

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Toni Pakarinen

KERROSTALON KANTAVAN ULKOSEINÄRUNGON MUURAUSSUUNNITELMA

Opinnäytetyö
Lokakuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2018
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
(013) 260 6800

Tekijä(t)
Toni Pakarinen

Nimeke
Kerrostalon kantavan ulkoseinärungon muuraustyösuunnitelma

Toimeksiantaja
Kesälahden Rakennus Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tehtiin työsuunnitelma Joensuun Penttilänrantaan rakennettavan kerrostalon kantavalle ulkoseinärakenteelle, joka toteutetaan keraamisilla Poroton-kennoharkkoilla ohutsaumamuuraamalla. Kohteen pääurakoitsijana sekä tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kesälahden Rakennus Oy.

Opinnäytetyön kohde on osa ensimmäistä Suomeen rakennettavaa kerrostalokokonaisuutta, jossa kantavana ulkoseinärakenteena toimii massiivinen, yksiaineinen kennoharkko. Opinnäytetyön kohdetyömaa koostuu kolmesta rakennusvaiheesta ja tämä työ keskittyy sen ensimmäiseen vaiheeseen, jossa rakennetaan 4-kerroksinen asuinkerrostalo.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kerrostalon rungon muuraustyölle seikkaperäinen ohje, jossa on käsitelty työn laatua, työturvallisuutta, aikataulua sekä logistiikkaa. Kohteen muuraustyöt ajoittuvat syksyyn ja talveen, joten mahdollisesti työhön vaikuttavat sääolosuhteet huomioitiin myös tätä suunnitelmaa tehdessä. Suunnitelmaa voidaan käyttää ohjeena kohteen rakentamisessa, sekä hyödyntää niin tulevissa rakennusvaiheissa kuin myös muissa samalla menetelmällä toteutettavissa kohteissa.

Kieli
suomi

Sivuja 67

Asiasanat

Poroton, kennoharkko, kivirakentaminen, kerrostalorakentaminen, massiivirakenne



THESIS
October 2018
Degree Programme in Civil Engineering

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
(013) 260 6800

Author (s)
Toni Pakarinen

Title
Blockwork Plans for the Load-Bearing Exterior Wall of an Apartment Building

Commissioned by
Kesälahden Rakennus Oy

Abstract

The aim of this thesis was to make a plan of work for the load-bearing exterior wall structure of an apartment building, which will be implemented with ceramic Poroton-cellblocks using thin seam masonry. The main contractor in this target and the client for this thesis was Kesälahden Rakennus Oy.

The target of the thesis was a part of the first apartment building in Finland, where a massive, single-material cellblock functions as the load-bearing outer wall structure. The target site of the thesis consisted of three phases of construction and this work focuses on the first phase of the 4-storey residential apartment building.

The result of this thesis was a detailed blockwork guide for the frame of apartment building, dealing with quality of work, work safety, schedule and logistics. The masonry work of the site is dated to autumn and winter, so the weather conditions which possible influence the work were also taken into account in this plan. The plan can be used as a guide for building the target and it can also be used in future in other objects implemented in the same method.

Language
Finnish

Pages 67

Keywords

Poroton, cellblock, stone building, apartment building, massive structure

Sisältö

| | | |
|--------|--------------------------------------|----|
| 1 | Johdanto | 7 |
| 1.1 | Tausta..... | 7 |
| 1.2 | Tavoite..... | 8 |
| 1.3 | Rajaus | 8 |
| 1.4 | Toimeksiantaja | 9 |
| 1.5 | Rakennuskohde..... | 9 |
| 2 | Kivirakentaminen | 12 |
| 2.1 | Kestävä ja terve elinkaari..... | 13 |
| 2.2 | Luonnon raaka-aine..... | 14 |
| 2.3 | Käyttökohteet..... | 15 |
| 3 | Massiivirakenne | 16 |
| 4 | Rungon rakennusmateriaali | 19 |
| 4.1 | Wienerberger Oy Ab..... | 19 |
| 4.2 | Poltettu tiili | 19 |
| 4.2.1 | Poltetun tiilen ominaisuudet..... | 20 |
| 4.2.2 | Ympäristö | 21 |
| 4.3 | Perliitti..... | 21 |
| 4.4 | Kerrostalo harkoista..... | 22 |
| 4.5 | Poroton S8 P -kennoharkko | 23 |
| 4.6 | Muut muurausosat..... | 27 |
| 4.7 | Materiaalimenekit | 28 |
| 5 | Työsuunnitelma..... | 30 |
| 5.1 | Aikataulu..... | 30 |
| 5.2 | Rakentamisen laadunvarmistus..... | 32 |
| 5.3 | Työturvallisuus..... | 33 |
| 5.4 | Logistiikka..... | 35 |
| 5.4.1 | Logistiikka työmaalla | 36 |
| 5.4.2 | Aluesuunnitelma | 38 |
| 5.4.3 | Teräsbetoniholvimuotti | 39 |
| 5.5 | Muuraustyöohje | 40 |
| 5.5.1 | Työjärjestys | 41 |
| 5.5.2 | Työn aloitus ja alustan oikaisu..... | 41 |
| 5.5.3 | Ohutsaumamuuraus..... | 42 |
| 5.5.4 | Harkkojen limitys | 43 |
| 5.5.5 | Ovi- ja ikkuna-aukkojen pielet..... | 44 |
| 5.5.6 | Nurkkaliitokset | 44 |
| 5.5.7 | Aukkojen ylitykset..... | 45 |
| 5.5.8 | Parveke-elementti..... | 47 |
| 5.5.9 | Välipohja..... | 48 |
| 5.5.10 | Kantavat väliseinät..... | 49 |
| 5.5.11 | Muurauksen nosto vesikatolle | 50 |
| 5.5.12 | Rappaus | 50 |
| 5.6 | Työolosuhteet | 51 |
| 5.6.1 | Sääolosuhteiden vaikutukset..... | 51 |
| 5.6.2 | Sääsuojaus..... | 52 |
| 5.7 | Apuvälineet muuraustyössä..... | 57 |
| 5.7.1 | Työstö- ja apuvälineet | 57 |
| 5.7.2 | Muuraustelineet..... | 58 |

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 6 | Riskit..... | 60 |
| 6.1 | Työohjeet..... | 60 |
| 6.2 | Työturvallisuus..... | 60 |
| 6.3 | Sääolot..... | 61 |
| 7 | Pohdinta..... | 62 |
| | Lähteet..... | 64 |

Sanastoa

| | |
|-----------------------|---|
| Kennoharkko | Keraaminen kennorakenteinen harkko. Harkon kantava materiaali on tiiltä ja sen sisällä olevat kennot voivat olla joko ilma- tai eristetäytteisiä. |
| Keraaminen materiaali | Savesta polttamalla valmistettu epäorgaaninen materiaali. |
| Epäorgaaninen | Materiaali ei sisällä elollisen luonnon ainetta. |
| Poroton-kennoharkko | Saksassa valmistettavien kennoharkkojen tuotenimi. Harkot voivat olla mineraalivilla-, perliitti- tai ilmatäytteisiä. |
| Porotherm-kennoharkko | Itävallassa valmistettavien kennoharkkojen tuotenimi. Harkot voivat olla mineraalivilla-, perliitti- tai ilmatäytteisiä. |
| Massiivirakenne | Massiivinen rakenne on yksiaineinen koko rakenteen läpi. Rakenne ei sisällä eri materiaaleista koostuvia poikkittaisia rakennekerroksia. |
| Hengittävä rakenne | Rakennustekninen termi, rakenne pystyy vastaanottamaan ja luovuttamaan kosteutta. |
| Perliitti | Vulkaanisesta kiviaineksesta polttamalla valmistettu eriste ja maanparannusaine. |
| Holvi | Kahden kerroksen välinen lattiarakenne (välipohja), joka on tehty yleensä puusta tai betonista. |

1 Johdanto

1.1 Tausta

Opinnäytetyöni aiheena on Joensuun Penttilän kaupunginosaan rakennettava asuinkerrostalokohde (kuva 1), jonne pääsin työnjohtoharjoitteluun. Kohteen rakentamisesta vastaava yritys on samalla opinnäytetyöni toimeksiantaja. Rakennettava kohde muodostuu kolmesta asuinkerrostalosta, joissa on kaksi eri taloyhtiötä. Kohteesta poikkeuksellisen tekee se, että kerrostalojen kantava ulkoseinärunko rakennetaan muurattavasta Poroton-kennoharkosta. Kyseisestä harkosta ei ole aiemmin Suomessa rakennettu kerrostaloja, joissa kennoharkkoa olisi käytetty kantavana rakenteena. Tällä hetkellä Kotkassa on kerrostalokohde sekä Oulussa koulurakennuskohde, joissa perliittitäytteistä kennoharkkoa käytetään ulkoseinärakenteessa, mutta rakenne ei ole kantava. Opinnäytetyöni kohde on siis osa Suomen ensimmäistä kerrostalokokonaisuutta, jossa Poroton-kennoharkkorakenne toimii kantavana ulkoseinärakenteena. Saman tyyppisestä, saman valmistajan ilmatäytteisestä Porotherm-kennoharkosta on rakennettu pientaloja Suomessa.



Kuva 1. Havainnekuva rakennuskohteesta (Kesälahden Rakennus 2018a, 1).

1.2 Tavoite

Opinnäytetyöni tavoitteena on tehdä rungon muuraustyöstä työsuunnitelma. Suunnitelmassa käsitellään esimerkiksi sitä, kuinka työ etenee, mitkä ovat muuraamisessa huomioitavia asioita, kuinka työturvallisuus huomioidaan ja miten logistiikka järjestetään. Kun kohteen toista vaihetta myöhemmin rakennetaan, voidaan tätä työsuunnitelmaa hyödyntää yleisohjeena ja tarvittaessa kehittää edelleen aiemmin saadun kokemuksen ja tiedon pohjalta.

1.3 Rajaus

Kohde sisältää kaksi taloyhtiötä (kuva 2), josta asunto Oy Penttilän Sanukseen kuuluu kaksi kerrostaloa. Ensimmäisessä rakennusvaiheessa rakennetaan Sanuksen A-talo. Toinen rakennusvaihe on suunniteltu aloitettavaksi keväällä 2019, jolloin tarkoituksena on rakentaa Sanuksen ja Firmuksen yhteinen pysäköintihalli, B-talo sekä erillinen, niin ikään kohteiden yhteinen saunatila. Näin ollen tekemäni työsuunnitelma koskee vain ensimmäisessä vaiheessa rakennettavaa A-taloa.



Kuva 2. Kohteen sisältämät taloyhtiöt. Opinnäytetyö kohdistuu Asunto Oy Penttilän Sanuksen A-taloon (Kesälahden Rakennus 2018a, 4).

1.4 Toimeksiantaja

Kesälahden Rakennus Oy (kuva 3) on perustettu vuonna 1975. Sen toimialue on Itä-Suomessa, tarkemmin Etelä-Savossa ja Pohjois-Karjalassa. Yhtiössä työskentelee keskimäärin 14 henkilöä, minkä lisäksi se työllistää paljon alihankkijoita. Yrityksen liikevaihto vuonna 2017 oli noin 8 miljoonaa euroa ja vuoden 2018 liikevaihdoksi on arvioitu noin 12 miljoonaa euroa. Kesälahden Rakennus Oy:n pääkonttori siirtyi Kiteeltä Joensuuhun kesällä 2018. Kesälahden Rakennus Oy on kasvava yritys, joka pyrkii jatkuvasti kehittämään palveluitaan sekä hyödyntämään uusimpia menetelmiä rakentamisessa. (Kesälahden Rakennus 2017a.) Tästä yhtenä esimerkkinä toimii opinnäytetyöni kohteena olevan kerrostalon uudenlainen ulkoseinärakenne, joka muodostuu Poroton-kennoharkosta. Kesälahden Rakennus Oy:ssä tärkeimpinä asioina pidetään toiminnan asiakaskeskeisyyttä sekä rakentamisen laatua (Kesälahden Rakennus 2017a).



Kuva 3. Kesälahden Rakennus Oy:n logo (Kipa 2018).

1.5 Rakennuskohde

Opinnäytetyöni kohteena on Joensuun Penttilänrantaan rakennettava kerrostalokohde. Penttilänranta on Joensuun uutta asuinalueetta (kuva 4), joka sijoittuu Penttilän kaupunginosaan. Alueella toimi vuosina 1871 - 1988 Penttilän saha, joka oli yksi Suomen suurimmista sahoista. Joensuun kaupunki hankki alueen itselleen vuonna 2008, josta lähtien sinne on rakennettu asuintaloja. (Joensuu 2015.)

Opinnäytetyössäni käsiteltävä rakennuskohde koostuu kaiken kaikkiaan kolmesta rakennusvaiheesta, joissa rakennetaan kolme asuinkerrostalosta. Kokonaisuuteen kuuluu kaksi erillistä taloyhtiötä, Asunto Oy Penttilän Sanus ja Asunto Oy Penttilän Firmus. Rakennukset ovat 4-, 5- ja 6-kerroksisia ja niiden alimmissa kerroksissa sijaitsevat varastotilat sekä kylmäpysäköintihalli, jossa on yhtiöiden autopaikat. Kohteen ensimmäisessä rakennusvaiheessa rakennetaan Sanuksen

perliittitäytteisiä, millä on aikaansaatu avokennoista harkkorakennetta parempi äänen- ja lämmöneristävyys. Perliitti on harkon pääraaka-aineena käytetyn saven tavoin luonnonkiviaines, jonka vesihöyrynvastus on tiilen kaltainen. Massiivisuutensa ja yksinkertaisuutensa ansiosta selkeä rakenne tasaa lämpötilavaihte-luita ja on samalla hengittävä. Kennomainen harkkorakenne on 490 mm paksu eikä se sisällä erillistä yhtenäistä lämmöneristekerrosta, vaan on yhtäläinen koko paksuudeltaan. (Juha Karilainen 2018a.) Harkkorakenteella ja sen ominaisuuksilla on suuri vaikutus sisäilman hyvään laatuun (Kesälahden Rakennus 2017b). Muurauksen jälkeen julkisivusta saadaan ulkoasultaan nykyaikainen rappauksen avulla, jolloin seinärakenteen kokonaispaksuudeksi muodostuu noin 500 mm (Kesälahden Rakennus 2018a, 2).

Kohteessa pyritään tukemaan asukkaiden yhteisöllisyyttä muun muassa erillisellä piharakennuksella, jossa on asukkaille varattu sauna- ja yhteistila. Pieni-muotoista kaupunkiviljelyä voidaan harrastaa istutuslaatikoissa, jotka on sijoitettu pihakannelle. Kohteen nykyaikaiset tekniset varustelut mahdollistavat sen, että asukkaat voivat vaikuttaa omaan energiankulutukseensa seuraamalla veden- ja lämmönkulutusta ja ohjaamalla asunnon valaistusta. (Kesälahden Rakennus 2018a, 2.) Kohteen kylmäpysäköintihalliin sijoitetaan sähköauton latauspisteitä (Karjalainen 2018).

Kohteen ensimmäinen kerros tehdään betonielementeistä ja väestönsuoja toteutetaan paikalla valaen. Seinärungon muuraustyö alkaa toisesta kerroksesta. Väliseinät ovat kantavia teräsbetonielementtejä. Kevyet väliseinät märkätiloissa muurataan kalkkiahiekkatiilestä ja kuivissa tiloissa kevyiden seinien rungot tehdään peltirangasta. Välipohjat ovat paikalla valettuja teräsbetoniholveja. Tasakattoisen vesikaton materiaalina toimii bitumihuopa. Kohde on kytketty kaukolämpöön, josta lämpöä johdetaan huoneistoihin vesikiertoista lattialämmityspotkistoa pitkin. (Kesälahden rakennus 2018a, 14).

Kohteen rakennesuunnittelusta vastaa joensuulainen Insinööritoimisto Kantelinen Oy. Arkkitehtisuunnitelmien taustalla on helsinkiläinen Arkkitehtitoimisto K2S Oy.

2 Kivirakentaminen

Kun ajatellaan vanhoja kivirakennuksia, ensimmäisenä mieleen tulevat kirkot ja linnat. Jo aikoinaan puuta käytettiin paljon rakennusmateriaalina, mutta myös kiven käyttö oli suosittua sen etujen vuoksi. Lujuutensa ansiosta siitä oli mahdollista rakentaa korkeampia, yksilöllisiä sekä monimuotoisia rakenteita ja rakennuksia. (Heikkilä 2003, 72; Issuu 2013a, 58.) Kivirakennukset olivat myös turvallisia muun muassa materiaalin palonkestävyyden ansiosta. Kivirakenne kestää sortumatta tulipalon sattuessa ja palo rajautuu tietylle alueelle eikä leviä helposti. (Issuu 2013a, 58.) Kiven suuren painon ja lujuuden vuoksi sen työstäminen on kuitenkin puuta työläämpää (Heikkilä 2003, 72).

Kivipohjaiset rakennusmateriaalit voidaan jaotella kolmeen eri ryhmään: betoni, tiilet sekä erilaiset harkot. Nämä materiaalit soveltuvat niin omatoimiseen pienrakentamiseen kuin myös ammattimaiseen rakentamiseen. (Issuu 2013a, 7.) Edellä mainittuja materiaaleja käytetään monen tyyppisiin rakennuksiin, kuten asuintaloihin, toimitiloihin ja opetustiloihin.

Kivimateriaaleista betoni on rakennusmateriaalina ylivoimaisesti käytetyin maailmassa. Sitä voidaan käyttää betonielementteinä sekä valmisbetonina. (Issuu 2013a, 7.) Betonin suosioon rakennusmateriaalina vaikuttavat sen useat hyvät ominaisuudet: Se on edullista sekä helposti saatavaa, minkä lisäksi sitä voidaan käyttää monenlaisiin rakenteisiin ja kohteisiin. Betonin hyviin ominaisuuksiin luokituvat myös sen lujuus sekä kosteuden- ja palonkestävyys. (Betoni 2018.) Betonielementeistä rakennettaessa etuna on rakennustöiden nopea eteneminen.

Yksi maailman vanhimmista ja käytetyimmistä kivipohjaisista rakennusmateriaaleista on niin ikään poltettu tiili. Vanhimmat tiilestä rakennetut rakennukset ovat yli 5000 vuoden ikäisiä. Poltetusta tiilestä on myös valmistettu Suomen vanhimmat rakennukset. (Issuu 2013a, 7.) Se on erittäin kestävä, lähes ikuinen materiaali, joka on valmistettu uusiutuvista luonnon raaka-aineista. Ensimmäinen pysyvä ihmiskäsin muotoiltu rakennusmateriaali on poltettu tiili. (Rakentaja 2006.)

Kolmas kivipohjaisten rakennusmateriaalien ryhmä on harkot, joita ovat muun muassa kevytsora- ja muottiharkot (Issuu 2013a, 7; Lakka 2018). Usein harkossa on toisesta materiaalista valmistettu eristekerros, jolloin rakenteeseen muodostuu kerroksia eikä se tällöin ole kauttaaltaan yhtenäinen. Nykyisin on myös kennoharkkovaihtoehtoja, jotka toimivat sellaisenaan ilman erillistä lämmöneristekerrosta. Harkon kennot voivat olla ilmatäytteiset tai ne on voitu täyttää jollakin eristemateriaalilla, kuten mineraalivillalla tai perliitillä.

2.1 Kestävä ja terve elinkaari

On ensisijaisen tärkeää, että talon sisäilma on miellyttävää ja terveellistä. Nämä vaatimukset voidaan taata oikeanlaisilla rakenteilla, varusteilla ja toiminnalla. Rakenteeseen voidaan lisätä höyrynsulkukerros, jolloin rakenteesta tulee tiivis. Vaihtoehtoisesti rakenne voidaan tehdä hengittävistä materiaaleista, jolloin siihen tulee höyrynsulkukerroksen sijaan ilman liikettä hidastava, mutta hengittävä ilmansulkukerros. Tällöin rakenteen vaippa on hengittävä. Lisäksi ilmanvaihto voi olla luonnonmukainen eli painovoimainen tai koneellinen. Tiivistäen: ajatus terveestä talosta ei nojaa vain yhteen tiettyyn ajatukseen, vaan se voidaan toteuttaa runsailla vaihtoehtoisilla tavoilla. (Rytilä 1994, 4.)

Talon terveyttä katsotaan koko sen elinkaaren aikana. Oikeaoppisella käytöllä ja huollolla varmistetaan rakenteen pitkä käyttöikä. Kestävällä rakentamisella (kuva 5) tuotetaan pitkäikäisiä, energia-, materiaali- ja ympäristötehokkaita rakenteita ja rakennuksia. Tällaisella rakentamisella saadaan aikaan terveellisiä, turvallisia, viihtyisiä, helppohoitoisia ja muuntojoustavia rakennuksia, jotka säilyttävät myös arvonsa. Kun rakennus puretaan, sen elinkaari tulee päätökseen. Tämän jälkeenkin kierrätettävien ja uudelleenkäytettävien materiaalien elinkaari kuitenkin jatkuu, mikä on nykypäivänä arvokas asia. (Rakennusteollisuus 2018a, 3-9.)

Kustannusten kannalta kivirakenne on taloudellisesti hyvä vaihtoehto, kun tarkastellaan rakennuksen koko elinaikaisia kustannuksia. Koko elinkaaren aikaisia kustannuksia ovat rakentamisen kustannukset, huolto- ja korjaustarpeet sekä käyttökustannukset. Rakennuksen kustannuksia määrittävät myös energiatehokkuus, elinkaaren mitta sekä rakennuksen arvon säilyminen. Lisäksi taloudelli-

sista, ekologisista sekä sosiaalisista näkökulmista katsottuna kivipohjaiset rakennusmateriaalit toimivat hyvin kestävän rakentamisen raaka-aineina. (Issuu 2013a, 18.)



Kuva 5. Kestävän rakentamisen osa-alueet (Issuu 2013a, 23).

Kivirakenteelle ominaista on hyvä ilmanpitävyys, jonka ansiosta kivirakenne on energiatehokas. Kivimateriaalin elämättömyys, lujuus sekä pitkä käyttöikä edistävät ilmanpitävyyden toimivuutta. (Issuu 2013a, 65.) Energiankulutuksen lisäksi hyvällä ilmanpitävyydellä on tärkeä rooli hyvässä sisäilmassa, koska tällöin epäpuhtaudet pysyvät rakennuksen ulkopuolella eikä vuotava rakenne aiheuta vedon tunnetta (Kivitaloinfo 2018a).

2.2 Luonnon raaka-aine

Luonnon raaka-aineista valmistetut kivipohjaiset materiaalit eivät sisällä haitallisia tai myrkyllisiä aineita. Niihin käytetään pääosin maaperästä saatuja erityyppisiä kiviaineksia ja vettä. Suomessa kiviaineksesta ei ole pulaa, vaan sitä riittäisi paljon suurempiinkin rakentamisen tarpeisiin. (Issuu 2013a, 15.)

Maan kohoaminen on nostanut esiin nykyiset pellot, jotka ovat aikoinaan olleet merenpohjaa. Nämä alueet koostuvat kerrostuneista hienojakoisista sedimenteistä, kuten savi. (Kaiva 2018.) Mineraalimaalaji luokitellaan saveksi, kun sen rakeiden läpimitta on 0,002 mm tai vähemmän (Wikipedia 2016a).

Poltetun tiilen raaka-ainetta savea muodostuu maan kohoamisen ansiosta nopeammin kuin tiilituotanto sitä käyttää (Issuu 2013a, 15). Maan kohoamista tapahtuu maankuoren oikenemisen vuoksi. Maankuori on painunut johtuen jääkauden jäätiköistä, joiden sulettua se oikenee hiljalleen alkuperäiseen muotoonsa. (Wikipedia 2018.) Kun savi on peltoalueesta käytetty hyödyksi, voidaan aluetta käyttää esimerkiksi maanviljelykseen (Issuu 2013a, 15).

2.3 Käyttökohteet

Betonia käytetään rakentamisessa moniin eri kohteisiin. Siitä tehdään kantavia ja kevyitä runkoja, julkisivuja, siltoja, erilaisia infrarakenteita, pihakiviä, harkkoja, putkia ja nykyisin myös taidetta. Betonia materiaalina on kehitetty paljon, minkä ansiosta sitä voidaan käyttää moniin uusiin tarpeisiin, kuten rakennusten graafiiseen ulkoasukuviointiin sekä tuulivoimaloiden torneihin. (Issuu 2013a, 8.)

Infrarakentamisessa rakenteiden tulee kestää suuria kuormia, kosteutta, sään aiheuttamia rasituksia, erilaista mekaanista rasitusta sekä monia kemikaaleja. Tästä syystä kivipohjaiset materiaalit ovat infrarakentamisen kohteissa välttämättömiä. (Issuu 2013a, 8.)

Rakennusmateriaalina tiili sopii monipuolisuutensa ansiosta moniin eri tarkoituksiin, kuten väliseiniin, julkisivuihin, savupiippuihin ja tulisijoihin. Siitä voidaan tehdä myös täystiilisiä rakennuksia. Tiiltä käytetään kestävyytensä, hyvän ääneristyksensä ja kauniin ulkonäkönsä ansiosta paljon kerrostalojen julkisivussa. (Issuu 2013a, 7.)

Harkkoja käytetään erityisesti pientalojen rakentamisessa. Harkoista voidaan rakentaa kokonaisia taloja, mutta niitä käytetään myös esimerkiksi puusta tai muista materiaaleista tehtyjen rakennusten ulko- ja sisäseinissä, hormeissa, pilareissa sekä perustuksissa. (Issuu 2013a, 7.)

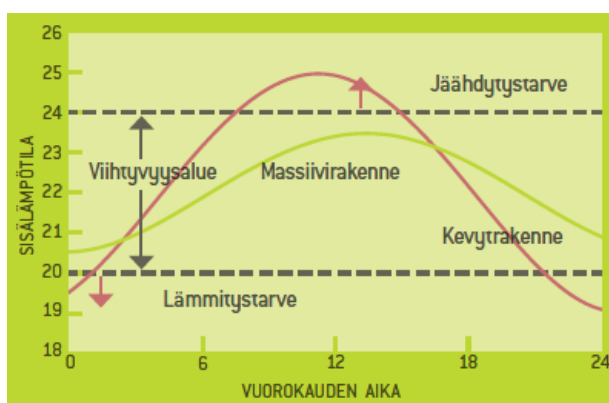
3 Massiivirakenne

Massiivirakenteessa rakenteen muodostaa usean kerroksen sijasta vain yksi rakennekerros, joka on yhtenäistä ulkopinnasta sisäpintaan. Kun puhutaan massiivirakenteista, niillä tarkoitetaan yleisesti ulkoseinärakenteita. Erilaisia massiivirakenteita ovat esimerkiksi hirsiseinä ja muurattu täystiiliseinä. Väliseinärakenteissa massiivisuudella ei ole niin suurta merkitystä. (Saatsi 2017.) Väliseinissä massiivisuudesta on hyötyä lähinnä lämmön tai viileän ilman varastoinnissa rakenteeseen (Karilainen 2018a). Rakennuksessa voi olla massiivinen sydänmuuri, johon varautuu auringon lämpöä suurten lasiseinien tai ikkunoiden kautta (Saatsi 2017).

Massiivirakenteella on monia etuja. Se on kosteus- ja lämmönmuutoksien kannalta toipumiskykyinen, rakenteeltaan kestävä ja koska huoltoa vaatii yleensä vain pinta, se on myös helposti korjattavissa. Yhden rakennekerroksensa ansiosta sen rakennusfysikaalinen toiminta on varmaa ja selkeää. (Saatsi 2017.) Massiivirakenteisiin julkisivuihin ei tarvitse tehdä liikuntasauvoja, sillä sen rakenteen ja lämmöntasauskyvyn ansiosta pintalämpötilavaihtelut ovat niin pieniä, ettei lämpöliikettä synny (Karilainen 2018b).

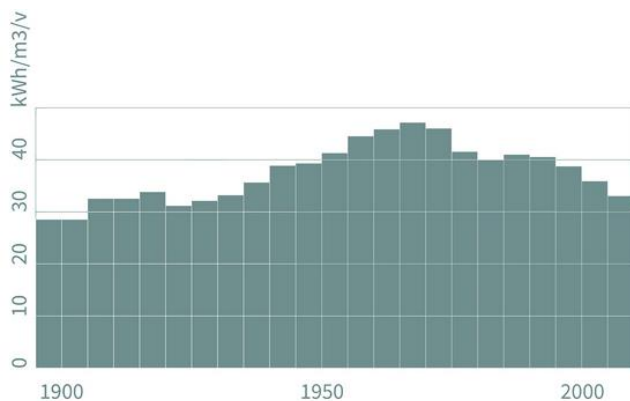
Massiivirakenne on myös ekologinen ja pitkäikäinen. Kun massiivista hirsi- tai tiilitaloa ylläpidetään sekä huolletaan asianmukaisesti, voidaan sille arvioida todella pitkä, jopa satoja vuosia kestävä käyttöikä. Massiivirakenne on energiatehokas, koska se varastoi hyvin lämpöä suuren lämmönvaraamiskyvynsä ansiosta. (Saatsi 2017.) Lämmön varastoimisen lisäksi massiivinen rakenne myös luovuttaa lämpöä tasaisesti. Massiivirakenteen ominaisuuksien ansiosta rakennuksen sisäilman lämpötilanvaihtelu pysyy maltillisena. Sisäilma ei pääse lämpenemään lyhyellä aikavälillä liikaa, jolloin se pysyy miellyttävänä eikä rakennusta tarvitse jäähdyttää (kaavio 1). Lämmön varastoituminen ja hidas luovuttaminen mahdollistavat sen, että massiivinen tiilitalo pysyy talvella lämpimänä ja vastavasti kesällä viileänä. (Tiili-info 2018a.) Tämä perustuu siihen, että massiivinen rakenne tasaa lämpötilahuippuja sekä kesällä että talvella perustuen massaansa, rakenteelliseen paksuuteen sekä materiaalin lämmönjohtavuuteen (Karilainen 2018a).

Massiivisella rakenteella saadaan hyötykäytettyä vähäpäästöiset ja ilmaiset energialähteet, joita rakenne sitoo itseensä. Tällaisia lämpölähteitä ovat aurinko, ihmiset, tulisijat sekä sähkölaitteet. (Kivitaloinfo 2018b.) Massiivisessa rakenteessa energiaa säästyy lämmityksessä 5 - 15 % ja jäähdytyksessä 20 - 50 % erilaisiin kevytrakenteisiin rakennuksiin verrattuna (Issuu 2013a, 21). Juuri energiankulutus on suurin syy rakennuksen elinkaaren aikana tapahtuviin ympäristöpäästöihin, joita kertyy käytössä noin 80 - 90 % pientalon ympäristöpäästöistä. Näin ollen rakennuksen runko on suurena vaikuttavana tekijänä sen energiankulutukseen. (Issuu 2013b, 4.)



Kaavio 1. Sisälämpötilanvaihtelut massiivi- ja kevytrakenteella toteutettuna (Issuu 2013a, 63).

U-arvon laskennassa massiivirakenteen lämmönvaraamiskykyä ei oteta huomioon. Tämän vuoksi se saa energiataloudellisesti huonommat arvot kuin mitä se käytännössä on. 1800- ja 1900-luvun vaihteessa rakennettujen massiivisten tiilitalojen energiakulutuksia on mitattu. Saatsi-blogissa on julkaistu yksi esimerkki tällaisesta mittauksesta (kaavio 2), joka on alun perin julkaistu Juulia Mikkolan artikkelissa Arkkitehti 3/2017 -lehdessä. Mittaukset esittävät kaukolämmön ja kiinteistösähkön sisältäneitä energiankulutuksia, jotka ovat toteutuneet kerrostaloissa. Mittaustuloksista nähdään, miten hyvin 1900-luvun alun rakennukset pärjäävät energiatehokkuudessaan esimerkiksi 2000-luvulla rakennettuihin rakennuksiin verrattuna. (Saatsi 2017.)



Kaavio 2. Pystysarake näyttää kuluneen energian ja vaakasarake talon rakentamisajankohdan (Saatsi 2017).

Rakenteen kyky eristää ääntä on suuri asuinviihtyvyyden kriteeri. Massiiviset tiilirakenteet eristävät ilmaääntä tehokkaasti, minkä ansiosta ulkoa kantautuva liikenteen aiheuttama melu ei kantaudu sisätiloihin. (Rakentaja 2006.) Massiivirakenteella saadaan eristettyä myös huonetilojen väliset äänet rakennuksen sisällä (Issuu 2013a, 36). Ääneneristävyyteen ei vaikuta ainoastaan rakenteen massiivisuus, vaan sen täytyy olla myös tiivis. Raot vaikuttavat ääneneristävyyteen heikentävällä tavalla. (Rakentaja 2006.)

Nykyisin rakennetaan paljon rakennuksia, joiden ulkoseinärakenne on monikerroksinen ja moniaineinen, joista jokaisella on oma tehtävänsä. Kerrosrakenteisen seinän tehtäviä ovat lämmöneristäminen, kantaminen, tiivistäminen ja jäykistäminen. Tällainen rakenne on vastakohta massiivirakenteelle. Monikerrosrakenne on teknisesti haastava, koska esimerkiksi vesihöyry voi kondensoitua eri materiaalien rajapintoihin, mikä voi aiheuttaa kosteus- ja homevaurioita rakenteessa. Rakenteen toimivuuden riskit kasvavat, kun siihen lisätään toisiinsa nähden erilaisia materiaaleja ja kerroksia. (Saatsi 2017.)

4 Rungon rakennusmateriaali

4.1 Wienerberger Oy Ab

Wienerberger Oy Ab (kuva 6) on kansainvälinen yritys, joka toimii yli 30 maassa. Sen perusti Alois Miesbach Itävallan Wieniin vuonna 1819. Yrityksen toimintaan kuuluu pääasiassa tiilituotteiden valmistaminen ja markkinointi. Keraamisten harkkojen valmistajana se on maailman suurin, mutta on myös isossa roolissa katto- ja julkisivutiilien markkinoilla. Näiden tuotteiden lisäksi valikoimassa ovat keraamiset ja muoviset putkituotteet. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Wienissä. Suomen toimipisteet sijaitsevat Helsingissä ja Koriolla ja ne työllistävät noin 45 henkeä. (Wienerberger 2018a; Karilainen 2018a.)



Kuva 6. Wienerberger Oy Ab:n logo (Wienerberger 2018a).

4.2 Poltettu tiili

Poltetun tiilen etuina rakennusmateriaalina on, että se on lähes ikuisesti kestävä ja sen valmistuksessa käytettävät savi, hiekka ja sahanpuru ovat luonnon omia raaka-aineita. Se on myös ensimmäinen ihmiskäsin muotoiltu rakennusmateriaali. Poltettu tiili pärjää erinomaisesti vielä nykypäivänäkin rakennusmateriaalina, vaikka se on keksitty yli 5000 vuotta sitten. Se on ekologinen, taloudellinen sekä rakennusteknisesti toimiva materiaali. (Rakentaja 2006.)

Suomessa poltettujen tiilien käyttö alkoi keskiajalla. Yleisesti sitä käytettiin rakennusmateriaalina linnoihin, kirkkoihin, kartanoihin sekä luostareihin. Suomessa yksinä merkittävimpiä tiilirakennuksia ovat Hämeen linna sekä Hattulan kirkko, joista jälkimmäinen on rakenteeltaan kauttaaltaan tiiltä. (Santavuori 2003, 61.)

4.2.1 Poltetun tiilen ominaisuudet

Poltettu tiili on epäorgaaninen keraaminen materiaali, joka sisältää ilmatäytteisiä huokosia ja kapillaareja. Tiili ei sisällä lainkaan haitallisia ilmaan haihtuvia aineita, ja se kuuluu korkeimpaan eli parhaaseen päästöluokitukseen M1. Epäorgaanisuutensa ansiosta tiili ei ole herkkä homehtumiselle. Huokoisen rakenteen ja rakennusfysikaalisen diffuusioavoimuuden avulla se tasaa ulko- ja sisäilman välistä kosteustasapainoa. (Rakentaja 2006.) Tiilirunko voi sitoa ylimääräistä kosteutta itseensä ja luovuttaa sitä huoneilmaan, kun sisäilma on kuivaa. Kuiva sisäilma on ongelma lähinnä talvella, jolloin sisäilman kosteus voi laskea jopa 10 - 20 % tasolle. Tarvittaessa tiilirunko johtaa ylimääräisen kosteuden myös ulkoilmaan. Yleisesti tätä kutsutaan materiaalin hengittävyudeksi. (Karilainen 2018a.) Kosteustasapainon lisäksi tiili tasaa myös lämpötiloja sen hyvän ominaislämpökapasiteetin ja lämmönjohtavuuden ansiosta. Jos tiilirakenteen lämpötila on suurempi kuin huoneilman lämpötila, tiilirakenne luovuttaa lämpöenergiaa huoneilmaan. (Tiili-info 2018c.)

Keraamisuutensa ansiosta poltetut tiilet kestävät happosateita ja muita kemiallisia rasituksia. Savupiipuissa kulkeutuvista savukaasuista kondensoituu rikkihappoa, jonka syövyttävää vaikutusta keraamiset materiaalit kestävät ja siksi ne ovatkin savupiipuissa ehdottomia. Poltetulla tiilellä on myös hyvä mekaanisen rasituksen kestävyys. Tiilen suuren puristuslujuuden ansiosta siitä voidaan muurata sekä kantavia että kantamattomia rakenteita. (Rakentaja 2006.)

Polttoaste vaikuttaa tiilen väriin, joka ei myöskään ajansaatossa muutu. Suomalaisesta savesta tiiltä valmistettaessa lopputuloksena saadaan tiileen punainen väri. Värin muodostumiseen vaikuttaa saven rautapitoisuus sekä pieni kalkkimäärä. (Rakentaja 2006.) Poltettuja tiiliä on saatavilla useissa eri värisävyissä. Väriin vaikuttavat saven mineraalipitoisuus, polttotekniikka sekä lisäaineiden käyttö. Vaaleiden tiilien valmistuksessa käytetään kaoliittipitoista savea, joka ei sisällä punaisen sävyn aikaansaavaa rautaoksidia. (Kivitaloinfo 2018c.)

4.2.2 Ympäristö

Ympäristövaikutuksia tulisi tarkastella aina rakennustasolla (Karilainen 2018a). Rakennusmateriaalin ympäristöystävällisyys tulee huomioida koko rakennuksen elinkaaren aikana. Elinkaaritarkastelussa tulisi huomioida raaka-aineiden hankinta- ja valmistusprosessi, huolto ja ylläpito sekä mahdollisuudet uusiokäyttöön ja kierrätykseen. Ympäristörasitukseen vaikuttaa myös kuljetukset ja asennusvaiheet. Poltetun tiilen raaka-ainetta savea pyritään saamaan tehtaiden läheisyydestä, jolloin vältytään pitkiltä kuljetusmatkoilta. Energiaa kuluu poltetun tiilen valmistuksessa, mutta kuitenkin tiilirakenteiden käytön kokonaisenergianmäärää vähentävät sen huoltotoimenpiteiden vähyyys sekä perinteiset työtavat asentamisessa eli käsin asentaminen. (Rakentaja 2006.) Ympäristöystävällisyyttä lisää sen kierrätettävyys. Vanhoja, puhtaita tiiliä voidaan käyttää rakennuksiin uudelleen tai tiilet voidaan murskata ja käyttää uudelleen tiilimassan raaka-aineena. (Tiili-info 2018b.) Kun tiiltä tarkastellaan koko elinkaarensa aikana, on se rakennusmateriaalina erittäin ekologinen (Rakentaja 2006).

4.3 Perliitti

Harkkorakenteen kennot on täytetty rakenteeltaan raemaisella, kevyellä ja valkoisella perliitillä. Sitä valmistetaan vulkaanisesta kivistä polttamalla noin 1000 celsiusasteen lämpötilassa. (Wikipedia 2016b.) Vulkaanisen kiven alkuperämaa on usein Kreikka tai Turkki, joissa perliittiä esiintyy laajalti. Kuljetuksessa tuotteen tilavuus on pienempi, koska poltettaessa sen tilavuutta saadaan kasvatettua 10 - 20 kertaiseksi lähtötilanteesta. (Perlite 2016.) Perliittiä voidaan käyttää eristeenä, mutta myös maanparannusaineena (Wienerberger 2018b).

Perliitti on ominaisuuksiltaan pitkälti samanlaista kuin poltettu tiili. Se on palamaton, minkä ansiosta se täyttää nykyiset palovaatimukset. Se on myös epäorgaanista ja steriiliä, minkä ansiosta se ei lahoa eikä ole herkkä homeen kasvuille. (Perlite 2016.) Perliitillä on hyvä lämmöneristävyys ja hygroskooppisuuden ansiosta se on hengittävä materiaali (Karilainen 2018b).

4.4 Kerrostalo harkoista

Rakennusmateriaalina harkko sopii kestävyytensä ansiosta hyvin kerrostalorakentamiseen. Suunnittelun ja rakentamisen yksinkertaisuuden edellytyksenä on harkkorakentamiselle ominaiset kapeat ja korkeat aukot. Rakennuksen jäykistäminen sekä paloturvalliseksi saaminen eivät poikkea juurikaan muunlaisista monikerroksisista kivirakenteista. (Issuu 2017, 10.)

Arkkitehti Antti Heikkilän (Arkkitehtitoimisto Antti Heikkilä Oy) mukaan 2 - 4 -kerroksisia kerrostaloja rakennettaessa harkkoja voidaan käyttää runkomateriaalina, siinä missä pientalorakentamisessakin. Harkot mahdollistavat myös monia rakentamisen arkkitehtonisia etuja, kuten saumattomia rappauspintoja. Etuna harkkorakentamisessa on se, että rakenteet ovat sekä rakennusfysikaalisesti että rakennusteknisesti yksinkertaisia. Tämä mahdollistaa turvallisen ja kestävännen rakenteen. Heikkilä suosii suunnittelussa, rakentamisessa ja käytössä riskittömiä ratkaisuja, jotka eivät vaadi ylimääräistä huoltoa tai ylläpitoa. Harkkotaloilla on erityyppinen pitkä elinkaari. Rakennusaikaisen kosteudenhallinnan kannalta harkot ovat riskittömiä, koska ne eivät kastuessaan pilaannu, kuten villaelementit. Kosteus on suuri rasite, koska Suomessa taivaalta tulee niin vettä, räntää kuin luntakin. (Issuu 2017, 10.)

Heikkilän mukaan kerrostalorakentamisessa on huomioitava harkkorakenteelle ominainen arkkitehtuuri, joita ovat korkeat ja kapeat aukotukset. Tällöin palkkiharkoilla saadaan helposti toteutettua aukkojen ylitykset ilman, että rakenteisiin jouduttaisiin tekemään ylimääräisiä vahvisteita. Harkkotalolle ominaista on, että rakennus nousee vähitellen ylöspäin. Koska kapeat aukot ovat harkkorakenteelle ominaisia, ei lähtökohdaksi kannata ottaa betonielementtiarkkitehtuurille tavanomaisia ratkaisuja. Harkkotalon noustessa syntyy mittasuhteita, jotka ovat tavanomaisia 1900-luvun varhaisesta arkkitehtuurista. (Issuu 2017, 10-11.)

Paloturvallisuuden puolesta kerrostalorakentamisessa harkon käyttö ei ole ongelma, vaikka paloluokka vaihtuukin pientalorakentamisen P3-luokasta kerrostalorakentamisen P2- tai P1-luokkaan. Harkko täyttää paloluokkavaatimukset ilman lisäsuojauksia tai muita toimenpiteitä. Harkot valitaan käyttökohteen mukaan ja

näin ollen valintaan vaikuttaa pääasiassa rakenteen lämmön- ja ääneneristävyys, palonkestävyys sekä kantavuus. (Issuu 2017, 11.)

RA-suunnittelu Oy:n rakennusinsinööri Jarmo Korhosen mukaan arkkitehtisuunnittelua yksinkertaistavat harkkorakentamiselle luontaiset periaatteet. Kun aukoista muodostuvat jännevälit ovat tarpeeksi lyhyitä, vältetään erikoisratkaisuilta, jotka hidastavat rungon nousua tai muodostavat lisäkustannuksia. Kantavuuden lisäämiseksi ohutsaumamuurattaviin harkkoihin ei voida lisätä teräksiä. Jos kantavuutta täytyy lisätä, on silloin valittava puristuslujuudeltaan vahvempi harkko. Ohutsaumamuuraamalla saadaan nopeasti ja yksinkertaisesti aikaan valmista seinää, lukuun ottamatta sen pinnoittamista. (Issuu 2017, 11.)

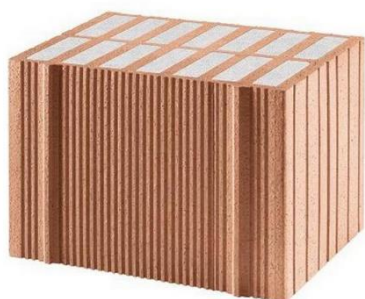
Paksut harkoista muuratut seinät voivat joissakin tapauksissa toimia jo itsessään jäykistävänä rakenteena, kun huolehditaan, ettei niissä ole liikaa suuria aukkoja. Tavallisesti jäykistäminen kuitenkin tehdään paikalla valetuilla rakenneosilla tai elementtikerrostalon tavoin hissikuilulla. Hissikuilu voidaan tehdä joko paikalla valaen tai elementeistä rakentamalla. (Issuu 2017, 11.)

Jarmo Korhosen mukaan harkoista rakentaminen on joustavaa. Kun rakennetaan elementeistä, ne täytyy suunnitella ja valmistaa kohdekohtaisesti, mihin on varattava aikaa. Tämän vuoksi harkkoja on mahdollista saada elementtejä nopeammin työmaalle. Lisäksi rakentamisen aikana harkkorakenteessa voidaan täydentää taloteknisiä suunnitelmia. Elementeissä taloteknisiä suunnitelmia on hankala rakentamisen aikana muuttaa, koska asennukset tehdään jo etukäteen tehtaalla. (Issuu 2017, 11.)

4.5 Poroton S8 P -kennoharkko

Rakennusmateriaalina keraamisen kennoharkon käyttö on kasvanut merkittävästi. Kivipohjaisen yksiaineisuutensa sekä massiivisuutensa ansiosta se on käyttäjälle ja rakentajalle hyvä vaihtoehto niin rakennusfysikaalisesti kuin myös kosteusteknisesti. Materiaaliominaisuuksiltaan tiili ja perliitti ovat hygroskooppisia eli ne pystyvät vastaanottamaan ja luovuttamaan kosteutta sekä ulko- että huoneilmaan. Näin rakenne ylläpitää sisäilman kosteustasapainoa. (Wienerberger 2018b.)

Poroton S8 P -kennoharkkosarja koostuu poltetusta savesta sekä sen kennoissa olevasta kiviaineesta, perliitistä (Wienerberger 2018b). Harkkoja on saatavilla 365, 425 ja 490 mm leveinä (Wienerberger 2018c). Tämän kohteen muuraustyössä runko muurataan Poroton S8 49,0-P -harkolla (kuva 7, taulukko 1), jonka leveys on 490 mm. Poroton-kennoharkko kestää kovempaa kuormitusta kuin avokennoinen Porotherm-harkko, koska harkon sisällä olevat tiilikannakset ovat paksumpia. Perliittitytteen ansiosta harkolla saadaan parempi lämmön- ja ääneneristävyys. Paremman kantavuuden, lämmön- ja ääneneristävyuden vuoksi se on varteenotettava vaihtoehto kerrostalojen sekä julkisten rakennusten rakentamisessa. (Wienerberger 2018b.)



Kuva 7. Poroton S8 49,0-P -kennoharkko (Wienerberger 2018b).

Taulukko 1. Poroton S8 49,0-P -kennoharkon ominaisuuksia (Wienerberger 2018b).

| Poroton S8 49,0-P | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Mitat: P x L x K | 248 x 490 x 249 mm |
| Paino: kg/kpl | 22,7 kg |
| Kpl/lava | 36 kpl |
| Materiaalimenekki kpl/m ² | 16 kpl |
| Harkon puristuslujuusluokka | 10 N/mm ² |
| Lämmönjohtavuus λ | 0,08 W/mK |
| Lämmönläpäisykerroin - U-arvo | 0,16 W/m ² K |
| Ääneneristävyys | dB \geq 48 |
| Ohutsaumalaastin menekki | 8,5 kg/m ² |

Suomessa keraamisen kennoharkon käyttö on vielä uutta, mutta yleistyy kovaa vauhtia. Mallikohteita on paljon Keski-Euroopassa, jossa materiaalia on käytetty pientalojen sekä asuinkerrostalojen runkomateriaalina. Suomessa ensimmäinen

kantava Poroton-runkoinen kerrostalo alkaa rakentua Joensuuhun. Tämän lisäksi uusia kohteita suunnitellaan koko ajan. (Wienerberger 2018b.)

Viime aikoina sisäilma-asiat ovat olleet paljon esillä. Julkisten rakennusten, kuten koulujen rakentamisessa tärkeitä asioita ovat pitkä elinkaari, rakenteen riskittömyys, huoltovapaus ja hyvä sisäilma. Kennoharkon massiivisuuden ja hengittävyiden ansiosta rakenteesta saadaan homehtumisen kannalta mahdollisimman riskitön rakenne. (Karilainen 2018a.) Tästä syystä sitä aiotaankin käyttää koulujen rakennusmateriaalina Oulussa ja Rovaniemellä. Oulussa ensimmäiset kennoharkkorunkoiset koulut aloitettiin kesällä 2018. (Wienerberger 2018b.)

Kun kivipohjaisia rakenteita verrataan kosteustekniseltä kannalta, kennoharkkorakenne on näistä nopeimmin kuivuva. Ohutsaumamuuraamalla rakenteeseen ei sitoudu laastista suuria kosteusmääriä, mikä nopeuttaa niin ikään rakenteen pinnoittamista. Muurattu seinä voidaan pinnoittaa heti muurauksen valmistuttua. Pinnoitus edellyttää, että olosuhteet ovat ohjeiden mukaiset, eikä pinnoitettava pinta saa olla märkä tai jäässä. Harkon suuren koon ansiosta rakentamisaika ei ole pitkä, kun muuraustyö etenee nopeaa vauhtia. (Karilainen 2018b.)

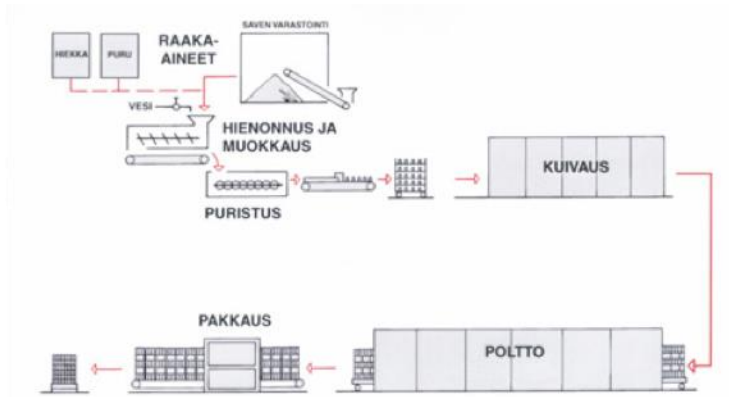
Tällä hetkellä Suomessa rakennetaan paljon. Suurin osa rakennettavista kohteista on betonielementtirakennuksia. Elementtien suuren kysynnän vuoksi elementtitehtaat ovat vahvasti työllistettyjä ja sen myötä sidottuja kohteisiin pitkälle aikavälille. Jos elementtitehtaassa tulee viivästyksiä, vaikuttaa se elementtien valmistukseen, mikä puolestaan viivästyttää niiden toimituksia työmaalle ja siellä taas tiukat aikataulut kiristyvät entisestään. Tämän vuoksi on tärkeää, että myös muita runkomateriaaleja käytetään. Tällöin ei ole niin suurta riskiä, että materiaalityötoimituksissa tulisi viivästyksiä ja rakennuskohteiden valmistuminen ajallaan on todennäköisempää.

Seitsamo (2013) käsittelee opinnäytetyössään Porotherm-kennoharkkojen valmistusta. Opinnäytetyössään lähteenä hän on käyttänyt Wienerbergerin tuotesitettä, jossa kerrotaan Porotherm-kennoharkon valmistuksesta. Tämä valmistusmenetelmä soveltuu myös Poroton-kennoharkkojen valmistukseen. Poroton-

kennoharkon kantava osa on poltettua tiiltä, joka valmistetaan korkeassa polttoasteessa. Poroton-harkkojen valmistuksessa (kuva 8) käytetään suulakepuristusmenetelmää. Prosessissa kankipuristin puristaa tiilen raaka-aineena toimivan savimassan kullekin harkkotypille suunnitellun suulakemuotin läpi halutunlaiseksi kennoharkoksi, jolloin harkko saa sille ominaiset muotonsa kuten ponttauksen ja kennoston. Muotonsa saamisen jälkeen kennoharkot sahataan oikean korkuiseksi, jossa huomioidaan tulevassa prosessissa tapahtuva kutistuma. Sahauksen jälkeen harkot viedään kuivaamoon. Harkkoja kuivatetaan noin 8 - 16 tuntia 80 - 85 celsiusasteessa automatisoidussa kuivauskammiossa. Harkot kutistuvat kuivauksen aikana noin 3 - 6 % lähtötilanteesta. (Seitsamo 2013, 14.)

Seuraavaksi tapahtuu harkon poltto, jossa se saa ominaisen lujuutensa. Poltto-prosessissa harkot kulkevat 130 - 150 metriä pitkää automatisoitua uunitunnelia pitkin. Harkkojen polttolämpötila on 900 - 1000 celsiusastetta. Kun harkot ovat polttoprosessissa saavuttaneet lujuutensa, ne eivät ole vielä mittatarkkoja. Kennoharkot hiotaan muurattavilta saumapinnoilta, jolloin sen korkeustarkkuus on $\pm 0,5$ mm. Korkeustarkkuutensa ansiosta harkkoja voidaan muurata ohutsauma-muurausmenelmällä. Mittaepätarkkuutta esiintyy jonkin verran leveys- ja pituus-suunnassa. (Seitsamo 2013, 14.)

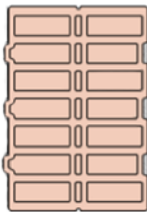
Kun harkot ovat valmiita ja mittatarkkuuteen korkeussuunnassa hiottuja, eristettyjen harkkojen kennostot täytetään lämpö- ja ääntäeristävällä perliitillä. Poltettu kiviaines, perliitti puristetaan kennostoon tiukasti puristimen avulla. (Karilainen 2018b.) Lopuksi valmistetut harkot asetetaan koneellisesti omille lavoilleen, joihin kuhunkin esimerkiksi Poroton S8 49,0-P -harkkoja asetetaan 36 kappaletta. Harkkolavat suojataan kutistemuovihupulla, joka pitää harkot kasassa sekä suojaa niitä sateelta. (Seitsamo 2013, 14; Karilainen 2018a.)



Kuva 8. Kennoharkon valmistus. Kuvasta poiketen polton jälkeen harkot hiotaan ja niihin puristetaan perliitti (Rakentaja 2007).

4.6 Muut muurausosat

Muuraustyössä kennoharkon lisäksi käytetään puolikkaita harkkoja, U-palkkiharkkoja sekä maskiharkkoja. Puolikkaat harkot sahataan puolikasharkkoaihiosta (kuva 9), josta saadaan kaksi kooltaan 124x490x249 mm:n harkkoa (Wienerberger 2018c). Puolikkaita harkkoja käytetään aukkojen pielissä sekä nurkka-liitoksissa. U-palkkiharkkoja (kuva 10) käytetään aukonylityksiin, joiden sisään asennetaan rakennesuunnitelmien mukaiset teräkset, jotka varmistavat palkin riittävän kantavuuden. Lopuksi roilo täytetään betonilla. U-palkkiharkko on kooltaan 250x175x238 mm (Wienerberger 2018c). Porotherm 12 - 50 Plan -maskiharkkoja (kuva 11) käytetään väliseinien ja välipohjien otsapinnoissa. Maskiharkko on kooltaan 120x500x249 mm (Wienerberger 2018c). Kantavat väliseinät ja välipohjat ulotetaan ulkoseinärakenteen sisään, jolloin tiilirakenne on näiltä kohdin ohuempi.



Kuva 9. Puolikasharkkoaihiio. (Wienerberger 2018c).



Kuva 10. U-palkkiharkko (Wienerberger 2018c).



Kuva 11. Maskiharkko (Wienerberger 2018c).

4.7 Materiaalimenekit

Materiaalilaskenta on suoritettu rakennuspiirustuksista AutoCAD-ohjelmaa käyttäen. A-talon maantasokerros tehdään betonielementtirakenteisesti, joten muurausosien materiaalimenekien laskeminen aloitetaan toisesta kerroksesta. Materiaalimäärät ovat suhteellisen tarkkoja, jossa hukkamäärää ei ole huomioitu. Tämän vuoksi välivarastoon varataan materiaaleja noin 5 %, jotta jokaista materiaalia riittää kerroksen muuraukseen. Hukkamäärät saadaan myöhemmin tarkemmin laskettua, kun ensimmäinen kerros on saatu muurattua. Luvun lopussa on yhteenvetona taulukko tarkoista materiaalmääristä (taulukko 2).

Kohteen ulkoseinää muurataan Poroton-kennoharkolla toisesta kerroksesta aina neljännen kerroksen kattoon asti. Jokaisen kerroksen osalta muurauskorkeus on 2750 mm eli 11 harkkokerrosta. Seinäneliöitä on noin 547 m², josta vähennetään vielä noin 285 m² ikkuna- ja oviaukkoja sekä aukonylityspalkkien osuutta. Muurattava alue Poroton-harkolla on noin 262 m², joka on 4192 kappaletta harkkoja. Jokaisessa kerroksessa muurausneliöt ovat kutakuinkin samat, eli jokaisen kerroksen muurausosuus on noin 88 m² eli 1408 kappaletta Poroton-kennoharkkoja.

Vesikatolla seinärungon nosto muurataan maskiharkoilla. Maskiharkkoja muurataan myös rakennuksen toisen, kolmannen ja neljännen kerroksen jokaiseen välipohjan ja kantavien väliseinien päättyyn, lukuun ottamatta parvekkeiden ja välipohjien liitosalueita. Maskiharkkoja muurataan noin 85 m² eli noin 680 kappaletta harkkoja. Jokaiseen kerrokseen maskiharkkoja muurataan noin 11 m² eli noin 88 kappaletta ja vesikatolle korokkeeseen noin 52 m² noin 416 kappaletta harkkoja.

Aukon ylityksiä A-talossa on yhteensä 44 kappaletta, joista kuudessa ylityksessä käytetään sisäpinnassa betonista ylityspalkkia ja ulkopinnassa U-harkkopalkkia. Muut ylitykset tehdään kahden vierekkäisen U-harkkopalkin avulla. Aukkojen ylityksiä tulee yhteensä noin 219 metriä, eli U-harkkojen määrä on noin 876 kappaletta. Jokaiseen kerrokseen harkkomäärä on noin 292 kappaletta.

Lisäksi muuraamiseen tarvitaan ohutsaumalaastia. Kun lämpötila on yli +5 celsiusastetta, laastina käytetään Poroton-kennoharkolle suunniteltua ohutsaumalaastia, jonka materiaalimenekki on noin 8,5 kg/m². Poroton-ohutsaumalaastia on

saatavilla 20 kilogramman säkeissä, jotka tilataan Wienerbergeriltä. Lämpötilan laskettua ylläolevan arvon alapuolelle, käytetään Weber OL 15 P -pakkasohutsaumalaastia. (Wienerberger 2018d; Karilainen 2018b.) Pakkaslaastia myydään 25 kilogramman säkeissä ja sitä on saatavilla yleisimmistä rautakaupoista.

Poroton-harkon muurausneliöitä on yhteensä noin 262 m² ja maskiharkon muurausneliöitä 85 m². Kennoharkkojen muuraukseen käytettävän laastin menekki on tiedossa, mutta maskiharkkojen menekki ei. Koko muurausalue on laskettu kennoharkkokenekin perusteella. Näin ollen laastia tarvitaan 2950 kg, joka on 20 kilogramman säkeillä laskettuna noin 148 säkkiä.

Taulukko 2. Kohteen A-talon materiaalmäärät.

| Materiaali | Yhteensä | | Kerroksittain | | Vesikatto | |
|-------------------------------------|--------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|-------|
| | | | | | | |
| Kennoharkko Poroton S8 49,0-P | 262 m ² | 4192 kpl | 88 m ² | 1408 kpl | 0 m ² | 0 kpl |
| Maskiharkko Porotherm 12-50 Plan | 85 m ² | 680 kpl | 11 m ² | 88 kpl | 52 m ² | 416 |
| U-Palkkiharkko 17,5 | 219 m | 876 kpl | 73 m | 292 kpl | 0 m | 0 kpl |
| Poroton-ohutsaumalaasti | 2950 kg | 148 sk | 842 kg | 42 sk | 442 kg | 22 sk |

5 Työsuunnitelma

5.1 Aikataulu

Työkohteeseen laaditut aikataulut kuvaavat tuotantoa ja toimivat välineinä, joilla työmaata ohjataan ja valvotaan. Aikataulujen tulee perustua työkohteen mukaiseen resurssisuunnitteluun ja työmenekkilaskentaan, jotta ne ovat mahdollisia toteuttaa. Yleisaikataululla saadaan aikaan työkohteen aikataulun perusta, mutta rakentamisvaiheittain laaditaan vielä tarkempia aikatauluja, joilla työmaata ohjataan. Yksityiskohtaisempien aikataulujen avulla yleistasolla suunnitellut tavoitteet selkiytyvät ja voidaan suunnitella ja ratkaista, kuinka tavoitteet saavutetaan. Tarkentavilla aikatauluilla varmistetaan eri työvaiheiden oikea ajoitus. (Ratu 2015, 8.)

Opinnäytetyössäni kohteena olevan Asunto Oy Penttilän Sanuksen rakennusaikataulua on suunniteltu yhdessä työmaan vastaavan työnjohtajan Esa Loijaksen kanssa. Holvin ja elementtiasennuksen osalta aikataulusuunnittelua on tehty aiemman kokemuksen perusteella. Muuraamisen työmenekkiin on aikataulun laadinnassa verrattu kevytbetoniharkon työmenekkiä. Muuraustyötä hidastavat erityisesti aukot ja niiden ylitykset, joita tässä kohteessa on runsaasti. Muuraustyössä aikatauluun vaikuttavat materiaalin logistiikka työmaalla, telineiden tekeminen, harkkojen sahaaminen sekä aukkojen ylitykset. Aikataulullisesti muuraustyö kohdistuu syksyyn ja talveen, joten muuratessa työhön tulevat todennäköisesti vaikuttamaan sääolosuhteet, kuten runsaat sateet ja pakkasen. Tämä tulee ottaa huomioon mahdollisen sääsuojauksen suunnittelussa ja toteutuksessa, mikä lisää työtä sekä kustannuksia. Muuraustyön valmistumista voivat pitkittää joulukuussa olevat vapaapäivät, joita ovat itsenäisyyspäivä sekä pyhäpäivät joulun ja uudenvuoden aikaan.

Aikataulu on tehty Tocoman-aikatauluohjelman avulla (kuva 12). Aikataulussa on esitetty kerroksittain työvaiheiden kokonaiskestot. Muuraustyöhön on laskettu koko kerroksen muuraustyöt, joka sisältää aukkojen ylitykset sekä maskiharkkojen muurauksen holvin päätyyn. Vesikatolle nousevan seinärungon muurausta ei

5.2 Rakentamisen laadunvarmistus

Rakentamisen laatu on laaja käsite. Sen voi ajatella jakautuvan suunnittelun, tuotannon, ympäristön sekä asiakkaan laatuun. Suunnittelun laatu käsitteenä tarkoittaa, että hankkeen suunnitteluvaiheessa on otettu huomioon muun muassa tilaajan tarpeet, turvallisuus, laadukas rakennustapa ja viranomaisten asettamat vaatimukset. Tuotannon laadulla tarkoitetaan niitä asioita, joita hankkeen toteutuksen aikana tulee ottaa huomioon. Työssä tulee huomioida aikataulua, kustannuksia, työn laatua, työntekijöitä, työturvallisuutta ja asiakasta. Myös ympäristö on otettava huomioon rakennettaessa. Sitä huomioidaan toimintaympäristön ja yhteiskunnan asettamilla vaatimuksilla. Rakennetun kohteen asiakkaan laatu muodostuu suunnittelun ja tuotannon toteutuksesta ja ympäristön huomioonottamisesta. (Ratu 2016, 7.)

Laadunvarmistamiseksi työmaalla jokaisen suuremman työvaiheen alussa käydään aloituspalaveri. Siinä rakennuttaja esittää omat vaatimuksensa työntekijöille. Yhdessä pohditaan, kuinka nämä vaatimukset saadaan toteutettua ja kuinka mahdolliset ongelmat vältetään tai ratkaistaan. Mikäli työ ei edisty vaatimusten tavalla, järjestetään uusi palaveri. Tässä selvitetään, mistä ongelmat johtuvat ja kuinka ne saadaan ratkaistua. Palavereista laaditaan asiakirjat, jotka dokumentoidaan. (Ratu 2016, 18.)

Rakennustyömaan työnjohtajat huolehtivat jatkuvasta laaduntarkkailusta työmaalla. Lisäksi työmaan valvoja tarkkailee, että työ suoritetaan sille laadittujen suunnitelmien ja ohjeiden mukaisesti. Työmaalla järjestetään viikoittainen urakoitsijapalaveri, jossa työn etenemistä käydään läpi. Vastaava työnjohtaja huolehtii työmaapäiväkirjan täytöstä, johon merkataan päivittäiset tiedot ja tapahtumat. Tällöin voidaan helposti suorittaa seuranta hankkeen etenemisestä ja palata myöhemmin tarkastelemaan eri työvaiheiden tapahtumia.

Asunto Oy Penttilän Sanuksen muuraustyöstä tehdään noin 3 m²:n kokoinen muurausnäyte ennen varsinaisen työn aloitusta. Tällä varmistetaan, että työ suoritetaan sille esitettyjen vaatimusten mukaisesti. (Sokopro 2018a, 28.)

5.3 Työturvallisuus

Hyvä työturvallisuus ja vähäinen tapaturmien tapahtuminen parantaa niin yrityksen yleistä työhyvinvointia kuin mainettakin. Näiden lisäksi tapaturmattomuus näkyy positiivisesti myös taloudessa. Työpaikan koko henkilökunnan velvoite on noudattaa tunnollisesti turvallisiksi todettuja työtapoja ja toimia. Jos työturvallisuutta laiminlyödään, on siihen puututtava välittömästi. Riskinottoa turvallisuudessa työmaalla kenenkään toimesta ei tule hyväksyä. (Rakennusteollisuus 2018b.)

Kun kerrostalon korkeus kasvaa, myös tapaturmariskit kasvavat. Pääurakoitsija huolehtii tarvittavien turvallisuussuunnitelmien laatimisesta. Tässä työvaiheessa hyödynnetään putoamissuojassuunnitelmaa sekä nostotyösuunnitelmaa. Putoamissuojassuunnitelma on kirjallinen suunnitelma siitä, kuinka kohteessa varmistetaan putoamissuojaus. Suojaimet ovat suojarakenteita tai henkilösuojaimia. Suunnitelmassa esitetään työmaan erikoispiirteet sekä menetelmät ja periaatteet, kuinka suojaaminen hoidetaan. (Ratu 2007, 1.)

Kohdetyömaalla suoritetaan runsaasti nostoja holville kurottajaa käyttäen. Nämä ovat rutiininomaisia nostoja, ja suuren harkkomäärän vuoksi samat nostot toistuvat usein. Tällaisista nostoista tehdään yleispiirteinen nostotyösuunnitelma. Siinä esitetään kuorman tyyppi, käytettävä nostokalusto, nostotyön vastuuhenkilöt, turvallisuustoimenpiteet sekä nostomenetelmät. (Nissinen 2018, 477.)

Työmaalla suoritetaan myös viikoittainen turvallisuuskatselmus, TR-mittaus. Siinä käydään läpi koko työmaan turvallisuuteen liittyvät asiat. Tarkastaja käyttää mittaukseen tarkoitettua lomaketta ja merkkää siihen tukkimiehenkirjanpidolla puutteet sekä kunnossa olevat asiat. Havainnoista saadaan prosenttilukema, TR-taso. Tämä lukema kertoo suhteen, jossa on verrattu kunnossa olevia asioita kaikkiin tehtyihin merkintöihin. Jos prosenttilukema on sata, kaikki tarkastuksessa ilmenneet havainnot ovat kunnossa. Mitä suurempi luku saadaan, sen paremmin turvallisuus on työmaalla kunnossa. Mikäli tarkastuksessa on huomautettavaa, asiat tulee korjata mahdollisimman nopeasti. Kaikki mittauspöytäkirjat dokumentoidaan. (Työsuojelu 2017.)

Kun muurausta suoritetaan kerroksissa, seinärakenteen alapuolella ei saa suorittaa muita töitä tai liikkua, minkä lisäksi alue on eristettävä esimerkiksi lippusii-malla mahdollisten putoavien harkkojen tai työvälineiden varalta.

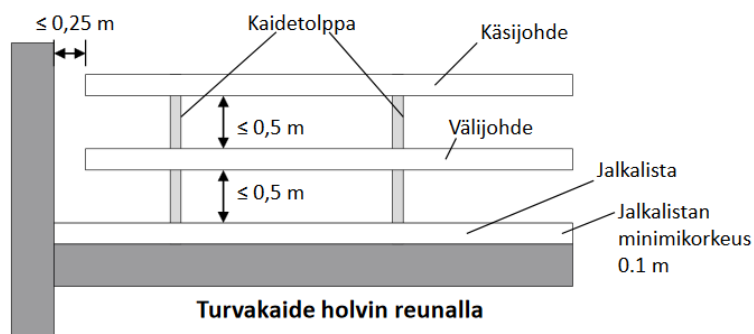
Putoamissuojaus holvilla toteutetaan Vepen valmistamien turvakaiteiden sekä ulkopuolella kiertävän telineen avulla. Holvissa olevissa aukoissa käytetään pinta-asenteista (kuva 13) tai mahdollisuuksien mukaan säädettävää holvinreunakaidetta (kuva 14). Tällaisia aukkoja ovat esimerkiksi hissi- ja porraskuilu. Ulokeparveke-elementteihin kiinnitetään säädettävät turvakaiteet. Johteet (kuva 15) kaiteiden väliin tehdään 2x4 tuuman lankuista ja jalkalistana voidaan käyttää esimerkiksi 22x100 mm:n lautaa.



Kuva 13. Pinta-asenteinen turvakaide (Vepe 2018, 10).

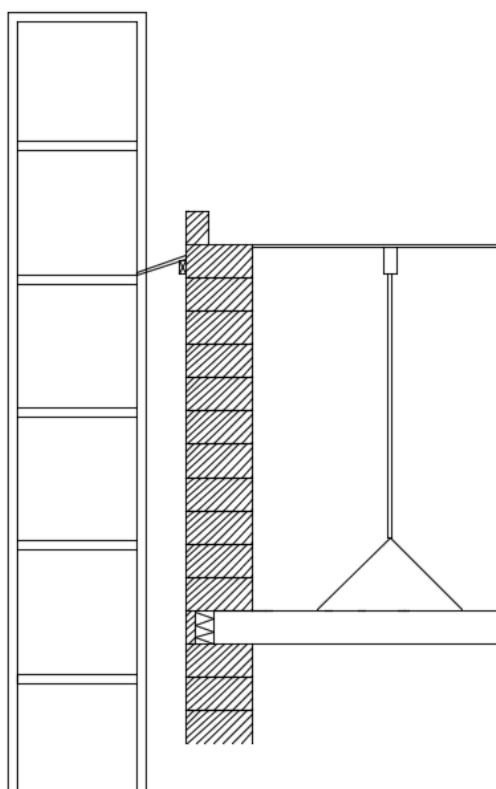


Kuva 14. Säädettävä holvinreunakaide (Vepe 2018, 8).

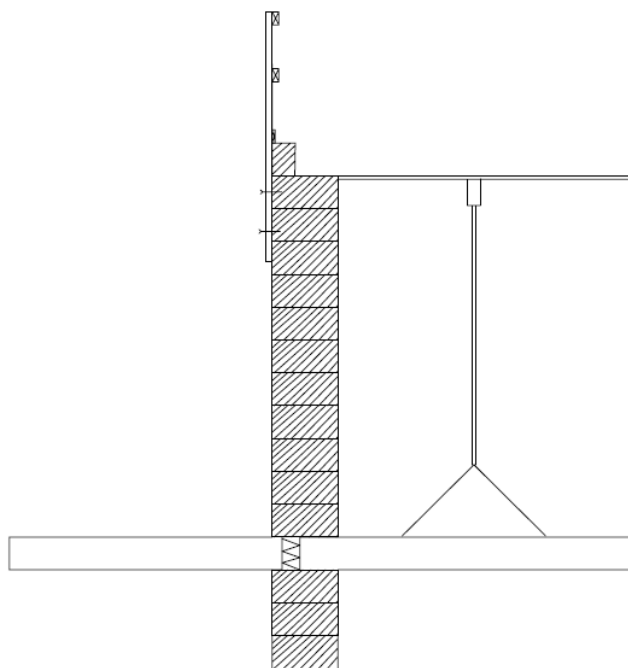


Kuva 15. Putoamissuojauksen johteet (Vepe 2018, 7).

Ulkoseinän ja telineen väliin jäävälle alueelle rakennetaan suojaus välipohjien kohdille esimerkiksi vanerista (kuva 16). Parvekkeiden puoleisille seinille tehdään kaide puutavarasta kiinnittämällä kaidetolpat seinämuuraukseen (kuva 17). Suojakaiteen johteet tehdään myös puutavarasta. Kaidetolppien kiinnikkeet määrittää rakennesuunnittelija.



Kuva 16. Putoamissuojaus telineen kohdalla.



Kuva 17. Putoamissuojaus parvekkeen kohdalla.

5.4 Logistiikka

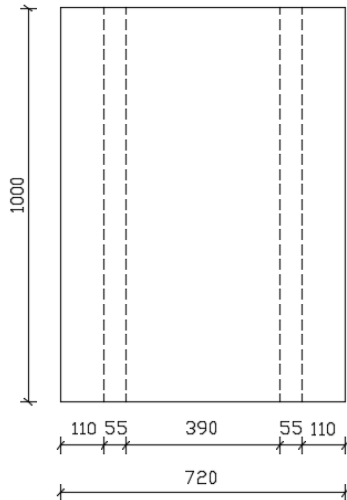
Poroton-kennoharkot valmistetaan Saksassa, josta ne tuodaan rekkakuljetuksella Suomeen Wienerbergerin Koriolla sijaitsevalle varastolle. Muuraustyöaikataulu käydään huolellisesti läpi materiaalin toimittajan ja työmaan työnjohtajien kesken. Palaverissa myös jokaisen kerroksen materiaalimenekit käydään läpi. Aikataulun ja työmaahan yhteydenpidon avulla Wienerberger huolehtii, että yrityksen Korian varastossa on tarvittavat määrät harkkomateriaalia eikä toimituksiin pääse syntymään häiriöitä. Harkkojen suuresta koosta johtuvan tilanviennin vuoksi niitä ei säilytetä suuria määriä työmaalla Penttilässä. Työmaalle otetaan

suunnitellun aikataulun ja menekin mukaisesti harkkoja niin, että ne riittävät yhden kerroksen muuraamiseen kerrallaan. Tilaukset tehdään niin, että Korialta tulevat rekkakuormat ovat täysiä. Näin minimoidaan rahtikustannukset ja työmaalla on koko ajan pieni välivarasto tarvittavia materiaaleja.

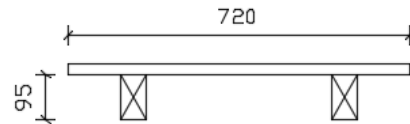
Ensimmäiseksi työmaalle otetaan yhteen kerrokseen tarvittava määrä materiaaleja ja tämän lisäksi hieman välivarastoon. Yhteen rekkakuormaan saadaan sopimaan noin 42 kappaletta Poroton-kennoharkkolavoja, joiden yhteispainoksi tulee noin 34 tuhatta kiloa (Hakala 2018). Jokaiseen kerrokseen kennoharkkoja menee noin 42 lavallista, jossa on huomioitu myös 5 % materiaalihukkaa. Yhden rekkakuorman kapasiteetti riittäisi siis kennoharkkojen osalta juuri yhden kerroksen tarpeisiin. Kennoharkkojen lisäksi muuraamiseen tarvitaan kuitenkin myös ohutsaumalaastia, puolikasharkkoja sekä U- ja maskiharkkoja. Nämä tilataan työmaalle toisessa kuormassa. Toisen kuorman loppuosaan otetaan ylimääräiseksi ohutsaumalaastia sekä kaikkia tarvittavia harkkoja menekkien perusteella. Kun työmaalle on tarve tilata lisää materiaalia seuraavaa kerrosta varten, tarkistetaan välivaraston tilanne. Vallitsevan tilanteen mukaan saadaan näin laskettua tarvittavat harkkomäärät.

5.4.1 Logistiikka työmaalla

Poroton-kennoharkot tulevat työmaalle kuormalavoilla (kuva 18,19). Hankaluutta nippujen siirtelyyn työmaalla tuo se, ettei nippu ole perinteisellä Euro- tai Fin-kuormalavalla. Harkkolavan koko rajoittaa työmaalla käytettävää kalustoa. Pinoamistrukissa täytyisi olla säädettävä nostohaarukka, jotta lava saataisiin siirrettyä. Tämän vuoksi holville nostetaan normaaleja Euro-lavoja, jonka päälle kennoharkkolava nostetaan kurottajan avulla. Euro-lavaa voidaan siirrellä pinoamistrukin avulla. Trukkia käyttäen harkot saadaan myös nostettua holvilla telineen tasalle, josta ne sitten jaetaan tasaisesti telineille muurausta varten. Muut harkot, kuten U- ja maskiharkot tulevat työmaalle normaalilla Euro-kuormalavalla. Ominaisuuksiltaan tähän kohteeseen sopiva pinoamistrukki olisi esimerkiksi Roclan SWS12 (kuva 20), jonka nostokapasiteetti on 1200 kilogrammaa ja nostokorkeus on 4,7 metriä (Loikkanen 2018; Rocla 2018).



Kuva 18. Poroton-harkkolava yläpuolelta katsottuna (Hakala 2018).



Kuva 19. Poroton-harkkolava päädyistä katsottuna (Hakala 2018).

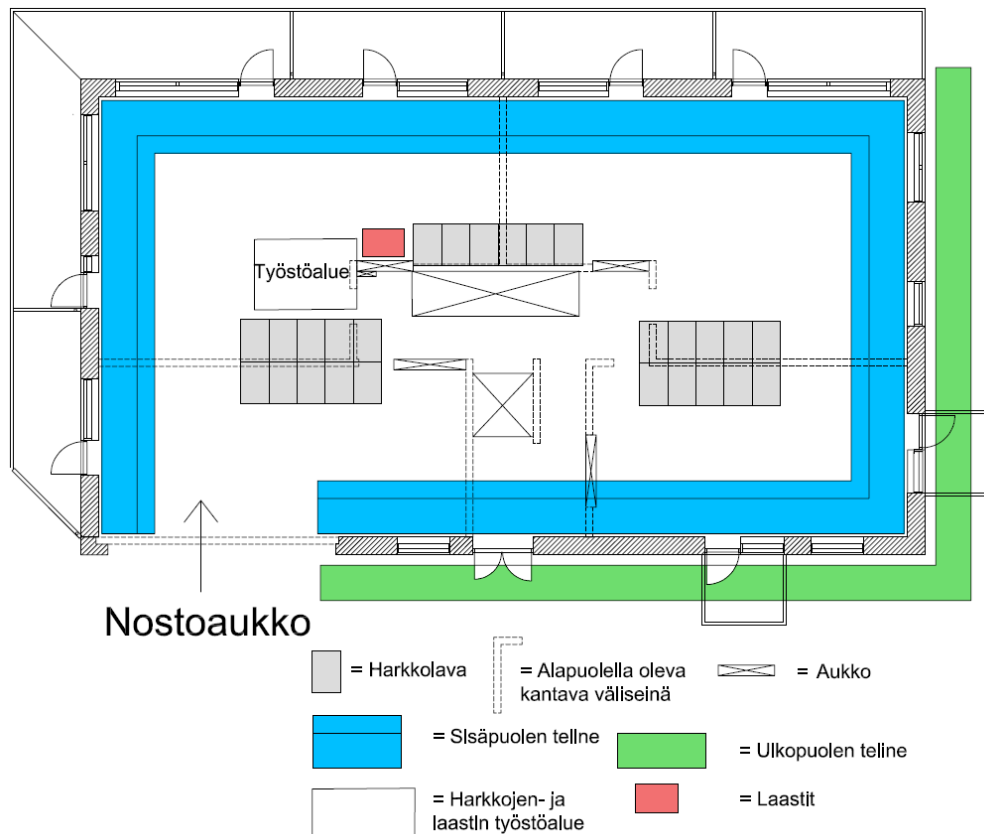


Kuva 20. Pinoamistrukki SWS12 (Rocla 2018).

Maan tasalla olevalta välivarastointialueelta harkot saadaan nostettua holville kurottajan avulla kuormalava kerrallaan. A- ja B-talon liittymään ei tule muurausta, vaan siihen asennetaan elementti muiden elementtien asennuksen yhteydessä. Tätä liittymää käytetään nostoaukkona holveille. Hissin edustalla olevaan valokuiluun ei myöskään tule seinärunkomuurausta, joten siitä voidaan tehdä myöhempiä nostoja holveille.

Harkkolavoja nostetaan ja sijoitetaan holville niin, että lavoja voidaan esteettä siirrellä, telineiden kasaaminen on mahdollista ja harkot ovat työstettävissä (kuva 21). Harkkolavat sijoitetaan kerroksen alla olevien kantavien väliseinälinjojen

päälle, jolloin kuomaa siirtyy myös niiden kautta perustuksille. Holvimuotissa on kuitenkin otettava huomioon materiaalien kuorma. Aluksi holville nostetaan Poroton-kennoharkkoja, puolikasharkkoaihoita sekä ohutsaumalaastia. Kun harkot alkavat käydä vähiin, nostetaan holville loput harkot sekä myös kerroksessa tarvittavat U- ja maskiharkot. Yhden kerroksen muuraustarvikkeet saadaan nostettua kahdella nostokerralla.



Kuva 21. Tarvikkeiden sijoittelu holvilla.

5.4.2 Aluesuunnitelma

Työmaan alueen käyttöä ja siellä tapahtuvaa toimintaa varten laaditaan aluesuunnitelma (kuva 22). Aluesuunnitelmasta tulee ilmi, kuinka on huomioitu logistiikka, turvallisuus sekä työnjärjestelyt. Aluesuunnitelmaa päivitetään hankkeen edetessä ja kohteen eri rakennusvaiheista laaditaan kustakin oma suunnitelmansa. Tällaisia vaiheita ovat muun muassa maanrakennustyöt, perustustyöt, runkotyöt sekä sisävaiheen työt. Rakennushankkeen laajuudesta riippuen eri vaiheista voidaan laatia omat erilliset aluesuunnitelmat tai alkuperäistä suunnitel-

maa voidaan muokata työvaiheen mukaisesti. Aluesuunnitelma asetetaan työmaalle näkyväälle paikalle, jotta se on kaikkien nähtävillä. (Laaturakentaminen 2018.)



Kuva 22. Kohteen aluesuunnitelma.

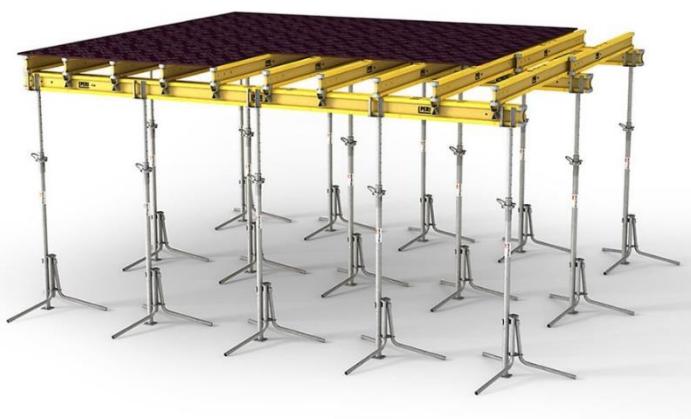
5.4.3 Teräsbetoniholvimuotti

Muuraus suoritetaan holvilta käsin, joten holville nostettavien painavien materiaalien kuormat täytyy huomioida sitä kannattelevassa tuentajärjestelmässä. Holvi kannatellaan työaikana holvimuottijärjestelmällä, joka tässä kohteessa on Perin MULTIFLEX-järjestelmä (kuva 23).

MULTIFLEX-järjestelmä on monipuolinen, koska se sopii kaikille pohjaratkaisuille sekä eri tuentakorkeuksille korkeussäätönsä ansiosta. Järjestelmällä palkkien

jännemitat ovat pitkiä ja tolppajako on harva. Jaot määritellään kannateltavan rakenteen kuormien mukaan. (Peri 2018a.) MULTIFLEX on erittäin yleisesti käytetty järjestelmä kerrostalotyömailla.

Peri suunnittelee holville tarvittavan tuennan määrän alueen ja kuormituksen perusteella ja tekee siitä tuentasuunnitelman. Kuormituksessa tulee huomioida teräsbetoniholvin paino sekä niiden harkkojen ja tarvikkeiden paino, jotka holville aiotaan nostaa. Tuenta suoritetaan työmaalla suunnitelman mukaisesti.



Kuva 23. PERI MULTIFLEX -telinejärjestelmä (Peri 2018a).

5.5 Muuraustyöohje

Kohteen muurattava ulkoseinärakenne toteutetaan arkkitehdin suunnittelemien julkisivukaavioiden ja myöhemmin valmistuvien rakennesuunnittelijan laatimien detaljien mukaan. Muuraustyössä noudatetaan seuraavia ohjeita:

- RunkoRYL 2010: 511 Tiilimuuraus runkorakenteissa
- SFS-EN 711-1(2012) Muurauskappaleiden spesifikaatiot. Osa 1: Poltetut tiilet
- RakMK Osa B8 Viranomaisohjeet talvimuurauksesta
- Wienerbergerin luomaa Poroton-harkkojen muuraustyöohjetta 2018. (Sokopro 2018, 27.)

Ohjeessa olevat kuvat ja detaljit ovat viitteellisiä tulevista rakenteista. Ne ovat havainnollistamassa rakenteiden toteutuksia.

5.5.1 Työjärjestys

Työjärjestyksen suunnittelussa ja työn toteutuksessa on otettava huomioon meillä olevan rakennusosan lisäksi myös muut kohteen rakennusosat. Työjärjestys suunnitellaan niin, ettei muihin rakennusosiin synny vaurioita muuraustyöstä. Vastaavasti myöskään muiden suoritettavien rakennusosien työstä ei saa aiheutua vahinkoa muuratuille rakenteille. Alustassa ei saa syntyä vahingollista liikkumista, kun muuraustyöt aloitetaan. (Ratu 2012, 165.)

Tässä kohteessa muuraus suoritetaan sisäpuolelta, jossa työalustana hyödynnetään valettua betoniholvia. Muuraustyö tehdään kerroksittain ennen kantavien väliseiniä asennusta. Näin kerroksen holvi on avoin tila, mikä helpottaa muuraustyön suorittamista. Tällöin harkkojen siirtely on helpompaa ja muuraustelineet voidaan tehdä yhtenäiseksi koko kerroksen muurauskierrolle. Muuraus tehdään koko kerroksen alalla ikkunanylityksiin asti, jonka jälkeen paikalla valettavat ylituspalkit valetaan betonilla betonipumppuautoa hyödyntäen.

5.5.2 Työn aloitus ja alustan oikaisu

Muuraustyö aloitetaan ensimmäisen kerroksen holvin päältä. Jotta lopputulos olisi oikeanlainen ja laadukas, aloituksessa on huolehdittava lähtöpinnan suorudesta, tasaisuudesta ja oikeasta korosta, jolloin jatkuvana toimiva 250 mm:n pystymitoitus toimii ongelmitta. Lähtöpinnan oikaisu tehdään M100/500-muurauslaastilla. Suoruden varmistuksessa apuna voidaan käyttää vatupassia tai laseria (kuva 24). Jos lähtöpinta on tasainen eikä suurta heittoa korossa ole, korkeussäätö voidaan tehdä ensimmäisessä harkkokerroksessa olevan muurauslaastin avulla. Kun muurauksen lähtöpinta on tasainen ja oikeassa korossa, asennetaan oikaisun päälle bitumihuopakaista, joka ulottuu koko harkon leveydelle. Bitumihuopa toimii ulkoseinärungon ja välipohjan välisessä liittymässä laakerina ja kappilarikatkona. (Wienerberger 2018d, 1.)



Kuva 24. Muurauksen lähtöpinnan suoruudesta on tärkeää huolehtia (Wienerberger 2018c).

5.5.3 Ohutsaumamuuraus

Kun holvin pinta on oikaistu ja bitumihuopakaista asennettu, voidaan aloittaa itse muuraustyö. Muuraustyö tehdään muutoin ohutsaumamuurauslaastia käyttäen, mutta ensimmäisen harkkokerroksen ja bitumihuopakaistan väliin levitetään M100/500-muurauslaastia, jolla annetaan aloituskerrokselle tasausvaraa. Saumaan laasti levitetään ulko- ja sisäreunaan niin, että keskelle jää noin 50 mm:n levyinen väli (kuva 25). Tähän väliin laitetaan polyuretaanivaahtoa, jolla estetään mahdollisten kylmäsiltojen synty. Asennettavissa harkoissa ei saa olla irtolikkaa tai työmaapölyä, koska se heikentää laastin tarttuvuutta. Ensimmäisen kerroksen muurauslaastia levitetään samaa tahtia kuin harkkoja ennätetään asentaa, jottei laasti ehdi nahkoittua. Muuraustyön aikana on hyvä tarkkailla seinärungon suoruutta, mihin apuvälineinä ovat linjalanka sekä pitkä linjalauta ja vatupassi. Ennen kuin seuraavaa kerrosta aletaan muuraamaan, annetaan tasauksessa käytetyn muurauslaastin kovettua, etteivät harkot pääse enää tästä painumaan. (Wienerberger 2018d, 1-2.)



Kuva 25. Ensimmäisen kerroksen tasaava laastikerros sekä PU-vaahtoväli (Wienerberger 2018c).

Ensimmäisen muurauskerroksen jälkeen harkot muurataan niille tarkoitetulla ohutsaumalaastilla. Laastin levitykseen käytetään muurauskelkkaa (kuva 26). Harkkojen korkeussuunnan mittatarkkuuden ansiosta ohutsaumalaastilla tuleva noin 1 mm:n paksuinen sauma on riittävä, eikä pykälää synny. Harkot ovat reuna-pontattuja, joten pystysaumoihin ei tarvitse levittää laastia. Kuitenkin suunnitelmien niin vaatiessa, voidaan laastia levittää myös pystysaumoihin. (Wienerberger 2018d, 2.) Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi rakenneosat, joihin tulee vain yksi kerros harkkoja. Tässä kohteessa kyseisenlaisia paikkoja ovat ikkunoiden alaosat, joissa pystysauman ansiosta rakenteesta saadaan lujempi. (Juha Karilainen 2018b.)



Kuva 26. Ohutsaumalaasti levitetään laastikelkan avulla (Wienerberger 2018c).

5.5.4 Harkkojen limitys

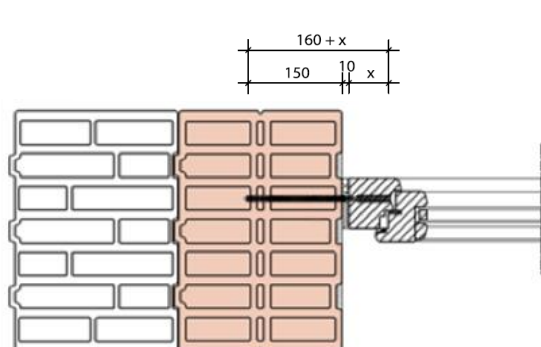
Harkot muurataan puolen kiven limityksellä (kuva 27). Pystysauman limityksen tulee olla vähintään 100 mm. Harkoissa mittapoikkeamaa voi esiintyä vaakasuunnassa, joten limityksen pysymistä tarpeeksi suurena tulee tarkkailla muuraustyön aikana. Mikäli limitysetäisyys ei täytä 100 mm:n ohjearvoa, voidaan harkkoa tarvittaessa kaventaa (Wienerberger 2018d, 2.)



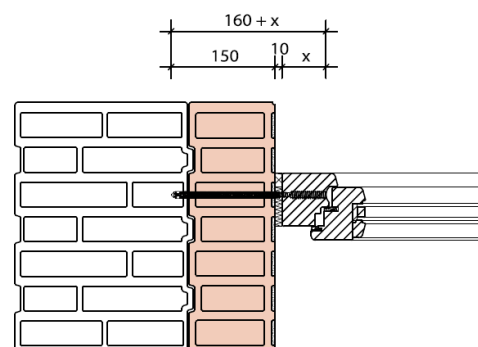
Kuva 27. Pystysaumojen limityksen tulee olla vähintään 10 cm (Wienerberger 2018c).

5.5.5 Ovi- ja ikkuna-aukkojen pielet

Ovi- ja ikkuna-aukkojen pielissä käytetään puolikasharkkoaihiota. Yhdestä puolikasharkkoaihiosta saadaan sahattua kaksi puolikasta harkkoa, joihin toiseen jää naaras- ja toiseen urospontti. Muurauskerroksissa käytetään vuoroittain kokonaista puolikasharkkoaihiota tai ahiosta leikattua puolikasta harkkoa (kuva 28, 29). Tämän ohjeen avulla varmistetaan riittävä tartuntaetäisyys ovien ja ikkunoiden ruuvikiinnityksille (kuva 30). (Wienerberger 2018d, 2.)



Kuva 28. Kuvassa ikkunan kiinnitys kokonaiseen puolikasharkkoaihioon (Wienerberger 2018c).



Kuva 29. Kuvassa ikkunan kiinnitys puolikasharkkoon (Wienerberger 2018c).

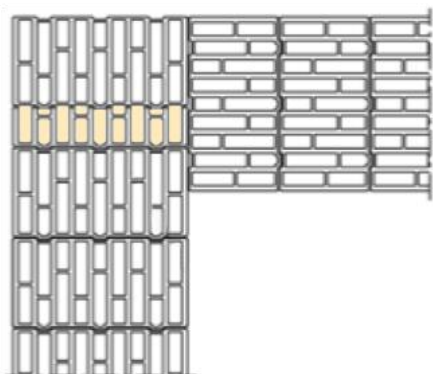


Kuva 30. Kuvasta näkee, kuinka ruuvi kiinnittyy harkon sisällä oleviin kannaksiin (Wienerberger 2018c).

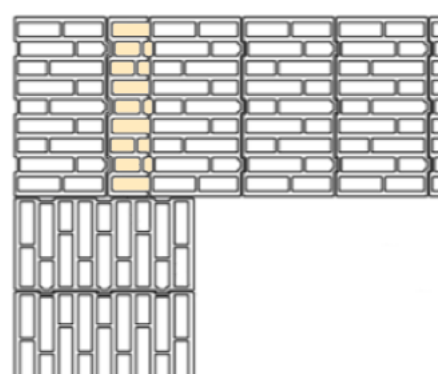
5.5.6 Nurkkaliitokset

Nurkkaliitos voidaan tehdä kahta eri tapaa käyttäen. Liitoksessa voidaan käyttää pituussuunnassa kapeampaa puolikasharkkoa (kuvat 31, 32), jonka mitat ovat 124x490x249 mm tai leveysuunnassa kapeampaa Poroton S8 36,5-P -harkkoa (kuvat 33, 34), jonka mitat ovat 248x365x249 mm. Leveysuunnassa lyhyemmän harkon voi sahata myös seinämuurauksessa käytettävästä kokonaisesta Poroton

S8 49,0-P -harkosta. Tehtiinpä nurkkaliitos kummalla tavalla tahansa, joka toinen muurauskerros muurataan erisuuntaisesti. (Wienerberger 2018c.)

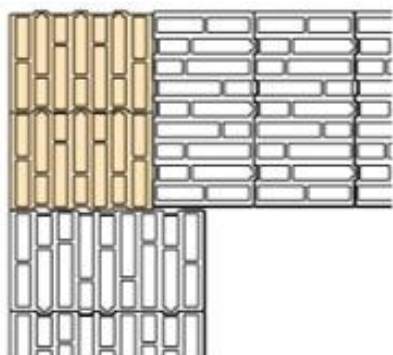


Kuva 31. Nurkkaliitos tehty puoli-kasharkolla (Wienerberger 2018c).

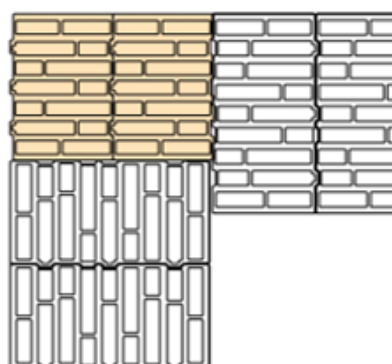


Kuva 32. Joka toisen kerroksen harkko muurataan erisuuntaisesti (Wienerberger 2018c).

5.5.7 Aukkojen ylitykset

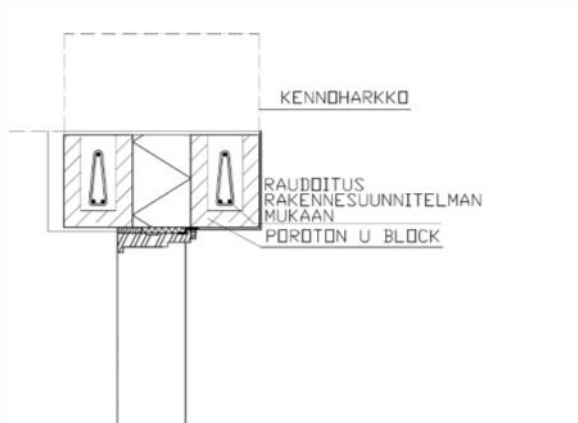


Kuva 33. Nurkkaliitos tehty kapeammilla Poroton-harkoilla (Wienerberger 2018c).



Kuva 34. Joka toisen kerroksen harkot muurataan erisuuntaisesti (Wienerberger 2018c).

Ikkuna- ja oviaukkojen ylitykset voidaan tehdä U-harkkojen (kuva 35) tai betoni-palkkien avulla. U-harkkojen roiloihin asennetaan teräkset ja valetaan betonilla, joiden ominaisuudet määrittelee rakennesuunnittelija. Palkit voidaan valaa muurausten yhteydessä aukko kerrallaan (kuva 36) tai U-harkoista muodostuvat ylityspalkit voidaan tehdä valmiiksi etukäteen. (Kivitaloinfo 2018d.)



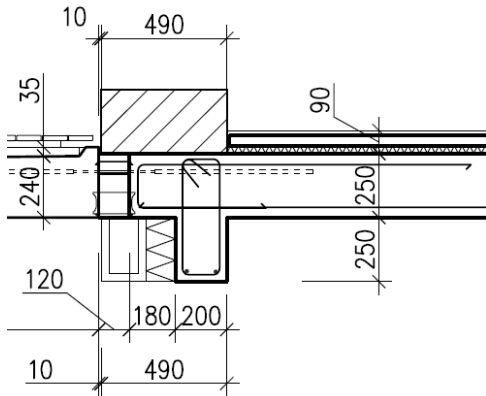
Kuva 35. Ikkunanylityspalkkien leikkauskuva (Wienerberger 2018c).



Kuva 36. Valetut ikkunanylityspalkit (Wienerberger 2018c).

Kohteen pisimmissä, 4,5 metriä pitkissä oven ja ikkunan ylittävissä aukoissa sisäpuolelle valetaan betoninen aukonylityspalkki (kuva 37). Aukonylityspalkille rakennetaan muotti, joka valetaan holvivalun yhteydessä. Ulkopuolelle tehdään U-harkoista ylityspalkki muiden aukkojen tapaan. Betonipalkin ja U-harkkopalkin väliin asennetaan eriste. U-harkkopalkki ja eriste toimivat betonisen palkin toisen sivun muottina.

U-harkot ovat Poroton-harkkoa noin 10 mm matalampia, joten ne asennetaan noin 10 mm:n laastikerroksen varaan, jotta harkkojen yläpinnat saadaan samaan korkeuteen. Tämä korkeusero tulee ottaa huomioon, kun aukkoihin tehdään tukirakenteita. Vaihtoehtoisesti tasaavan 10 mm:n laastikerroksen voi tehdä myös palkkien yläpintaan (Wienerberger 2018d, 1.)

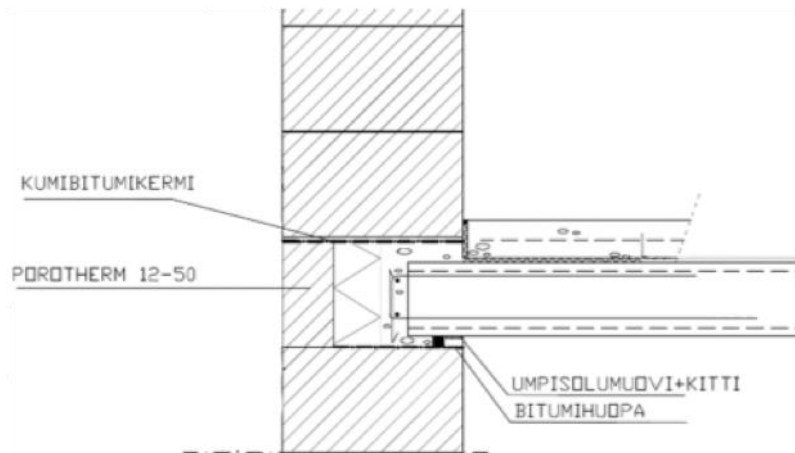


Kuva 37. Parvekeleikkausluonnos (Kesälahden Rakennus 2018b).

Jotta ylityspalkilla on riittävästi tukipinta-alaa, sen tulee ulottua vähintään 250 mm aukon reunan yli. Rakennesuunnittelija vastaa tarkemman tukipinta-alan määrittämisestä. U-harkkopalkkien väliin jäävään tilaan asennetaan SPU-eriste, joka tiivistetään PU-vaahdon avulla. Kun palkkiharkot on saatu paikoilleen alapuolisen tuennan varaan, asennetaan U-harkkojen sisään raudotteet rakennesuunnitelmien mukaisesti. Lopuksi U-harkkopalkki valetaan betonilla. Jos ylityspalkki tehdään etukäteen, se nostetaan paikoilleen esimerkiksi kurottajan avulla. Tällöin valmiiksi valetun palkin päiden alle asetetaan noin 10 mm:n korkuiset asennuspalat, jolloin palkin ja muuratun seinän yläpinnat saadaan samaan korkoon. (Wienerberger 2018d, 1-2.)

5.5.8 Parveke-elementti

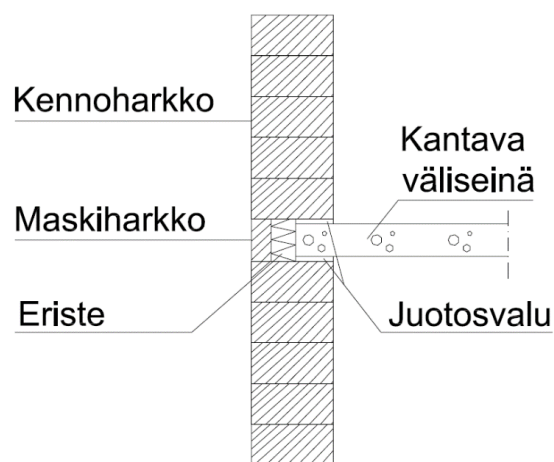
Kohteen parvekkeet ovat ulokeparveke-elementtejä, jotka kiinnitetään rakennesuunnitelmien mukaisesti välipohjien betonivaluun (kuva 38). Elementeissä hyödynnetään esimerkiksi Peikko Niro -ulokeparvekeraudoitetta. (Wienerberger 2018d, 4; Sokopro 2018b.)



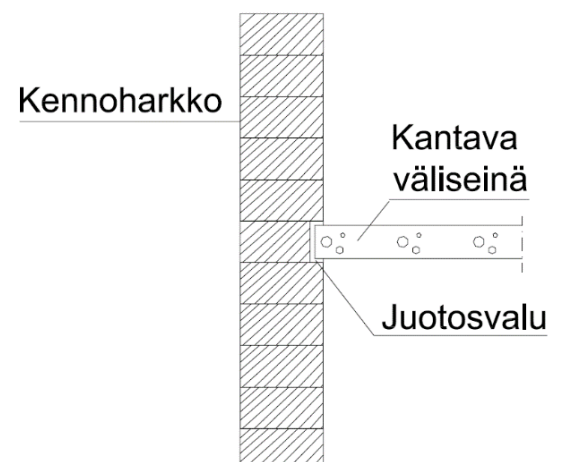
Kuva 39. Välipohjan liittyminen seinärakenteeseen (Wienerberger 2018c).

5.5.10 Kantavat väliseinät

Kohteen kantavina väliseininä toimii elementtirakenteiset teräsbetoniseinät. Muuraus katkaistaan kantavien väliseinien kohdalta, jolloin seinä uppoutuu ulkoseinärakenteen sisään (kuva 40). Näin varmistetaan hyvä ääneneristävyys huoneistojen välillä. Kantavan väliseinän päätyyn asennetaan eriste sekä maskiharkko. (Wienerberger 2018d, 5-6.) Vaihtoehtoisesti ulkoseinämuuraus voidaan suorittaa yhtenäisenä väliseinien kohdalta, jos betonielementti upotetaan ulkoseinärungon sisään vain osittain (kuva 41). Upotussyvyydessä täytyy huomioida ääneneristävyys. (Karilainen 2018b.)



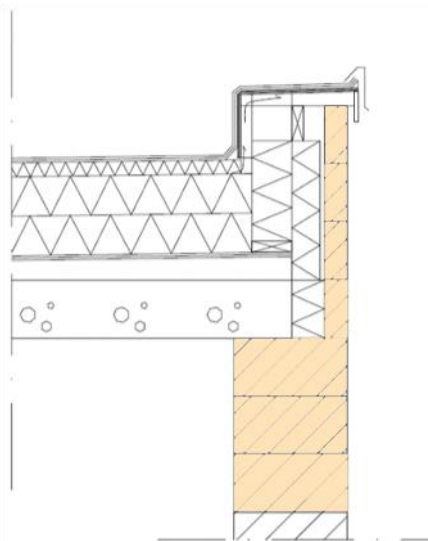
Kuva 40. Muuraus katkeaa väliseinän kohdalta.



Kuva 41. Väliseinä uppoutuu harkkorakenteen sisään.

5.5.11 Muurauksen nosto vesikatolle

Seinärakenteen nosto vesikaton yläpuolelle tehdään maskiharkkoista ohutsauma-muuraamalla (kuva 42). Maskiharkkoja muurataan neljä kerrosta neljännen kerroksen holvin alapinnasta laskettuna. Seinän noston avulla, vesikatolle saadaan tehtyä kallistukset veden ohjausta varten sekä saadaan asennettua eristeet. Rakenne toteutetaan rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti. (Sokopro 2018c.)



Kuva 42. Ulkoseinärakenteen nosto vesikatolle (Sokopro 2018c).

5.5.12 Rappaus

Ulkoseinien rappauksen vahvuudeksi muodostuu kaksikerrosrappauksella noin 15 mm. Rappauksen ensimmäinen kerros toimii oikaisevana pohjarappauksena. Rappausmateriaalina käytetään kuitupohjaista sementtilaastia, joita ovat esimerkiksi Weberin valmistamat Vetonit 410 ja 440 -laastit. Rappauksen toinen kerros toimii pintarappauksena, johon voidaan käyttää saman valmistajan Silcomaali- ja Silcopinnoite-yhdistelmää. Yksityiskohtaisemmat ohjeet rappauksista saadaan tuotteiden valmistajalta Weberiltä. (Wienerberger 2018d, 7.)

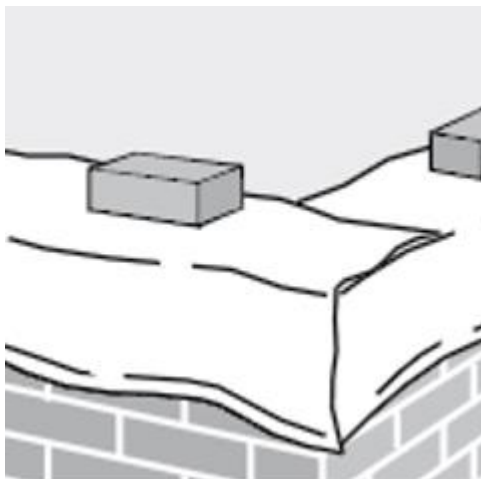
Sisäpuolen kuivien tilojen seinien pinnoitus voidaan tehdä kahdella eri menetelmällä. Kipsilaastilla pinnoitettaessa voidaan käyttää Knauf MP 75 L -kipsilaastia, jolla voidaan tehdä sekä pohjan oikaisu- että pintakerros. Vaihtoehtoisesti rappauksen voi tehdä Weber Vetonit -sementtipohjaisella tiilitasoitteella ja pinnoitus

Vetonit LR+ -pintatasoitteella. Kummallakin menetelmällä tehdessä suositellaan, että seinäpinnat yliverkoitetaan kauttaaltaan. Tällä pyritään eliminoimaan mahdolliset pinnoitteeseen aiheutuvat halkeilut. Yksityiskohtaisemmat pinnoitusohjeet saadaan käytettävän tuotteen valmistajalta. Mikäli pinnoitusta tehdään märkätiloissa, suoritetaan se esimerkiksi Weberin laatiman märkätilojen työselostusohjeen mukaan. (Wienerberger 2018d, 7.)

5.6 Työolosuhteet

5.6.1 Sääolosuhteiden vaikutukset

Muuraustyötä tehdessä tulee ottaa huomioon vallitsevat sääolosuhteet. Syksyllä muurauksen erityisvaatimukset tulevat esille sateiden ja talvella pakkasen myötä. Vähäinen sade ei muuraustyötä haittaa, mutta runsaammalla sateella muuraus on tehtävä suojauksen alla. Valmiin muurauksen yläpintaan on asennettava työntekijöiden seisahduksien ajaksi suojaus (kuva 43), joka estää sadeveden pääsyn rakenteen sisään. Suojaus on asennettava myös ikkuna-aukkojen avoimiin harkkopintoihin (kuva 44). (Karilainen 2018b.)



Kuva 43. Harkkojen avopinnat suojataan sateelta (Wienerberger 2018c).



Kuva 44. Suojaus asennetaan ikkunoiden avoimiin harkkopintoihin (Wienerberger 2018c).

Pakkanen vaikuttaa laastin kovettumisreaktioon hidastavana tekijänä. Jäättyessä laastin kovettumisreaktio alkaa hidastua ja lopulta reaktiota ei enää tapahdu

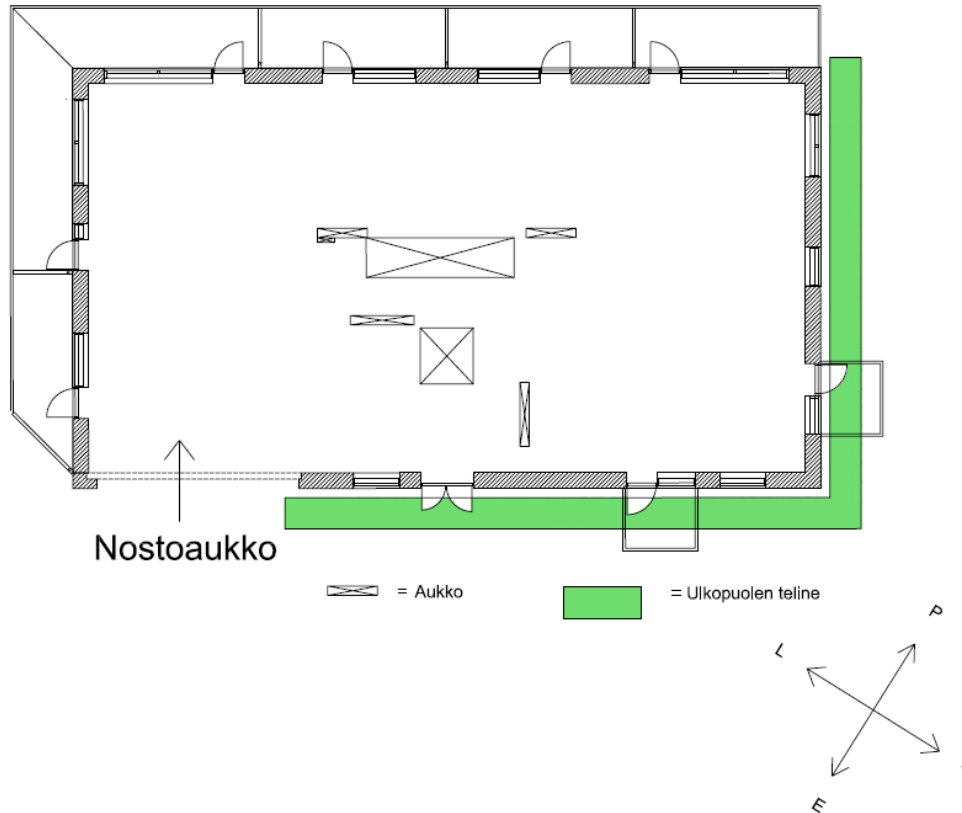
vaan laasti jäätyy. (Rakennustieto. Mattila 2018, 3.) Lämpimänä kesäaikana harkkojen laastipintoja tulisi kostuttaa, millä varmistetaan laastin kunnollinen kiinnittyminen sekä se, ettei ohutsaumamuurauslaasti kuivu liian nopeasti. Kostuttamisen voi tehdä esimerkiksi pensseliä hyödyntäen. Lämpimissä, yli +5 celsiusasteen olosuhteissa muurattaessa käytetään Poroton-kennoharkkojen muuraukseen suunniteltua Poroton-ohutsaumalaastia. Tämän lämpötilan alittuessa voidaan käyttää Weber OL 15 P -pakkasohutsaumalaastia, jolla voidaan muurata aina -10 celsiusasteeseen asti (Karilainen 2018b).

Rappaustyö tulee tehdä vähintään +5 asteen lämpötilassa. Jos lämpötila alittaa tämän ohjearvon, tulee työ suorittaa sääsuojan alla ja huolehtia sen lämmityksestä. Vaihtoehtoisesti rappaus voidaan suorittaa myös keväällä, kun lämpötila nousee. Talven ajaksi muuraus on suojattava. (Karilainen 2018b.) Jos muurausta ei suojata, pakkasella jäätyvä vesi voi laajetessaan aiheuttaa tiilien halkeamista. Vastaavasti myös rakenteen sulaessa siinä voi tapahtua painumista, kallistumista tai halkeilua, joita ei rakenteissa voida sallia (Ratu 2012, 165).

5.6.2 Sääsuojaus

Mikäli sääolosuhteet eivät ole suotuisia muuraustyölle, tulee työmaalle suunnitella suojausrakenteet, joiden avulla työ voidaan suorittaa ohjeiden mukaan laadukkaasti ja turvallisesti. Sateen ja pakkasen vuoksi sääsuojaukset ovat välttämättömiä. Sääsuojaus lisää työmaalla tehtävää työtä sekä kustannuksia. Tästä huolimatta on kuitenkin huomioitava, että työn tuotannon laadun laiminlyönti voi tulla moninkertaisesti kalliimmaksi kuin sääsuojaukset.

Sääsuojaus suoritetaan työmaalla niin, että koillis- ja kaakkoissivuilla rakennuksen ulkopuolella kulkee teline (kuvat 45, 46), joka jäykistetään muurattavaan tiiliseinään. Telineen ulkopinnassa kulkee suojapeite. Telineä kasattaessa on huomioitava seinustoilla olevat yksittäiset parvekkeet sekä kaakkoispuolella oleva hissien valokuilu, johon jätetään aukko mahdollisia nostoja varten. Teline toimii samalla ulkopuolisten töiden työtasona, sääsuojana sekä apuna putoamissuojauksessa.



Kuva 45. Telineet kasataan rakennuksen koillis- ja kaakkoissivuille.



Kuva 46. Esimerkkikuva telineistä, jotka kulkevat rakennuksen ulkopuolella (Seitz 2017).

A- ja B-talon liittymäkohdalle ei tule runkomuurausta, joten telinettä ei tarvitse tälle alueelle kasata. Liittymää voidaan käyttää materiaalin nostoaukkona jokaisessa kerroksessa. Nämä nostoaukot suojataan erillisellä suojapeitteellä. Ra-

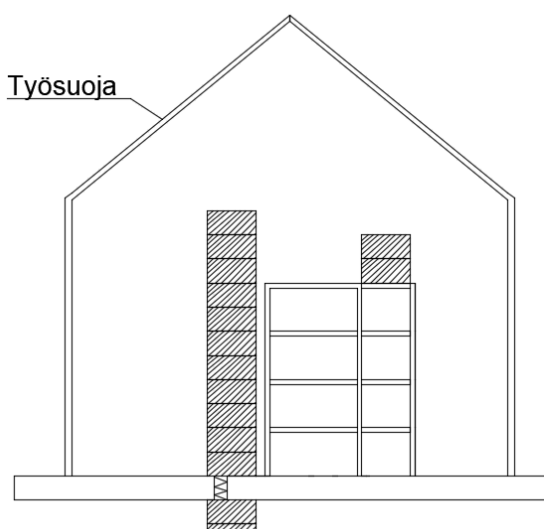
kennuksen koillis- ja kaakkoispuolelle tuleva teline kasataan noin 300 mm:n päähän seinästä. Seinän ja telineen välissä oleva väli toimii työtäisyytenä, jolla mahdollistetaan tulevien ulkopuolisten töiden, kuten rappauksen tekeminen.

Lounas- ja luodesivuilla, joilla on pitkät parvekkeet, sääsuojauksena muurauksen aikana käytetään esimerkiksi Ramirentin työ- ja varastosuojaa (kuva 47). Ramirentin työsuoja voidaan kasata valmiiksi maan tasalla ja nostaa se kokonaisuena muurattavalle alueelle. Työsuojan toinen puoli tulee parvekkeelle ja toinen holville (kuva 48).

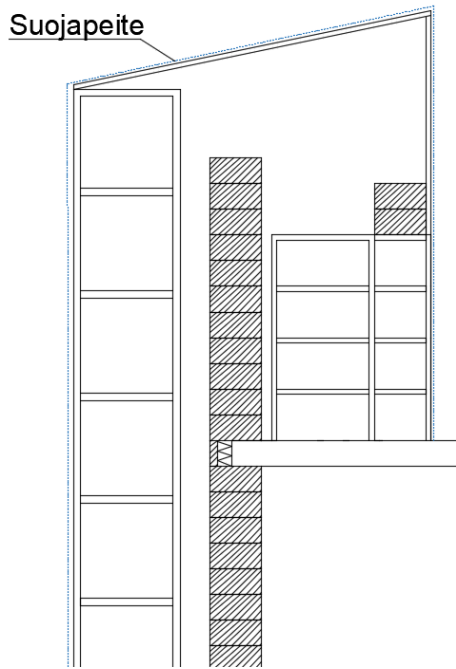
Koillis- ja kaakkoispuolella sääsuojaus toteutetaan niin, että ulkopuolella kiertävän telineen ja sisäpuolella olevan telineen yli nostetaan suojapeite (kuva 49), jolloin muurausta voidaan suorittaa suojassa sateelta tai pakkaselta.



Kuva 47. Ramirentin työ- ja varastosuoja (Ramirent 2018, 2).



Kuva 48. Leikkauskuva suojauksesta parvekkeen kohdalla.

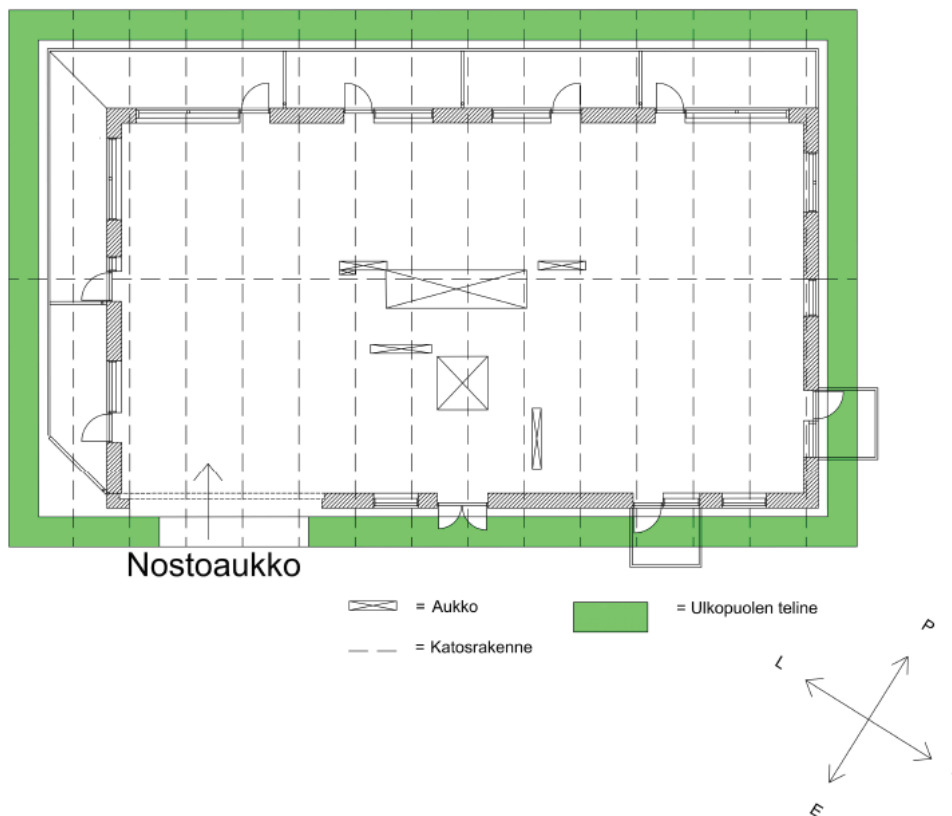


Kuva 49. Leikkauskuva suojauksesta telineen kohdalla.

Vaihtoehtoinen menetelmä sääsuojauksen toteuttamiseen työmaalla on, että rakennus on kauttaaltaan suojattuna sateilta ja pakkaselta (kuva 50). Tällöin telineet kiertävät rakennuksen ympäriinsä ulkopuolella ja niiden varaan asennetaan suojakatos, joka tulee rakennuksen ylle (kuva 51). Tässä suojausvaihtoehdossa ulkopuolisilla telineillä on samat hyvät puolensa kuin aiemmassakin vaihtoehdossa. Etuna tässä kokonaisuudessa on myös se, ettei väliaikaisia työsuojia tarvitse käyttää ja työmaa on kokonaisuudessaan suojan alla. Tällaisen suojauksen negatiivinen puoli on se, että kattoelementtiä joudutaan nostelemaan useaan kertaan, sekä telineiden noustessa korkeammalle että elementtejä asennettaessa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että myös ajoneuvonosturia tarvitaan paljon työmaalla.



Kuva 50. Ramirentin rakennuksen kokonaan peittävä sääsuoja (Rautio 2017).



Kuva 51. Telineet, joiden varaan katos asennetaan, kiertävät koko rakennuksen ympäri.

5.7 Apuvälineet muuraustyössä

5.7.1 Työstö- ja apuvälineet

Poroton-kennoharkko on suuri ja painoltaan noin 23 kilogrammaa, joten työergonomia on tärkeässä roolissa muuraustyössä. Jokaiseen kerrokseen muurattavia kennoharkkoja tulee noin 1400 kappaletta, joten nostoja ja toistoa tulee paljon. Tämän vuoksi harkkojen nostoa varten on kehitetty asennussakset (kuva 52), joiden avulla harkosta saa paremman otteen. Harkkojen leikkaamiseen ja työstämiseen sopii isoteräinen tiilisirkkeli (kuva 53) tai vannesaha. Myös pitkäteräistä harkkosaha voidaan käyttää. Laastin levityksessä käytetään siihen suunniteltua laastikelkkaa. (Wienerberger 2018d, 8.)



Kuva 52. Asennussakset (Wienerberger 2018c).



Kuva 53. Pöytäsiirkeli (Kesälahden Rakennus 2018c).

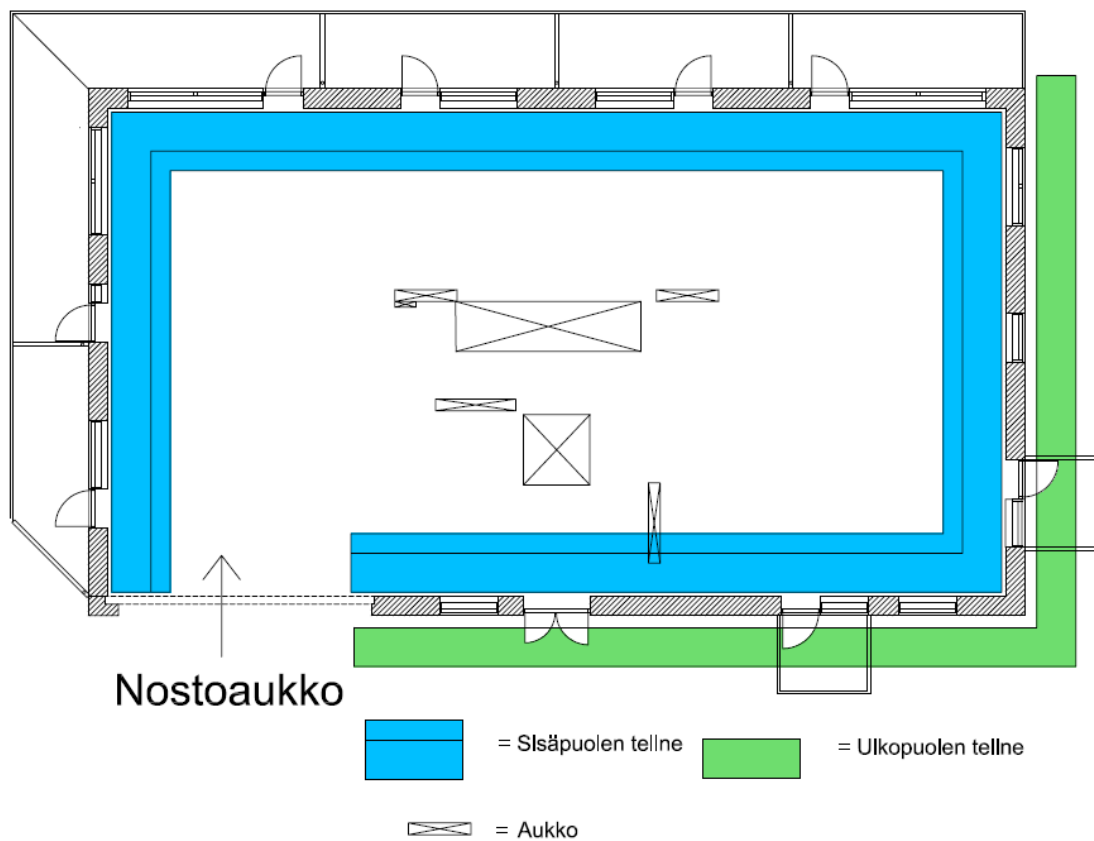
5.7.2 Muuraustelineet

Kun seinärungon korkeus kasvaa, muuraamiseen tarvitaan telineet. Telineinä käytetään monipuolista PERI UP Flex -telinejärjestelmää (kuva 54). Sen tasoissa on karkea pinta, joka vähentää liukastumisen riskiä. Telineen asennusta nopeuttavat ja yksinkertaistavat sen itsestään lukkiutuvat juoksut ja tasot. Telineeseen on saatavilla eri kokoisia pääosia, mikä mahdollistaa telineen kasauksen hankaliinkin paikkoihin. Se kantaa myös suuria kuormia. (Peri 2018b.) Myös ulkopuolella käytetään samaa telinejärjestelmää (kuva 55).

Muuraustelineiden pystytolpissa liitosrosetti on 500 mm:n jaolla, joten telineiden työtasoja voidaan tehdä ja nostaa niiden mukaan. Ensimmäiset muuraukset tehdään suoraan holvilta. Kun harkkojen nostaminen hankaloituu, nouseaan telineellä sitä mukaa korkeammalle. Muurausta suoritetaan yhteensä neljältä tasolta, joista holvin pinta on ensimmäinen taso.



Kuva 54. Peri Flex Up -järjestelmäteline (Peri 2018c).



Kuva 55. Telineet kasataan kuvan mukaisesti sisä- ja ulkopuolelle.

6 Riskit

Työkohteen rakentamisessa suurimpia vallitsevia riskejä ovat työhöjiden ja työturvallisuuden laiminlyöminen sekä muuttuvat sääolosuhteet. Työskentely on suoritettava niin, että samalla huomioidaan rakentamisen laatua, kustannustehokkuutta, työturvallisuutta sekä aikataulua. Sääolosuhteista riippuen tarpeelliset suojaukset on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti.

6.1 Työhöjjet

Muuraustyössä tulee noudattaa Wienerbergerin laatimaa työselostusta sekä kaikkien materiaalien valmistajien ohjeita. Lämpötilojen ohjearvoja tai muita ohjeita ei tule laiminlyöä. Mikäli holvimuotin työhöjjetta ei noudateta ja esimerkiksi tuentasuunnitelmassa annettuja ohjearvoja ylitetään, voi tästä seurata se, ettei muotti kykene kannattelemaan liikaa painoa ja holvi sortuu. Yleisesti ottaen työhöjjetiden noudattamatta jättäminen voi vaikuttaa materiaalien toimivuuteen ja niille annettuihin takuisiin, millä voi olla kalliit ja tuhoisatkin seuraukset.

6.2 Työturvallisuus

Jos työturvallisuutta laiminlyöä, voi työmaalla syntyä erilaisia vaaratilanteita. Mikäli holvilla muurattaessa suojakaiteita ei ole tai valjaita ei käytetä, on mahdollista, että työntekijä pääsee putoamaan. Jos työmaa-alueella liikkumista ei tarpeen mukaan estetä, voi esimerkiksi työväline tai muurattava harkko pudota ja osua alapuolella liikkuvan henkilön päälle. Tarkoituksenmukaisten nousuteiden käyttämättä jättäminen telineissä voi aiheuttaa vääränlaisen nousutien kaatumisen ja työntekijän loukkaantumisen. Nostoissa vaarana on nostettavan esineen vääränlainen kiinnitys, jolloin se voi pudota aiheuttaen vaaratilanteen. Jos taas nostolaitteiden kuntotarkastuksista ei huolehdi, laite ei välttämättä toimi oikein ja voi näin olla vaarallinen käyttää.

6.3 Sääolot

Muuttuvat sääolosuhteet tulevat mitä luultavimmin vaikuttamaan syksyllä aloitettavaan muuraustyöhön. Syksy tuo tullessaan sateita ja talvi pakkasia. Kummatkaan eivät edistä työn etenemistä, päinvastoin. Muuraukselle epäsuotuisat sääolot lisäävät kustannuksia sekä työmäärää. Suojaamaton rakenne voi varastoida paljon kosteutta, jolloin sen kuivatukseen tarvitaan aikaa. Lisäksi rakenteessa oleva vesi laajentuu jäätyessään, joka voi aiheuttaa rakenteessa halkeilua ja näin heikentää sen kantavuutta. Sateella muuratessa riskinä on, että sadevesi voi huuhtoa pois niin muurauslaastia, kuin myös harkkojen kennostoissa olevaa perliittiä. Lämpimällä säällä muuratessa harkon pintaa tulee kostuttaa, jotta se ei ime liian nopeasti laastissa olevaa vettä itseensä. Tällöin on mahdollista, että laasti kuivuu liian nopeasti, eikä vettä riitä tarpeeksi laastin sitoutumiseen. Muuraustyössä on siis huomioitava sääolosuhteet erittäin tarkkaan, oli ulkona sitten kuuma kesäpäivä, sateinen syyssää tai kylmä pakkaspäivä.

Syksy- ja talvitöistä syntyy lisäkustannuksia, joita muodostavat muuttuvat materiaalit, lisääntynyt energiantarve, laitteiden ja koneiden lisätarve, kokonaistyömenekin kasvu sekä pidentyvä rakennusaika. Talvityöhaitat lisäävät työn keskeytyksen riskiä sekä pienentävät työsaavutusta. Suojausmateriaalien hankinta ja vuokraus nostavat kustannuksia. Myös mahdollisten materiaalien, kuten laastien tulee olla pakkasenkestäviä, jolloin kustannukset ovat suurempia kuin normaaleissa tuotteissa. Lumi, pakkas ja pimeys kasvattavat energiantarvetta. Tarvitaan lisää valaistusta, lämmittää työskentelypisteitä sekä sulattaa mahdollista lunta. (Ratu 2010, 3-4.)

Rakennusaika kasvaa talvityössä aiheutuvista haitoista. Esimerkiksi lumi- ja suojaustöistä aiheutuu keskeytyksiä itse rakentamiselle. Näin ollen työmenekki talvella kasvaa. Työryhmien kasvattamisella voidaan vaikuttaa rakennusaikaan, joka pidentyy työmenekin kasvun takia. Työryhmien kasvatus kuitenkin lisää palkkakuluja. (Ratu 2010, 4.)

7 Pohdinta

Opinnäytetyöni aiheena oli tehdä työsuunnitelma Joensuun Penttilänrantaan rakennettavan kerrostalon kantavalle ulkoseinärakenteelle, joka toteutetaan keramisilla Poroton-kennoharkoilla. Suunnitelmassa huomioitiin eri työvaiheita, aikataulua, työturvallisuutta sekä työn laatua. Työsuunnitelmasta tuli seikkaperäinen työohje, jota voidaan käyttää opinnäytetyön kohdetta rakennettaessa sekä myös muissa samalla rakenteella toteutettavissa hankkeissa.

Työsuunnitelmaa tehdessä nousi esille paljon asioita, jotka tulee suunnitella tarkasti ennen töiden aloitusta. Tärkeimpiä huomioitavia ja suunnitelmia vaativia asioita työn suorituksen kannalta ovat työturvallisuus ja sääsuojaus. Putoamiskai- teiden asennus ei onnistu samalla tavalla, kuten esimerkiksi elementtirakennuk- sessa, jossa kaiteet saadaan asennettua suoraan pystytettyyn elementtiin ilman mekaanista kiinnitystä. Sääsuojaukset tulee olla toteutettavissa mahdollisimman yksinkertaisesti, turvallisesti ja kustannustehokkaasti. Sääolosuhteita ei voida etukäteen tietää, mutta fakta on, että taivaalta sataa niin vettä, räntää kuin lunta- kin ja lämpötila voi olla joko pakkasen tai plussan puolella. Nämä seikat ovat eh- dottoman tärkeitä ottaa huomioon ennen hankkeen aloitusta, jotta rakennus voi- daan toteuttaa parhaalla mahdollisella tavalla joka näkökulmasta tarkasteltuna.

Mikäli Poroton-harkon käyttö yleistyy kerrostalorakentamisessa, olisi suotavaa kehittää sille sopiva putoamiskaide, jonka saa asennettua seinämuuraukseen il- man mekaanista kiinnitystä. Harkon kennomaisen rakenteen vuoksi nykyisellä menetelmällä kiinnitettävien putoamiskaiteiden kiinnikkeiden täytyy olla melko suuria, jotta kaide saadaan kestäväksi harkkorakenteessa. Kerrostalon holvien teossa kuluu aikaa ja se on myös riskialtis työvaihe, joka täytyy pystyä toteutta- maan ilman putoamisen riskiä.

Opinnäytetyöni alkuperäinen tarkoitus oli seurata ja tarkkailla keväällä 2018 al- kavan työmaan etenemistä harjoittelun aikana. Kohteen asuntomyynti ei kuiten- kaan edennyt odotetulla tavalla, mikä todennäköisesti johtui Joensuun suuresta asuntotarjonnasta. Opinnäytetyön aihetta muutettiin työsuunnitelmaksi, jolloin työn pystyi suorittamaan siitä huolimatta, ettei kohteen rakentaminen harjoittelun

aikana lähtenytään käyntiin. Lopulta kohteen rakentaminen saatiin aloitettua elokuussa 2018.

Alun perin ensimmäisessä rakennusvaiheessa oli tarkoitus tehdä pysäköintihalli, Sanuksen A- ja B-talot sekä saunatila. Rakentaminen kuitenkin muuttui siten, että ensimmäisessä vaiheessa rakennetaan vain A-talo, sillä asuntovaraukset kohdistuivat kyseiseen taloon. Toinen rakennusvaihe on suunniteltu aloitettavaksi keväällä 2019, jolloin on tarkoitus rakentaa pysäköintihalli, B-talo ja saunatila.

Opinnäytetyön kohteen nostotyöt on suunniteltu tehtäväksi erilaisilla nostokalustoilla, kuten ajoneuvonosturilla ja kurottajalla. Torninosturia kohteeseen ei valittu suurten vuokratustannusten vuoksi. Kuitenkin pidemmällä aikavälillä torninosturi olisi voinut olla hyväkin sijoitus, sillä sen avulla työmaalla olisi saatu nostettua elementit, harkot sekä kaikki muutkin tarvikkeet. Torninosturi olisi myös ollut työmaalla jatkuvasti, jolloin nostoja voitaisiin tehdä milloin vain, eikä tällöin nostokalustoa olisi tarvinnut tilata erikseen jokaista nostoa varten. Toisena muutosehdotuksena esimerkiksi tulevaisuuden hankkeita ajatellen näkisin, että muuraus olisi aikataulullisesti kannattavampaa aloittaa keväällä, jolloin säät ovat lämpimämpiä ja näin olosuhteet kaikin puolin otollisemmat.

Tässä muuraustyöohjeessa on otettu huomioon ja käsitelty monia eri asioita, jotta uskon, että ohjeesta on paljon hyötyä rakennusta toteutettaessa. Kohteen uuden runkomateriaalin ja sen työmenetelmien vuoksi työmaa kerää varmasti paljon katseita. Uskon tämän lisäävän työmaan osalta panostusta erityiseen laatuun ja työturvallisuuteen. Jään mielenkiinnolla odottamaan rakennuskohteen etenemistä ja sen näkemistä, kasvaako keraamisen kennoharkon käytön suosio kerrostalorakentamisessa.

Lähteet

- Betoni. 2018. Perustietopaketti.
<https://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/>. 23.8.2018.
- Hakala, P. 2018. Aluemyyntipääällikkö. Wienerberger Oy Ab. Puhelinhaastattelu. 7.9.2018.
- Heikkilä, E. 2003. Kivirakentamista Suomessa. Teoksessa Linnanmäki, S. Sahlberg, M. Hakaste, H. Järnefelt, H. (toim.). Rakennettu kestävä -tutki ja opi. Helsinki: Suomen Tammi Plus, 72-75.
- Issuu. 2013a. Kivirakentamisen ympäristökäsikirja.
<https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/pvk>. 20.8.2018.
- Issuu. 2013b. Kivempi tulevaisuus.
https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/kivempi_tulevaisuus. 20.8.2018.
- Issuu. 2017. Kivestä muuraamalla 2/2017.
https://issuu.com/kivirakentaminen/docs/km_2_2017_220x290mm. 20.8.2018.
- Joensuu. 2015. Penttilänranta. <http://www.joensuu.fi/penttilanranta>. 20.8.2018.
- Joensuu. 2017. Penttilänrannan tontinluovutuskilpailu.
<http://www.joensuu.fi/tontinluovutuskilpailu>. 20.8.2018.
- Kaiva. 2018. Maaperän erityispiirteet.
<https://kaiva.fi/geologia/suomen-maapera/maaperan-erityispiirteet/>. 20.8.2018
- Karilainen, J. 2018a. Yleistä tietoa opinnäytetyöhön.
 toni.e.pakarinen@edu.karelia.fi. 16.9.2018.
- Karilainen, J. 2018b. Rakennustekninen johtaja. Wienerberger Oy Ab. Puhelinhaastattelu. 7.9.2018.
- Karjalainen. 2018. Silmäniloa ja hyvää sisäilmaa!
<https://www.karjalainen.fi/kaupallinen/item/178798-silmaniloa-ja-hyvaa-sisailmaa>. 28.8.2018.
- Kesälahden Rakennus Oy. 2017a. Yritys.
https://www.kesalahdenrakennus.fi/1_7_yritys.html. 20.8.2018.
- Kesälahden Rakennus Oy. 2017b. Myytävät kohteet.
https://www.kesalahdenrakennus.fi/1_12_myyt-v-t-kohteet.html. 20.8.2018.
- Kesälahden Rakennus Oy. 2018a. Asunto Oy Penttilän Sanus ennakkomarkkinointiesite.
- Kesälahden Rakennus Oy. 2018b. Parvekeleikkausluonnos.
 toni.e.pakarinen@edu.karelia.fi. 10.9.2018.
- Kesälahden Rakennus Oy. 2018c. Sima pöytäsaahasite.
 toni.e.pakarinen@edu.karelia.fi. 10.9.2018.
- Kipa. 2018. Kumppanit. http://kipa90.com/?page_id=21. 23.8.2018.
- Kivitaloinfo. 2018a. Tiiveyden vaikutukset.
<https://kivitaloinfo.fi/tietoa-kivitalosta/ymparistovaikutukset/energiatehokkuus/tiiveyden-vaikutukset/>. 20.8.2018.
- Kivitaloinfo. 2018b. Passiivirakentamisen abc.
<https://kivitaloinfo.fi/tietoa-kivitalosta/ymparistovaikutukset/energiatehokkuus/passiivirakentamisen-abc/>. 20.8.2018.

- Kivitaloinfo. 2018c. Poltetut tiilet.
<https://kivitaloinfo.fi/tiilet/poltetut-tiilet/>. 20.8.2018.
- Kivitaloinfo. 2018d. Kennoharkko.
<https://kivitaloinfo.fi/tiilet/poltetut-tiilet/kennoharkko/>. 20.8.2018.
- Laaturakentaminen. 2018. Aluesuunnitelma.
<http://laaturakentaminen.fi/index.php/blogi/322-aluesuunnitelma>.
20.8.2018.
- Lakka. 2018. Harkot.
<http://www.lakka.fi/tuotteet/harkot/>. 20.8.2018.
- Loikkanen, T. 2018. Pinoamistrukkiesite. toni.e.pakarinen@edu.karelia.fi.
1.9.2018.
- Mattila, P. 2018. Rakennustieto. Muuraustyön suunnittelu ja toteutus.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK99s422.pdf>.
20.8.2018.
- Nissinen, S. 2018. Rakennustieto. Työturvallisuuden hallinnalla tuottavuutta.
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070504.pdf>.
20.8.2018.
- Peri. 2018a. MULTIFLEX -holvimuottijärjestelmä.
<https://www.perisuomi.fi/tuotteet/muotit/multiflex-girder-slab-formwork.html>. 1.9.2018.
- Peri. 2018b. PERI UP Flex -järjestelmäteline.
<https://www.perisuomi.fi/tuotteet/telineet/peri-up-flex-jarjestelmateline.html>. 1.9.2018.
- Peri. 2018c. PERI UP Flex Facade Scaffolding.
<https://www.peri.com/en/products/scaffolding/working-scaffold-facade/peri-up-flex-facade-scaffolding.html>. 1.9.2018.
- Perlite. 2016. Europerl perliitti.
<http://www.perlite.dk/finnish/ymparisto.htm>. 20.8.2018.
- Rakennusteollisuus. 2018a. Kestävä rakentaminen torjuu ilmastomuutosta.
Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry.
http://kivitalo.asiakkaat.sigmatic.fi/core/wp-content/images/2012/06/rt_kestava_rakentaminen_torjuu_ilmastonmuutosta.pdf.
20.8.2018.
- Rakennusteollisuus. 2018b. Työmaan turvallisuus. Helsinki: Rakennusteollisuus RT ry.
<https://www.rakennusteollisuus.fi/Toimialat/Talonrakennusteollisuus/Hyoty tieto a-tyomaille/Laatu-ymparisto-tyoturvallisuus/Tyomaan-tyoturvallisuus/>. 20.8.2018.
- Rakentaja. 2006. Poltettu tiili rakennusaineena.
[https://www.rakentaja.fi/artikkelit/333/poltettu tiili rakennusaineena.htm](https://www.rakentaja.fi/artikkelit/333/poltettu_tiili_rakennusaineena.htm). 20.8.2018.
- Rakentaja. 2007. Tiilen valmistus.
https://www.rakentaja.fi/artikkelit/1663/tiilen_valmistus.htm.
20.8.2018.
- Ratu. 2007. Rakennustöiden putoamissuojaussuunnitelma.
<https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fWAYBtNT/5p1pVaACR/Files/CurrentFile/Ratu1219.pdf>.
20.8.2018.
- Ratu. 2010. Talvityöt ja -kustannukset. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ratu. 2012. RunkoRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset.
Helsinki: Rakennustieto Oy.

- Ratu. 2015. Aikataulukirja 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ratu. 2016. Rakennustöiden laatu 2017. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Rautio, H. 2017. Säsuojaus - Suomalaisen uudisrakentamisen tulevaisuus? <https://komentajantalo.wordpress.com/2017/10/09/saasuojaus-suomalaisen-uudisrakentamisen-tulevaisuus/>. 1.9.2018.
- Rocla. 2018. Pinoamistrukkimallisto. <http://www.rocla.fi/sites/default/files/content/attachments/sws-esite.pdf>. 31.8.2018
- Rytilä, P. 1994. Terve Talo. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Saatsi, P. 2017. Massiivirakenne on terveellinen, kestävä ja ekologinen. Saatsi-blogi. 24.7.2017. <http://www.saatsi.fi/blogi/massiivirakenne-terveellinen-kestava-ekologinen/>. 21.8.2018.
- Santavuori, S. 2003. Tiili. Teoksessa Linnanmäki, S. Sahlberg, M. Hakaste, H. Järnefelt, H. (toim.). Rakennettu kestävä - tutki ja opi. Helsinki: Suomen Tammi Plus, 60-65.
- Seitsamo, R. 2013. Porotherm-kennoharkkojen Suomen olosuhteisiin soveltuvat rakenneratkaisut. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö. Työ lainattavissa kirjastosta.
- Seitz, M. 2017. Rakennustyömaan säsuojaus, Someron Kiiruun koulu. Turun Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka. Opinnäytetyö. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124922/Opinnaytetyo%20Rakennustyomaan%20saasuojaus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 31.8.2018.
- Sokopro. 2018a. Projektipankki. Rakennustyöselostus. 27.8.2018.
- Sokopro. 2018b. Projektipankki. Parvekekaavio. 1.9.2018.
- Sokopro. 2018c. Projektipankki. Runkoleikkaus RL1. 1.9.2018.
- Tiili-info. 2018a. Täystiilitalo. <http://www.tiili-info.fi/oma-koti-tiilesta/taystiilitalo/>. 29.8.2018.
- Tiili-info. 2018b. Ympäristöystävällinen tiili. <http://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/ymparistoystavallinen-tiili/>. 29.8.2018.
- Tiili-info. 2018c. Tiilitalon hinta ja edut. <http://www.tiili-info.fi/oma-koti-tiilesta/tiilitalon-hinta-ja-etu/>. 29.8.2018.
- Työsuojelu. 2017. TR-mittari. <https://www.tyosuojelu.fi/tyosuojelu-tyopaikalla/tyoolosuohdemittarit/tr-mittari->. 31.8.2018.
- Vepe. 2018. Turvakaideopas. <https://www.vepe.fi/files/Tiedostopankki/PDF%20Tiedostot/Rakennustuotteet/Turvakaiteet/Vepe%20Turvakaideopas%202016.pdf>. 31.8.2018.
- Wienerberger Oy Ab. 2018a. Yritysinfo. <https://wienerberger.fi/info>. 20.8.2018.
- Wienerberger Oy Ab. 2018b. Poroton-kennoharkko vaatimaan rakentamiseen. <https://wienerberger.fi/ratkaisut/poroton-kennoharkko-vaatimaan-rakentamiseen>. 20.8.2018.
- Wienerberger Oy Ab. 2018c. Powerpoint-esitys. Tiiliratkaisut kerrostaloon.
- Wienerberger Oy Ab. 2018d. Poroton-harkkojen muuraustyöohje 2018.
- Wikipedia. 2016a. Savi. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Savi>. 20.8.2018.
- Wikipedia. 2016b. Perliitti. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Perliitti_\(vulkaaninen_tuhka\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Perliitti_(vulkaaninen_tuhka)). 20.8.2018.

Wikipedia. 2018. Maankohoaminen.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/Maankohoaminen>. 20.8.2018.