

Teemu Aittola

MUURAUSSMENETELMIEN VERTAILU VÄLISEINISSÄ

MUURAUSSMENETELMIEN VERTAILU VÄLISEINISSÄ

Teemu Aittola
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Teemu Aittola

Opinnäytetyön nimi: Muurausmenetelmien vertailu väliseinissä

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi:

Työn ohjaaja(t): Raimo Parkkila

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2023

Sivumäärä: 29 + 1 liite

Väliseinien muuraus rakennuksissa on vielä tänäkin päivänä hyvin yleistä kivimateriaalin kestävyys- ja kierrätettävyyden vuoksi. Muurattavan väliseinän vaatimukset voivat vaihdella paljon, kuten esimerkiksi kantavuus tai mahdolliset läpiviennit. Sen vuoksi on hyvä tietää erilaisten muurauskivien ominaisuuksia oikean kiven löytämiseksi muurattavaan väliseinään.

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä Raahen Muurauksen työkohteen kolmeen eri muurauskiiveen ja selvittää niiden käytön kannattavuus väliseinämuurauksen rakennusmateriaalina kustannusten ja työturvallisuuden näkökulmasta. Työn tarkoituksena on selvittää ominaisuuksia muurauskivistä sekä tuoda esille niiden etuja ja haittoja väliseinämuurauksessa.

Vertailussa muurauskivet olivat Kahi-väliseinäpöntti, NKH-kalkkiehkatili sekä Leca Lex -harkko. Opinnäytetyössä haettiin aluksi teoretietoa aiheesta laajasti, jonka jälkeen selvitettiin työkohteen todelliset työmenekit ja kustannukset.

Tehdyn haastattelun perusteella mieluisin muurauskivi oli Kahi-väliseinäpöntti, koska se on nopein ja kevein muurata. Saatujen tietojen pohjalta voidaan johtopäätöksenä todeta, että kalkkiehkatili on työläin, kallein, hitain sekä epämieluisin kivi muurata näistä kolmesta vaihtoehdosta. Työturvallisuuden kannalta vertailtavissa muurauskivissä huomioitavaa on se, että Leca Lex -harkko on kivistä raskain. Painavampien harkkojen kanssa työskentely on fyysisesti raskaampaa, jolloin myös tapaturmien riski kasvaa. Muuraustyön työturvallisuudessa on huomioitava kivistä riippumatta varsinkin pöly, koneiden ja työvälineiden vaarat, huono työergonomia sekä fyysinen kuormitus.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Program in civil engineering

Author(s): Teemu Aittola

Title of thesis: Comparison of Masonry Methods in Partition Walls

Supervisor(s): Raimo Parkkila

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2023

Number of pages: 29 + 1 appendix

Partition walls in buildings are still very common today. The requirements of the masonry partition can vary a lot, such as load capacity or possible penetrations. That is why it is good to know the properties of different masonry stones in order to find the right stone for the partition wall to be built.

The aim of the thesis was to become familiar with the three different masonry mortars at the site of Raahen Muuraus and to find out the profitability of their use as a construction material for partition walls from the perspective of costs and occupational safety. The purpose of the work is to find out the characteristics of masonry stones and to highlight their advantages and disadvantages in partition masonry.

In comparison, the masonry stones were lime sand partition block, NKH sand-lime brick and Leca Lex block. In the thesis, theoretical knowledge on the subject was initially searched extensively, after which the actual workflows and costs of the project were clarified.

Based on the interview, the most preferred masonry stone was lime sand block partition block because it is the fastest and easiest to brick. Based on the information obtained, it can be concluded that sand-lime brick is the most laborious, most expensive, slowest and most unpleasant stone to build from these three options. In terms of work safety, it is important to note that the Leca Lex block is the heaviest of the stones. Working with heavier ingots is physically more demanding, which also increases the risk of accidents. Regardless of the stone, the occupational safety of masonry work must be considered, especially dust, the dangers of machines and tools, poor work ergonomics and physical stress.

Keywords: Quality, workflows, life cycle, costs

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VÄLISEINÄN TIILI- JA HARKKOMUURAUS	7
2.1	Tiilimuuraus	7
2.2	Harkkomuuraus	8
2.3	Tiili- ja harkkomuurauksen laatuvaatimukset	9
2.3.1	Limitykset	10
2.3.2	Valmiin pinnan laatuluokitus	11
2.4	Väliseinämuurauksen vertailtavat työmenekit	12
2.5	Kustannukset	14
2.6	Rakennuksen elinkaari	15
2.7	Työturvallisuus	17
3	VÄLISEINÄMUURAUS RAAHEN MUURAUKSEN TYÖKOHTEESSA	18
3.1	Muurauskivien ominaisuudet	18
3.2	Väliseinämuurauksen vertailtavat työmenekit	20
3.3	Toteutuneet kustannukset	22
3.5	Työturvallisuus Raahen Muurauksen työkohteessa	22
4	HAASTATTELU	24
5	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	30

1 JOHDANTO

Väliseinämuurauksessa seinän vaatimukset määrittävät, mitä muurauskiveä voidaan käyttää. Tarjolla on useita eri muurauskivi vaihtoehtoja. Onkin tärkeä tarkastella eri kivien ominaisuuksia muurauksen kustannusten ja aikataulun osalta, koska muurauksen nopeus vaihtelee muurattavan kiven mukaan.

Opinnäytetyön tavoitteena on verrata Kahi-väliseinäpönttiä, NKH-kalkkihiekkatiitä sekä Leca Lex -harkkoa väliseinämuurauksen rakennusmateriaalina. Tarkoituksena on muun muassa tarkastella kivien elinkaarta, kustannuksia, aikatauluun vaikuttavia tekijöitä sekä työturvallisuutta niin teorian kuin käytännön näkökulmasta. Näiden seikkojen avulla voidaan helpommin valita, mitä materiaalia väliseinän muurauksessa voisi käyttää.

Työssä aihe rajataan väliseinämuuraukseen ja keskitytään erityisesti tiili- ja harkkomuuraukseen, jotka pitävät sisällään vertailun kohteena olevat muurausmenetelmät. Tiedot perustuvat haastatteluihin, kirjoihin ja internetin lähteisiin.

Opinnäytetyössä tarkastellaan väliseinämuurausta Raahen Muurauksen työmaalla Raahen SSAB:n tehdasalueella tutkimuskeskuksen ja tehtaankonttorin läheisyydessä. Muurattavaa seinäpinta-alaa on yhteensä noin 1 515 m².

Raahen Muuraus Oy on ollut tämän opinnäytetyön mahdollistaja. Raahen Muuraus on kotimainen muuraukseen keskittynyt perheyritys, joka on perustettu vuonna 1993. Yrityksen erityisalaa ovat tulenkestävät muuraukset sekä monipuoliset rakennusmuuraustyöt uudis- ja korjausrakennuskoh-teissa.

2 VÄLISEINÄN TIILI- JA HARKKOMUURAUS

Väliseinillä tarkoitetaan seiniä, jotka sijaitsevat rakennuksen sisällä. Kantavilla väliseinillä voidaan jakaa rakennuksen tiloja huoneiksi. Myös kevyillä väliseinillä voi tehdä huonejakoja, mutta ne eivät ota yläpuolen kuormia vastaan. Kevyellä väliseinällä yleisesti tarkoitetaan ei-kantavaa seinää. Väliseinille on asetettu vaatimuksia, joiden perusteella määritellään, onko seinä rakennettava kantavana vai voiko sen tehdä kevyenä. Vaatimukset pitävät sisällään esimerkiksi kuormankeston, äänieristyksen ja palonkeston. Kevyen väliseinän rakenne on useimmiten metalli- tai puurunkoinen kipsilevy. (Myllärinen, Pahajoki, Peltonen & Saarikko 2019, 225.)

Väliseinä voidaan tehdä myös muuraamalla. Muurausmenetelmä valitaan kohteen rakenteen vaatimusten mukaan. Luvuissa 2.1 - 2.2 kerrotaan tiili- ja harkkomuurauksesta sekä niiden laatuvaatimuksista ja valmiin pinnan laatuoluokituksista. (Myllärinen, Pahajoki, Peltonen & Saarikko 2019, 225.)

2.1 Tiilimuuraus

Tiilimuuraus tarkoittaa savi-, kalkkihiekka-, betoni-, klinkkeri- ja tulitiilien muuraustyön. Työhön kuuluvat työkunnan tekemät työt, kuten tartuntojen ja sidelankojen asennus, mittaus, muuraus, saumaus ja jälkimuuraus, sekä avustavat työt, joita voivat olla esimerkiksi liikuntasaumojen teko, aukkojen kehystyöt, muuraustelinetyöt, tiili- ja laastipalvelu ja jätteiden kokoaminen sekä rakenteen puhdistus. (Ratu KI-6029 2016, 142.)

Kalkki- ja sementtipohjaisia tiiliä on käytetty jo noin 2 000 vuotta sitten Roomassa, jolloin roomalaiset ovat valmistaneet kalkkihiekasta muotteihin kappaleita, jotka sitten muurattiin kalkkilaastilla. Kalkkihiekkatiilien höyrykatkaisumenetelmä on keksitty 1880-luvulla. Se paransi tiilien lujuusominaisuuksia ja sitä myöten käyttömahdollisuudetkin parantuivat. Suomessa kalkkihiekkatiiliä on alettu valmistamaan toden teolla vuonna 1908. (Kajava 2010, 8.)

Sementtitiiliä Suomessa on käytetty vuosina 1940–1960 pääosin navetoissa ja talousrakennuksissa. Sementtitiilet valmistettiin työmaalla muoteilla, joista sai tehtyä kerralla kolme tiiltä. Valmistuksessa käytettiin maakostea betonimassaa, joka piti muotonsa muotin poistettaessa. Tunnilta sai tehtyä jopa 100 tiiltä kahden työmiehen voimin. (Kajava 2010, 8.)

Suomessa tiiliä on valmistettu ja muurattu 1200-luvun alkupuolelta lähtien. Silloin niitä käytettiin vain kirkkojen, luostareiden linnojen ja muiden puolustusrakenteiden rakentamiseen. Tiilien valmistus oli tuolloin vain käsityötä. Tiilitehtaita Suomessa on ollut tietojen mukaan vasta 1700-luvulta. Paloturvallisuuden vuoksi 1700-luvulla alettiin muuraamaan myös taloja. 1900-luvulla pystyttiin jo rakentamaan täysin kiviaineisia taloja, koska teräsbetonirakenteet yleistyivät. 1950-luvun loppupuolella yleistynyt elementtirakentaminen vähensi tiilien käyttöä kerrostalorakentamisessa, mutta kuitenkin pientaloissa niiden käyttö lisääntyi. (Kajava, 2010, 6.)

2.2 Harkkomuuraus

Harkkomuuraus tarkoittaa betoni-, kevytbetoni-, kevytsorabetoni- ja kipsikappaleiden eli harkkorakenteiden rakentamisen. Työ sisältää muurauksen, liimauksen tai ladonnan mittauksineen sekä materiaalipalvelun ja muuraustelinetyön. Väliseinä, joka on muurattu harkoilla, ei yleensä ole kantava. (Ratu KI-6029 2016, 146.) Harkoista muurattua seinää ei voida pitää kuitenkaan ns. kevyenä, koska se painaa yli 200 kg/jm (Myllärinen 2019, 225.)

Betoniharkot tehdään luonnonkiviaineisesta betonimassasta. Standardeissa ei ole määritetty mitään betoniharkkotyyppejä, joten tuotevalikoimat vaihtelevat valmistajan mukaan. Harkoissa on yleensä onkaloita, jotka keventävät harkkoa. Onkalot myös parantavat harkon lämmöneristävyyttä, mutta lämmönvastus on onkaloidussa harkossa vähäinen. Solumuovikerroksella voi parantaa harkon lämmöneristävyyttä. (Kajava 2010, 21.)

Kevytsoraharkkojen valmistukseen käytetään betonimassaa, kevytsoraa ja fillerimäistä täyteainetta. Kevytsoraharkko on muita samankokoisia harkkoja paljon kevyempi kevytsoran ansiosta. Kevytsorasta voidaan myös valmistaa harkkoja, joissa on lisäeristys. Tällöin harkkoihin lisätään solumuovikerros kahden kevytsorabetonikerroksen väliin. Kevytsoraharkot ovat yleensä Leca-harkkoja nimeltään. (Kajava 2010, 23.)

Kalkkihiekkaharkot- ja tiilet valmistetaan poltetusta kalkista, kvartsipitoisesta hiekasta ja vedestä. Kahi-harkoissa on pontit päissä ja ovat ohutsaumamuurattavia harkkoja. Kahi-harkkoja käytetään kantavissa ja tasoitettavissa väliseinissä. Kahi-harkot ja -tiilet sopivat myös märkätiloihin, koska ne kestävät hyvin kosteutta. (Kajava 2010, 24.)

Kevytsora- ja betoniharkkoja on käytetty ennen perustusten rakennusmateriaaleina. Julkisivuissa ja väliseinissä niitä on alettu käyttämään entistä enemmän, koska ne ovat nopeita ja edullisia rakentaa (Huhtiniemi & Knuuttila 1993, 84.)

2.3 Tiili- ja harkkomuurauksen laatuvaatimukset

Tiili- ja harkkomuuraustyön tulee aina täyttää sopimusasiakirjojen mukaiset vaatimukset. Laatuvaatimukset sisältävät muurauksen, sidelankojen asennuksen, liikuntasaumojen teon, laastin valmistuksen, kiinnitykset muihin rakenteisiin, saumauksen sekä mahdolliset raudoitteet harkkomuurauksessa. Taulukossa 1 on esitetty harkkomuurauksen teknisiä laatuvaatimuksia. Tekniset laatuvaatimukset tiili- ja harkkomuurauksessa ovat arvoiltaan samanlaiset (Ratu KI-6029 2016, 142.)

TAULUKKO 1. Harkkomuurauksen teknisiä laatuvaatimuksia (Ratu KI-6029 2016)

Pilarien ja seinien suurimmat sallitut poikkeamat (RunkoRYL 2010, taul. 513:T5)			
Ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama		
	luokka 1	luokka 2	luokka 3
Pilarin poikkileikkauksen mitat ²⁾ , seinän paksuus ¹⁾ sivumitasta ³⁾	± 5 %	± 5 %	± 5 %
Pilarin poikkileikkauksen mitat, seinän paksuus enintään ¹⁾	± 3 mm	± 8 mm	± 12 mm
Käyryys ³⁾	± 2 ‰	± 3 ‰	± 4 ‰
Kaltevuus ³⁾	± 2 ‰	± 3 ‰	± 5 ‰
Kaltevuus enintään ³⁾	± 12 mm	± 18 mm	± 30 mm
Kaltevuus kolmen kerroksen matkalla ³⁾	± 50 mm	± 50 mm	± 50 mm
Kaltevuus toisiin rakennusosiin rajoituksaan ³⁾	± 1 ‰	± 1,5 ‰	± 2,5 ‰
Sivusijainti	± 5 mm	± 8 mm	± 8 mm
Etäisyydet viereisiin rakennusosiin	± 5 mm	± 8 mm	± 12 mm
Rakoseinän seinäpuoliskojen välinen etäisyys	± 15 mm	± 15 mm	± 15 mm

¹⁾ Yhden seinäpuoliskon paksuus rakoseinissä.

²⁾ Ei koske yhden muurauskappaleen leveyisiä tai pituisia seiniä tai pilareita, joiden mittapoikkeamat

riippuvat muurauskappaleiden mittapoikkeamista.

³⁾ Mitattuna ylä- ja alapään keskipisteiden yhdistylinjasta.

Varaukset (RunkoRYL 2010, taulukko 513:T6)			
Ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm		
	luokka 1	luokka 2	luokka 3
Mitat	± 10	± 15	± 25
Sivusijainti ja korkeusasema perussuorasta tai -pisteestä	± 5	± 10	± 15

Seinien aukot (RunkoRYL 2010, taulukko 513:T7)			
Ulottuvuudet ja sijainti	suurin sallittu poikkeama, mm		
	luokka 1	luokka 2	luokka 3
Seinän aukkojen mitat	± 3	± 5	± 8
Sivusijainti	± 5	± 8	± 12

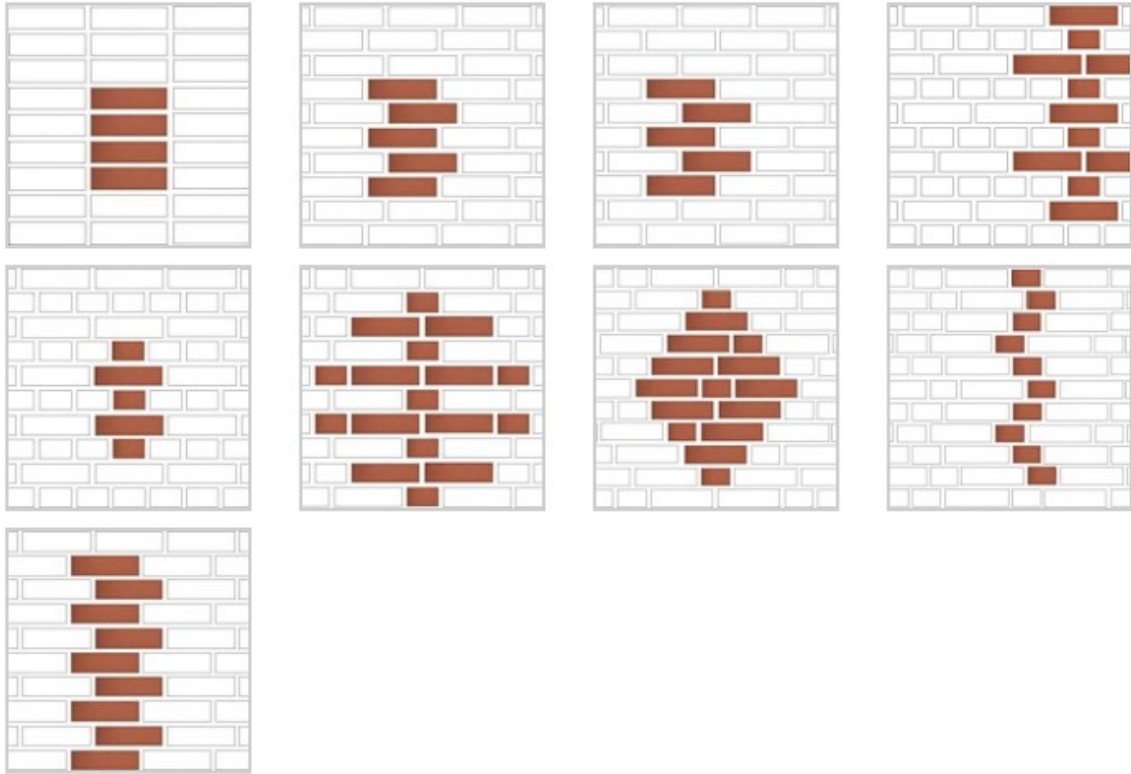
Saumat ja limitys (RunkoRYL 2010, taulukko 513:T8)			
	suurin sallittu poikkeama, mm		
	luokka 1	luokka 2	luokka 3
Sauman ja muurauskiven korkeuspoikkeama keskilinjasta	± 2	± 3	± 5
Limityn muurin sauman poikkeama pystysuorasta*	± 3	± 8	± 12
Limittämättömän muurin sauman poikkeama pystysuorasta*	± 2	± 5	± 8
Sauman syvyys pintaan verrattuna	3	3	3
Vaakasauman paksuus	± 3	± 3	± 3
Pystysauman paksuus	± 5	± 5	± 8

* Koskee vain puhtaaksi muurattua rakennetta.

2.3.1 Limitykset

Valmis tiilimuuri syntyy, kun tiiliä ja laastia vuorotellaan. Limitykseksi kutsutaan saumakuviota, joka syntyy peruselementtien vuorottelusta. Jos tiilet pinotaan pystysuunnassa samoille kohdille, tällöin limitystä ei tapahdu. Mikäli tiilimuuri kasataan ilman limitystä, rakenteen kuormitus ei jakaannu yhtä tiiltä leveämmälle eivätkä tiilet tukeudu toisiinsa. Toisin sanoen, ilman limitystä kuormitus ei jakaudu koko rakenteelle. Kun tiilien pystysaumot asetetaan eri kohdille päällekkäisissä muurauskerroksissa, niin tiiliseinä jakaa pistemäisenkin kuorman laajemmin. Tiiliseinän kuormituksen jakaantumisen laajuuteen vaikuttaa myös limityksen suuruus. Limityksen tulisi olla vähintään ¼ tiilen mittaa,

koska muuten tiilimuuri ei ole vakaa. Kuvassa 1 on havainnollistettu erilaisia limitysvaihtoehtoja. (Huhtiniemi & Knuuttila 1993, 65.)



KUVA 1. Erilaisia limitysvaihtoehtoja (Tiili-info 2023)

2.3.2 Valmiin pinnan laatuluokitus

Valmiit pinnat jaetaan laadullisesti kolmeen luokkaan. Luokkaan 1 kuuluvat yleensä rakennukset tai rakennusosat, joille esitetään erityisiä mittatarkkuusvaatimuksia. Luokkaan 2 lasketaan asuin-, liike- ja toimistorakennukset tai vastaavat rakennukset. Luokkaan 3 kuuluvat kellarit, ullakot, varastot ja muut sellaiset rakennukset, joiden ulkonäkö voi olla luokkaa 2 vaatimattomampi. Mikäli väli-seinämuuraukselle asetetaan 1. luokan ulkonäkövaatimukset, on siitä mainittava erikseen muurauskiviä tilattaessa. (Ratu KI-6029 2016, 144.)

2.4 Väliseinämuurauksen vertailtavat työmenekit

Luvussa 2.4 kuvataan väliseinämuurauksen ohjeelliset työmenekit tiilien ja harkkojen osalta. Työmenekillä tarkoitetaan aikaa, jonka työryhmä tarvitsee tietyn työtehtävän tekemiseen (Ratu KI-6028 2015, 9). Rakennustöiden menekit 2020 -kirjan ohjeiden mukaan muurauksen työmenekki sisältää aloittavat työt eli tiilien siirrot ja telineiden ja työtasojen asennuksen, mittaamisen, laastin valmistuksen, muurauksen ja lopettavina töinä siivoamisen. Harkko- ja tiilimuuraus ohjeistetaan suorittamaan kahdella työntekijällä (Ratu 0481 2019,1; Ratu 0485 2019,1). Ohutsaumamuurattavalle harkkolle ei ole annettu suoritelmääräkerrointa rakennustuotannon ohjekortissa. Taulukossa 2 on esitetty ohutsaumamuurauksen työmenekit.

TAULUKKO 2. Ohutsaumamuurauksen työmenekki (Ratu 0481 2019, 4-5.)

Ohutsaumamuuraus		
Siirrot käsin, lyhyt matka	0,10	tth/siirto
Siirrot käsin, pitkä matka	0,25	tth/siirto
Siirrot nosturi, traktori, rakennushissi	0,10	tth/siirto
Mittaus, väliseinä	0,04	tth/m ²
Ohutsaumalaastin valmistus, vispilä 25 kg/erä	0,02	tth/m ²
Muuraus, harkko h 200 mm, pit. 300 mm	0,51	tth/m ²
Kohteen siivous, työvälineiden puhdistus	0,01	tth/m ²

Ohutsaumamuurauksessa laastin valmistus on hyvin vähäistä verrattuna tiilimuuraukseen. Taulukossa 3 on esitetty vastaavasti tiilimuurauksen työmenekit, jossa suurin poikkeama ohutsaumamuuraukseen on nimenomaan laastinvalmistus.

TAULUKKO 3. Tiilimuurauksen työmenekki (Ratu 0485 2019, 4-5)

Tiilimuuraus		
Siirrot käsin, lyhyt matka	0,10	tth/siirto
Siirrot käsin, pitkä matka	0,25	tth/siirto
Siirrot nosturi, traktori, rakennushissi	0,10	tth/siirto
Työtasojen tekeminen	0,06	tth/m ²
Mittaus, väliseinä	0,06	tth/m ²
Laastinvalmistus, mylly, tiili 270 x 130 x 75 mm	0,47	tth/m ²
Puhtaaksi muurattu väliseinä, tiili 270 x 130 x 75 mm	0,54	tth/m ²
Puolipuhtaaksi muurattu väliseinä, tiili 270 x 130 x 75 mm	0,38	tth/m ²
Kohteen siivous, työvälineiden puhdistus	0,01	tth/m ²

Tiili- ja harkkomuurauksen lisäaikakerroin on 1,10...1,30. Työmenekkeihin voivat vaikuttaa myös monet muut muuttujat, joita voivat olla esimerkiksi sää, valaistus, uusi tai kokematon työryhmä, siirtomatkat yms. Taulukossa 4 on esitettyä tiilimuurauksen suoritelmääräkertoimet sekä tiili- ja harkkomuurauksen sääolosuhteet huomioivat kertoimet, jotka ovat molemmilla samat.

TAULUKKO 4. Suoritemääräkertoimet, tiili- ja ohutsaumamuuraus (Ratu 0481 2019, 5; Ratu 0485 2019, 5)

Aikakertoimet		
Suoritemäärä (tiilimuuraus)	m²	ker-roin
	100	1,10
	200	1,05
	400	1,00
	800	0,95
	1600	0,90
Talviolosuhteet	°C	ker-roin
	0...-2,5	1,10
	-2,5...-7,5	1,25
	-7,5...-12,5	1,35
	yli -12,5	1,45

2.5 Kustannukset

Tuotannontekijän rahassa mitattu käyttö tai kulutus tarkoittaa kustannusta. Jotta tietää yrityksen toiminnan kannattavuuden, on hyvä tuntea ja tunnistaa kustannukset. Rakentamisessa kustannus on rahamäärä, joka tarvitaan resursseihin ja rakennusmateriaaleihin jonkin tietyn työn tekemiseen. Rakennushankkeen kustannukset sekä niiden hallinta ovat suoraan yhteydessä hankkeen laajuuteen, aikatauluun ja laatuun. Kustannusten hallinta hankkeissa perustuu yleensä tavoitejohtamiseen, jossa asetetaan kustannustavoite hankkeelle asiakkaan tavoitteiden perusteella. Kun hanketta viedään kohti sovittuja tavoitteita koko projektin ajan suunnitteluvaiheesta rakentamisen valmistumiseen, kustannusten hallinta onnistuu. (Ratu KI-6033 2018, 7.)

Muurattavan seinän hintaan vaikuttaa pääosin seinän koko ja tyyppi, materiaali sekä seinän aukkojen lukumäärä esimerkiksi ovet. Tyypillä tarkoitetaan sitä, onko muurattava seinä rakennuksen ulko- vai sisäseinä. Seinä voi olla myös kantava, jolloin sen muurauksen hinta voi olla hintavampi, koska seinän paksuuden tulisi olla keskimäärin vähintään 100 mm. Muurauksissa pinta-alan selvittäminen etukäteen kannattaa, sillä muurausurakat lasketaan yleensä pinta-alan mukaan. Materiaalin valinta muurattavaan seinään vaikuttaa myös huomattavasti kustannuksiin. Myös muurausmenetelmät vaihtelevat materiaalien mukaan, mikä vaikuttaa muurauksen nopeuteen. (Kodinplaza 2017-2023.)

2.6 Rakennuksen elinkaari

Kestävän rakentamisen perustana on rakennuksen elinkaari. Koko rakennuksen elinkaaren ajalla tarkastellaan ympäristö- ja kustannusvaikutuksia. Rakennuksen elinkaari muodostuu useista eri vaiheista eli pelkästään itse rakentaminen on vain pieni osa rakennuksen elinkaarta. Elinkaari pitää sisällään maankäytön, rakentamisen suunnittelun, raaka-aineiden hankinnan, rakentamisen, rakennuksen purkamisen ja päättyy purkutuotteiden lajittelun. Elinkaaret voivat olla hyvinkin erilaisia riippuen rakennuksen tyypistä. Yleensä tilaaja määrittää rakennukselle tavoitellun käyttöiän, joka vaikuttaa suunnitteluvaiheessa valintoihin. Kuvassa 2 on havainnollistettu rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Rakennusteollisuus RT ry.)

A1-3	A4-5	B		C	D
TUOTEVAIHE	RAKENTAMINEN	KÄYTTÖVAIHE		PURKUVAIHE	LISÄTIEDOT
A1 Raaka-aineen hankinta	A4 Kuljetus työmaalle	B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa	B5 Laajamittaiset korjaukset	C1 Purkaminen	Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt tai haitat
A2 Kuljetus valmistukseen	A5 Työmaa-toiminnot	B2 Kunnossapito	B6 Energian käyttö	C2 Kuljetukset	
A3 Tuotteen valmistus		B3 Korjaus	B7 Veden käyttö	C3 Purkujätteen käsittely	
		B4 Osien vaihto		C4 Purkujätteen loppusijoitus	
Kehdosta portille					
Kehdosta portille					
Kehdosta hautaan					

KUVA 2. Rakennuksen elinkaaren vaiheet ja ympäristöselosteiden kattavuus (Puupohjaisten rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laatiminen 2015)

Rakennuksen materiaalivalinnat vähentävät sen aiheuttamia ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajan. Rakennus koostuu aina monesta eri materiaalista, jonka vuoksi pelkkä yhden rakennustuotteen vertailu ei kerro koko kuvaa elinkaaren kannalta. Rakennuksen käytön aikana syntyy suurin osa rakentamisen ympäristövaikutuksista. Energiatehokkuuteen vaikuttavat muun muassa rakennuksen lämmöneristävyys, tiiviys sekä lämmön talteenotto. Ympäristövaikutuksiin vaikuttaa se, kuinka paljon rakennus kuluttaa energiaa ja sen asukkaiden asuintottumukset. Muurattu kivitalo on historiansa mukaisesti kestävä, pitkäaikainen ja melkein huoltovapaa. Esimerkiksi vanhat linnat ja kirkot ovat säilyneet vuosisatoja. Nykypäivänäkin monet hallintorakennukset, kirkot ja kirjastot rakennetaan kivimateriaalista. (Kivitaloinfo.)

Koko Suomen päästöistä tiilien valmistuksen osuus on vain 0,04 %. Kun valmistetaan poltettua tiiltä, siihen käytettävä savi nostetaan yleensä tehtaiden lähiympäristöstä. Joskus kuitenkin käytetään myös erikoissavia, jotka tuodaan ulkomailta. Tiilen valmistuksessa on myös mahdollisuus hyödyntää raaka-aineena sivutuotteita muusta teollisuudesta, kuten esimerkiksi masuunikuonaa, joilla voi korvata luonnon raaka-aineita. Tiilirakenteiden käytön kokonaisenergiäsältöä vähentävät huoltotoimenpiteiden vähäinen tarve sekä muuraamisen perinteiset työtavat. (Tiili-info 2023.)

Kierrätysmahdollisuus ja useat uusiokäyttömahdollisuudet lisäävät poltetun tiilen ympäristöystävällisyyttä. Vanhojen rakennusten purettavia tiiliä voidaan puhdistaa ja käyttää uusiokohteessa muuraukseen. Tiilien raaka-aineena voidaan myös käyttää vanhojen tiilien mursketta. Käytettyjä tiiliä voi myös käyttää maantäyttöaineena tai murskattuna esimerkiksi tenniskentän pintamassana. (Tiili-info 2023.)

2.7 Työturvallisuus

Työturvallisuus rakennustyömaalla on oltava kunnossa. Se tarkoittaa, että fyysiset, psyykkiset ja sosiaaliset työolot on hyvässä kunnossa. Jotta työturvallisuus työmaalla toimii mahdollisimman hyvin, on siitä huolehdittava jo suunnitteluvaiheesta työmaan valmistumiseen saakka. Suunnitteluvaiheessa rakennuttajan tulee tehdä turvallisuusasiakirja, joka täytyy pitää ajan tasalla koko rakennushankkeen ajan. Turvallisuusasiakirja pitää sisällään rakennushankkeen vaara- ja haittatekijät sekä työturvallisuutta ja työterveyttä koskevat tiedot. Rakennuttajan tulee myös aina laatia työkohteen luonteesta johtuvat työturvallisuussäännöt ja menettelyohjeet. (Työturvallisuus ja työsuojelu, 3)

Vastuullisen työturvallisuuden perusteisiin kuuluu myös työsuojelu ja työkykyä ylläpitävä toiminta. Työsuojelu tarkoittaa työnantajan ja työntekijöiden välistä yhteistyötä, jonka avulla pyritään siihen, että työpaikalla on terveellistä ja turvallista tehdä töitä. Työkykyä ylläpitävä toiminta tarkoittaa toimintaa, joka tehdään yhteistyössä työpaikalla. Sen tavoitteena on yhteensovittaa työntekijöiden fyysiset ja psyykkiset voimavarat ja työn vaatimukset koko työuran ajan. Työympäristön ollessa turvallinen ja terveellinen työyhteisö toimii ja työ kuormittaa sopivasti. Silloin työntekeminen on palkitsevaa ja mielekkäämpää. (Työturvallisuus ja työsuojelu, 3)

3 VÄLISEINÄMUURAUS RAAHEN MUURAUKSEN TYÖKOHTEESSA

Luvuissa 3.1–3.4 perehdytään vertailun kohteena olevien muurauskivien ominaisuuksiin, työmenekkeihin, kustannuksiin ja työturvallisuuteen. Vertailun kohteena käytetään Raahen Muurauksen työmaata.

3.1 Muurauskivien ominaisuudet

Tässä luvussa kerrotaan vertailussa olevien muurauskivien Kahi-väliseinäpontin, NKH-kalkkiahiekkatiilen sekä Leca Lex -harkon ominaisuuksista sekä siitä, mihin kyseistä kiveä voidaan käyttää.

Kahi-väliseinäpontti on kantamattomiin ja tasoitettaviin seiniin tarkoitettu ohutsaumamuurattava harkko. Harkkojen päissä on pontit, joiden avulla harkot ohjautuvat hyvin paikoilleen asennettaessa. Pontattuihin harkkoihin ei yleensä laiteta laastia pystysaumoihin. Kahi-harkoissa on hyvä puristuslujuus sekä mittatarkkuus ja se on erittäin hyvä väliseinäratkaisu oheismuurauksipaleineen. Kuvassa 3 on havainnollistettu Kahi-väliseinäpontti. (Weber 2023.)



KUVA 3. Kahi-väliseinäpontti (Hartman 1862)

Kahi-väliseinäpöntti, kuten kaikki KAHI-muurauskappaleet kuuluvat parhaaseen M1 luokkaan. Luokka kertoo sen, että tuote on testattu laboratoriossa ja täyttänyt vakioidut testiolosuhteet neljän viikon iässä. Toisin sanoen M1-merkki kertoo päästöjen vähäisyydestä. (Saint-Gobain Finland Oy/ Weber 2017.)

Kahi NKH-väliseinätiili soveltuu parhaiten väliseinien ja kantavien runkorakenteiden muuraukseen. NKH-kalkkihiekkatiilillä on hyvä puristuslujuus, mittatarkkuus ja se on erinomainen valinta väliseiniin oheismuurauskappaleineen. NKH-väliseinätiiltä voidaan käyttää myös kantavissa rakenteissa, joilla on ilmaneristävyys- ja palonkestovaatimuksia. Kuvassa 4 on NKH-kalkkihiekkatiili. (Weber 2023.)



KUVA 4. NKH-kalkkihiekkatiili (K-Rauta 2023)

Kahi NKH-väliseinätiiltä on mahdollista kierrättää. Tiilet voi käyttää uudelleen, jos ne ovat puhtaita ja käsittelemättömiä. Puhtaita ja pintakäsittelemättömiä tiiliä voidaan pieninä määrinä hyödyntää maantäyttöön. Purettuina tai paikalleen jätettyinä ei nykytietojen mukaan ole terveydellisiä haittoja. (ympäristö.fi.)

Leca Lex -harkko UH-150 on 150 mm paksu, joten se soveltuu kuorimuurien, rungon ja väliseinien rakentamiseen. Kaikki yli 100 mm leveät Leca Lex -harkot soveltuvat myös kantaviin väliseiniin. Harkko on umpinainen, johon on sijoitettu keskeisesti raudoitusura 8 mm:n teräkselle, kuten kuvasta 5 voidaan huomata. Raudoitukselle on tarvetta, jos seinä on yli 6 m pitkä kuivumiskutistumisen takia. Seinä tulee raudoittaa myös siinä tapauksessa, jos se on jäykistävä seinä tai siihen

kohdistuu tuulikuormia. Harkoissa on pontit ja urat päädyissä, jotta harkot ohjautuvat paikoilleen helposti, mikä nopeuttaa muuraamista. Pystysamoihin ei yleensä laiteta laastia. (Weber 2023.)



KUVA 5. Leca Lex -harkko UH-150 (Leca)

Leca Lex -harkko on valmistettu savesta ja on kestävä ja ympäristöystävällinen materiaali. Uudelleenkäyttö on helppoa, koska Leca-sora voidaan kaivaa ja imuroida pois vanhoista rakenteista ja käyttää myöhemmin uudelleen esimerkiksi jossain uudessa työkohteessa. Leca-soran laatu tarkastetaan kuitenkin ennen sen uudelleen käyttämistä. (Leca Saint-Gobain.)

3.2 Väliseinämuurauksen toteutuneet vertailutyömenekit

Tässä kappaleessa esitetään väliseinämuurauksen toteutuneet vertailutyömenekit Raahen muurauksen esimerkki työkohteesta. Toteutuneet neliömäärät muuratuille seinille olivat: Kahi-väliseinäpöntti 2381,32 m², Leca Lex 150 mm 836,29 m², kalkkiahiekkatiili 198 mm desibeli 427,71 m². Aikaa kohteeseen meni muurareilla yhteensä 2558 työtuntia, apumiehillä 2427 työtuntia ja työnjohdolla 128 työtuntia. Työkohteessa työryhmän koko oli 10 muuraria, 10 apumiestä ja yksi työnjohtaja, mutta työntekijöiden määrä on työmaan aikana vaihdellut odotusvaiheiden vuoksi. Taulukossa 5 on esitetty toteutuneet työmenekit harkkojen ja tiilien osalta, niiltä osin, jotka oli mahdollista arvioida.

TAULUKKO 5. Toteutuneet työmenekit.

Toteutuneet työmenekit	
Harkot	
Muuraus	0,5 tth/m ²
Mittaus, väliseinä	0,04 tth/m ²
Ohutsaumalaastin valmistus	0,02 tth/m ²
Kohteen siivous, puhdistukset	0,01 tth/m ²
Yhteensä	0,57 tth/m ²
Kalkkiehkektiili	
Muuraus	0,75 tth/m ²
Mittaus, väliseinä	0,04 tth/m ²
Ohutsaumalaastin valmistus	0,47 tth/m ²
Kohteen siivous	0,01 tth/m ²
Yhteensä	1,27 tth/m ²

Toteutuneissa työmenekkeissä ei ole laskettuna siirtoja eikä työtasojen tekemistä, jotka vaikuttivat kokonaisaikaan. Myös esimerkiksi telineiden teko kuului tilaajalle ja niistä tietoja ei tähän työhön saatu.

Saatujen työmenekkien ja haastattelujen perusteella kalkkiehkektiili on ylivoimaisesti hitain muurata ja arviolta noin kolme kertaa hitaampi kuin Leca lex -harkko tai Kahi-väliseinäponti. Kalkkiehkektiili tehtiin myös alhaalta ylös eikä holvin päältä kuten muut seinät. Tämän takia aiheutuu runsaasti enemmän telinetöitä, jotka vievät aikaa. Kalkkiehkektiili tehtiin 25 mm puhtaaksi muurat-
tuun saumaan eli laastiakin kului huomattavasti enemmän kuin harkoissa.

Kahi-pontin ja Leca Lexin muuraaminen yhtä neliötä kohden oli lähes yhtä nopeaa, mutta Kahi-väliseinäponti saattoi olla hieman nopeampaa, koska tämä on kevyempi käsitellä kuin Leca Lex. Kyseisessä kohteessa Kahi-ponti ja Leca Lex -harkko tehtiin ohutsaumalaastilla, joka nopeutti muuraamista. Valmistajaohjeiden mukaan Leca Lex harkkomuuraus tehtäisiin ML leca laastilla 5 mm paksusti, mutta kyseisessä kohteessa tehtiin OL 15 laastilla 2 mm paksusti, kuten myös Kahi-väliseinäponti tehtiin. Kyseinen työkohte on siis hieman erikoisempi kuin yleensä laastien osalta. Kahi-väliseinäpontin muurauksessa aikaa vei hieman se, kun jako pitää saada kohdalleen noin puolikkaalle kivelle, jotta sähköjohdot ja putket saa vietyä läpi.

3.3 Toteutuneet kustannukset

Opinnäytetyössä selvitettiin toteutuneita kustannuksia esimerkkityömaasta muurauksen osalta. Muurauskivet työkohteeseen tuli tilaajalta, jolta ei opinnäytetyöhön toteutuneita kustannuksia saatu. Taloon.com sivuston hintojen perusteella arvioidut materiaaleihin menneet neliöhinnat olivat: Leca Lex -harkko UH-150 35,80 €/m², Kahi-väliseinäpöntti 29,40 €/m² ja Kahi-väliseinätiili 50,70 €/m². Raahen Muurauksen tarkat kustannustiedot on koottu liitteeseen 1, joka on tarkoitettu yrityksen sisäiseen käyttöön. Liite sisältää työkohteen kokonaiskulut palkkauksen ja työkalujen osalta sekä materiaalikulut.

3.4 Työturvallisuus Raahen Muurauksen työkohteessa

Työturvallisuus on muuraustyössä hyvin haasteellista johtuen useista eri tekijöistä. Muuraustyöt tapahtuvat yleensä työmaalla, jossa työtetään samanaikaisesti muutakin. Se tarkoittaa sitä, että muut tekijät täytyy ottaa huomioon koko työskentelyn ajan.

Riskejä työturvallisuuden osalta muuraustyössä on muun muassa huono työergonomia, koneiden ja työvälineiden vaarat, fyysinen kuormitus ja pöly. Huono työergonomia ja fyysinen kuormitus on läsnä muuraustyössä lähes koko ajan, koska kiviä laitetaan niin alas lattian rajaan kuin ylös katon rajaan. Koneita, kuten trukkeja täytyy varoa työmaalla jatkuvasti. Pölyä työmaalle syntyy, kun tiiliä joudutaan leikkaamaan, jolloin suojamaskien käyttö olisi suositeltavaa. Vertailtavien kivien osalta huomioitavaa on se, että Leca Lexistä muurattu seinä sijaitsee toisessa kerroksessa ja on kivistä raskain. Muut muuratut seinät sijaitsevat ensimmäisessä kerroksessa. Painavampien harkkojen kanssa työskentely on fyysisesti raskaampaa, jolloin myös tapaturmien riski kasvaa. Taulukossa 6 on vertailtu kivien hyviä ja huonoja puolia.

TAULUKKO 6. Muurauskivien hyviä ja huonoja puolia.

	Hyvä +	Huono -	
	Kalkkiehkeätiili	Leca Lex	Kahipontti
Muurattavuus	-	+	+
Pöly	-	-	-
Paino	+	-	-
Työergonomia	-	-	-
Laasti	-	+	+

Taulukosta 6 voi havaita sen, että pöly ja työergonomia ovat muuraustyössä heikkoja kohtia työturvallisuuden kannalta kivistä riippumatta. Raahan muurauksen työmaalla työturvallisuus toteutui erittäin hyvin. Muuraustyöt saatiin tehtyä ilman suurempia tapaturmia. Hyvän työturvallisuuden pohjana oli ohjeiden ja hyvää työturvallisuutta noudattaen tehty työ, johon myös vaikutti työskentelyn valvonta työnjohtajien toimesta. Tiedot pohjautuvat työntekijöille tehtyyn haastatteluun.

4 HAASTATTELU

Opinnäytetyössä selvitettiin haastatteluin Raahen Muurauksen työkohteeseen liittyviä asioita. Haastattelu tehtiin suullisena kyselynä työmaalla muurareille ja puhelimitse työnjohtajalle sekä sähköpostitse toimitusjohtajalle. Vastajat esitetään nimettöminä tässä työssä.

1. Mikä näistä kolmesta muurauskivestä Kahi-väliseinäponti, NKH-kalkkihiekkatiili ja Leca Lex -harkko on mieluisin muuraiden näkökulmasta?

Muurareiden vastaus: Kahi-väliseinäponti on työntekijöiden mielestä paras vaihtoehto, jos jokin näistä pitää valita, vaikka onkin raskaampi kivi kuin tiili. Harkolla muuraus on myös paljon nopeampaa ja sitä menee vähemmän kuin tiiltä.

2. Työturvallisuus. Mikä on turvallisin kivi työstää muurareiden mielestä?

Muurareiden vastaus: Itse kivellä ei ole niin merkitystä työntekijöiden mielestä, muuta kuin paino. Työntekijöiden mielestä työturvallisuus muuraustyössä on se heikko kohta. Muurataan alhaalta ylös, jolloin työergonomia on huono. Muuraustyössä pölyltä ei pääse karkuun kivistä riippumatta. Kyseisessä työkohteessa työturvallisuuteenkin vaikuttava tekijä oli se, että Leca harkot ovat ylemmässä kerroksessa kuin muut, jotka painavat eniten.

3. Minkälainen hävikki on työmaalla?

Muurareiden vastaus: Työntekijät kertoivat, että tiilen hävikki työmaalla on noin 5 %. Laastin hävikki taas on noin kottikärryllinen päivässä. Harkoissa ei juurikaan hävikkiä ole.

4. Onko esimerkiksi toimitusaikatauluissa eroja tai pystyykö vaikuttamaan kivien valintaan aliurakoitsijana?

Työnjohtajan vastaus: Raahen Muurauksen työmaalla työskennellyt työnjohtaja ei osannut sanoa, että onko toimitusaikatauluissa eroja tai muuta aiheeseen liittyvää.

Toimitusjohtajan vastaus: Yleensä sen on arkkitehti määritellyt. Tosin aina kokoa ei tarkkaan, mutta tiilen sauma ja väri tulevat arkkitehdiltä. Pääurakoitsija yleensä neuvottelee tiilentoimittajien kanssa. Kysyvät myös välillä mielipiteitä toimittajasta ja koosta, sekä mitä olisi järkevin käyttää. Ennen Raahen Muuraus on toimittanut materiaalinkin vaan nykyään tarjotaan pääosin pelkkää työtä.

Yhteenvedona haastattelun perusteella, Kahi-väliseinäpöntti on Raahen Muurauksessa työskentelevien muurareiden mielestä mieluisin kivi muurata, eikä hävikkiäkään tule, kuten kalkkihiekkatiilestä. Työturvallisuus on haastavaa työn luonteen vuoksi, koska varsinkin työergonomia on huono. Työkohteiden muurauskivet määritellään yleensä arkkitehtien toimesta, mutta silloin tällöin on myös itse aliurakoitsijana mahdollisuus vaikuttaa muurauskivien valintaan.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kustannustehokkain kivi väliseinämuurauksen rakennusmateriaalina Raahen muurauksen työkohteessa, sekä perehtyä tiileihin ja harkkoihin yleisesti väliseinissä. Työn tarkoituksena on keskittyä muurauskivien ominaisuuksiin, tuoda esille hyviä käyttökohteita sekä perehtyä kivien etuihin ja haittoihin väliseinämuurauksessa. Vertailussa olleet kivet olivat Kahi-väliseinäpontti, NKH kalkkiahiekkatiili sekä Leca Lex -harkko.

Saatujen tulosten perusteella kalkkiahiekkatiili on näistä vaihtoehtoista hitain, kallein, työläin ja epämieluisin kivi muurata. Tähän vaikuttivat monet eri seikat, kuten kiven koko, laastin menekki ja se, että juuri tässä kohteessa kalkkiahiekkatiilestä muurattu väliseinä tehtiin alhaalta ylös eikä holvin päältä, kuten kaksi muuta, aiheuttaen telinetöitä huomattavasti enemmän. Kalkkiahiekkatiili oli noin kolme kertaa hitaampi muurattava, kuin harkot, joka vaikutti suoraan toteutuneisiin kustannuksiin. Kahi-väliseinäpontti ja Leca Lex harkko ovat lähes yhtä kustannustehokkaita. Aikaa niihin kului noin saman verran neliötä kohden ja laastin menekki on kummassakin vähäistä.

Tässä opinnäytetyössä vertailtavien kivien osalta, voidaan todeta, että harkot ovat lähes aina hyvä vaihtoehto, jos muuraustyön haluaa tehdä mahdollisimman edullisesti, vähemmällä työllä ja ajan käytöllä. Muurattavan väliseinän vaatimukset tietenkin määrittävät, mitä kiveä on mahdollista käyttää. Esimerkiksi jos seinä vaatii muurauskiveltä hyvää puristuslujuutta, silloin kalkkiahiekkatiili on varteen otettava vaihtoehto. Työturvallisuuden näkökulmasta harkot ovat hieman tapaturma-alttiimpia käyttää niiden suuremman painon vuoksi. Kuten pöly ja huono työergonomia ovat muuraustyössä läsnä muurauskivestä riippumatta.

Tavoitteenani oli, että opinnäytetyön tavoite vastaa lopputulosta. Tätä opinnäytetyötä voi hyödyntää suunnitellessa väliseinämuurausta, jos nämä muurauskivet ovat vaihtoehtoja. Suurimpana haasteena opinnäytetyössä oli, että kaikkea tietoa Raahen Muurauksen työkohteen tilaajalta ei saatu työhön käytettäväksi, kuten materiaalikustannuksia.

LÄHTEET

Hartman 1862. Kahi-väliseinäponti. Hakupäivä 19.4.2023. https://www.hartman.fi/fi/vali-seinaponti-300x85x198mm-kh78?gclid=CjwKCAjwov6hBhBsEiwAvrvN6Foz0KIdm2y1fXFWcju0CfNPe9iidOTFf2YqeiCzpvaiLGQOoleNxoCmW8QAvD_BwE.

Huhtiniemi, Seppo & Knuuttila, Ilkka 1993. Muuraus-, laatoitus- ja rappaukset. Rakennusalan kustantajat RAK.

Kajava, Reijo 2010. Muuraustyöt. Rakennustieto Oy.

Kivitaloinfo. Elinkaari. Hakupäivä 13.7.2023. [Elinkaari - Kivitaloinfo](#).

Kodinplaza 2017-2023. Seinän muuraus hinta. Hakupäivä 13.7.2023. [Seinän Muuraus Hinta – Vertaa Hinnat 2023! \(kodinplaza.fi\)](#).

K-Rauta 2023. Kahi NKH väliseinätiili. Hakupäivä 19.4.2023. <https://www.k-rauta.fi/tuote/vali-seinatili-weber-nkh-kahi-270x130x75/6419139103072>.

Leca. Leca Lex -harkko UH-150. Hakupäivä 16.4.2023. https://www.leca.fi/tuotteet/leca-perusharkot/lecar-lex-harkko-uh-150/?gclid=CjwKCAjwov6hBhBsEiwAvrvN6FGQETUYyLyJhIUwZw01wYWEEnyiKdfZzsFbyfmrGbdCfR5KznLRoCXccQAvD_BwE.

Leca Saint-Gobain. Rakennusmateriaalien kierrätys ja uudelleenkäyttö yleistyvät vauhdilla. Hakupäivä 16.10.2023. <https://www.leca.fi/rakennusmateriaalien-kierratys-ja-uudelleenkaytto-yleistyvat-vauhdilla>

Linkosalmi Lauri ja Kuittinen Matti 2015. Puupohjaisten rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laatiminen. Aalto-yliopisto. <https://puutuoteteollisuus.fi/images/pdf/ohje%20ymp%C3%A4rist%C3%B6selosteiden%20laatiminen.pdf>.

Myllärinen Tomi, Pahajoki Hannu, Peltonen Panu, Saarikko Juhani 2019. Talonrakennus kantavat seinät ja sisävalmistustyöt. Kustantaja Sanoma Pro Oy.

Rakennusteollisuus RT ry. Rakennuksen elinkaari. Hakupäivä 24.4.2023. <https://www.rt.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>.

Ratu 0480 2019. Menekit ja menetelmät. Harkkomuuraus. Rakennustieto. Hakupäivä 26.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/25203#page=1>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Ratu 0481 2019. Menekit ja menetelmät. Ohutsaumamuuraus. Rakennustieto. Hakupäivä 26.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/25204#page=1>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Ratu 0485 2019. Menekit ja menetelmät. Tiilimuuraus. Rakennustieto. Hakupäivä 26.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/25202#page=1>.

Ratu KI-6029 2016. Rakennustöiden laatu 2017. Talonrakennusteollisuus ry. Hakupäivä 11.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6029>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Ratu KI-6028 2015. Aikataulukirja 2016. Talonrakennusteollisuus ry. Hakupäivä 20.4.2023. https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6028?external_system=Juha&page=1. Vaatii käyttäjälisenssin.

Ratu KI-6033 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta. Talonrakennusteollisuus ry. Hakupäivä 20.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6033>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Saint-Gobain Finland Oy / Weber 2017. Kahi-tiilet- ja -harkot-EPD-ympäristöseloste. <https://www.fi.weber/files/fi/2019-04/Kahi-tiilet-ja-harkot-EPD-ymparistoseloste.pdf>

Tiili-info 2023. Tiilijulkisivun ulkonäkö. Limitykset. Hakupäivä 14.4.2023. <https://www.tiili-info.fi/maaraykset-ja-ohjeet/ulkonako/?for=ammattilaiset>.

Tiili-info 2023. Ympäristöystävällinen tiili. Hakupäivä 11.10.2023. <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/ymparistoystavallinen-tiili/>

Työturvallisuuskeskus 2019. Työturvallisuus ja työsuojelu. Hakupäivä 25.4.2023. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/26344#page=1>. Vaatii käyttäjälisenssin.

Weber 2023a. Leca Lex -harkko UH-150. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.fi.weber/leca-kevyt-sora-ja-harkot/perusharkot/leca-lex-harkko-uh-150>.

Weber 2023b. Kahi NKH väliseinätiili. Hakupäivä 13.4.2023. <https://www.fi.weber/kahi-tiilet-ja-harkot/kahi-valiseinatiiilet/kahi-nkh-valiseinatiiili-270x130x75>.

Weber 2023. Kahi-väliseinäpontti. Hakupäivä 12.4.2023. <https://www.fi.weber/kahi-tiilet-ja-harkot/kahi-harkot/kahi-valiseinapontti-300x85x198>.

Ympäristö.fi. Kalkkihiekkatiili. Hakupäivä 16.10.2023. <https://www.ymparisto.fi/fi/rakennettu-ymparisto/ekotehokas-rakentaminen/kiinteistojen-yllapito-ja-korjaaminen/rakennusmateriaalien-tietopankki/kalkkihiekkatiili>