakaiteilla, kun putoamiskorkeus on yli 2 metriä.

LAMMI