

Olli Kaakinen

MUURAUSTYÖN ERGONOMIAN PARANTAMINEN

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta

Kesäkuu 2022

TIIVISTELMÄ

Olli Kaakinen: Muuraustyön ergonomian parantaminen,
Improving masonry ergonomics.
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
Kesäkuu 2022

Muuraustyö on hyvin raskasta ja suuria toistomääriä sisältävää työtä. Muurareilla esiintyykin kaikista rakennusalan ammateista eniten sairaspöissaoloihin johtavia selän vammoja. Muuraustyön ergonomiaa parantamalla voitaisiin mahdollisesti vähentää sairaspöissaoloja ja lisätä työn tehokkuutta.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tutkia muuraustyön ergonomiaa ja mahdollisia tapoja sen parantamiseen. Tutkimukseni pääkysymyksenä on ”Miten muuraustyön ergonomiaa voidaan parantaa?”. Alakysymyksenä tutkimuksessa pyritään vastaamaan siihen, mihin muurattuja rakenteita käytetään ja mitä ergonomisia ongelmia muuraustyössä esiintyy.

Tutkimus toteutetaan kirjallisuustutkimuksena ja tutkimuskysymyksiin etsitään vastauksia alan kirjallisuudesta sekä Työterveyslaitoksen ja muiden toimijoiden ohjeistuksista. Työssä käytetään sekä alan kirjallisuudesta lainattuja, että itse otettuja kuvia havainnollistamaan tekstissä kuvattuja asioista.

Tutkimuksessa keskitytään varsinaisen muurauksen ergonomiaan, eikä mennä syvälle muihin muurarin työn osiin, kuten valmisteleviin töihin, materiaalien kuljetuksiin, mittaustöihin tai laastin tekoon ja sen siirtämiseen. Tutkimusta ei ole maantieteellisesti rajattu, koska aiheesta on hyvin vähän suomalaista tutkimusaineistoa.

Ergonomiaa voidaan parantaa käyttämällä ergonomiaystävällisempiä rakennusmateriaaleja, terveellisempiä työtapoja sekä erilaisia apuvälineitä, kuten ergonomisempia työkaluja tai nostolaitteita. Muuraustyön ergonomian parantamiseksi on myös tärkeää kouluttaa muurareita sekä työnjohtoa huonon ergonomian vaaroista ja sen erilaisista parannuskeinoista.

Suurin kannustin ergonomisia ongelmia vähentävien apuvälineiden ja menetelmien käyttöönottoon on kuitenkin niiden tuoma taloudellinen hyöty. Urakoitsijat haluavat työstä mahdollisimman tehokasta ja nopeaa, jolloin ergonomiaa parantavien tuotteiden tulisi olla myös työtä tehostavia tai taloudellisesti hyödyllisiä, jotta niitä otettaisiin käyttöön.

Avainsanat: muuraustyö, ergonomia, harkot, tiilet, muuratut rakenteet,

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. MUURATUT RAKENTEET.....	2
2.1 Tiilet ja harkot.....	4
2.1.1 Betoniharkot.....	5
2.1.2 Kevytsoraharkot.....	5
2.1.3 Kalkkiehkekaharkot ja -tiilet.....	6
2.1.4 Poltetut tiilet	6
2.2 Laastit	7
3. MUURAUSTYÖ JA SEN ERGONOMIA	8
3.1 Materiaalien ergonomiset vaikutukset	9
3.1.1 Harkkomuuraus	10
3.1.2 Tiilimuuraus	12
3.2 Materiaalien siirrot työmaalla.....	13
3.3 Käsityökalujen käyttö	13
4. ERGONOMIAN PARANTAMINEN	14
4.1 Apuvälineet	15
4.1.1 Mastolava	15
4.1.2 Ulkoinen tukiranka	16
4.1.3 Ergonomiset käsityökalut	16
4.2 Ergonomiaystävällisemmät rakennusmateriaalit.....	16
4.2.1 H-harkko	17
4.2.2 Karkaistu kevytbetoniharkko	18
4.3 Ergonomisemmat työtavat.....	18
4.3.1 Kahden henkilön harkkonostot.....	19
4.3.2 'High lift grouting'.....	19
4.4 Koulutus.....	20
5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	22
6. LÄHTEET	24

1. JOHDANTO

Muuraustyö on hyvin raskasta ja suuria toistomääriä sisältävää työtä. Muurareilla esiintyykin kaikista rakennusalan ammateista eniten sairaspöissaoloihin johtavia selän vammoja (Welch et al 2010). Muuraustyön ergonomiaa parantamalla voitaisiin mahdollisesti vähentää sairaspöissaoloja ja lisätä työn tehokkuutta (Enzel et al. 2012).

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tutkia muuraustyön ergonomiaa ja mahdollisia tapoja sen parantamiseen. Tutkimukseni pääkysymyksenä on ”Miten muuraustyön ergonomiaa voidaan parantaa?”. Alakysymyksinä tutkimuksessa pyritään vastaamaan siihen, mihin muurattuja rakenteita käytetään ja mitä ergonomisia ongelmia muuraustyössä esiintyy.

Tutkimus toteutetaan kirjallisuustutkimuksena ja tutkimuskysymyksiin etsitään vastauksia alan kirjallisuudesta sekä Työterveyslaitoksen ja muiden toimijoiden ohjeistuksista. Työssä käytetään sekä alan kirjallisuudesta lainattuja, että itse otettuja kuvia havainnollistamaan tekstissä kuvattuja asioista.

Tutkimuksessa keskitytään varsinaisen muurauksen ergonomiaan, eikä mennä syvälle muihin muurarin työn osiin, kuten valmisteleviin töihin, materiaalien kuljetuksiin, mittaus- töihin tai laastin tekoon ja sen siirtämiseen. Tutkimusta ei ole maantieteellisesti rajattu, koska aiheesta on hyvin vähän suomalaista tutkimusaineistoa.

2. MUURATUT RAKENTEET

Muuratuilla rakenteilla tarkoitetaan rakennusosia, jotka valmistetaan liittämällä muurattavia kappaleita, kuten tiiliä tai harkkoja toisiinsa erilaisilla laasteilla. Erityisesti pientalojen sokkeli- ja perustusrakenteet ovat monesti harkoista muurattuja. Muuratut rakenteet ovat yleisesti käytössä myös erilaisissa seinärakenteissa, kuten esimerkiksi huoneiden tai huoneistojen välisissä seinissä, joilta halutaan hyvät ääneneristysominaisuudet.

Muuratuissa rakenteissa muurauskappaleet on yleensä aseteltu päällekkäin limittäin, eli niin, että ylempi kappale on aina osittain vähintään kahden alemman kappaleen päällä. Yleisin pituussuuntaisen limityksen tapa on juoksulimitys, jossa muurattavat kappaleet on ladottu porrastuksin, yleensä puolen kappaleen verran. Muurattuja rakenteita voidaan tehdä myös limittämättä, mutta tavallisella laastilla tehtynä tällaisen rakenteen kantokyky jää limitettyä seinää pienemmäksi (Tiili-info 2022; Kivitaloinfo 2022; RT 103283; RT 38406; RATU KI-6020).

Muuratut rakenteet pyritään yleensä suunnittelemaan moduulimitallisiksi. Moduulimitoitus on harkkosuunnittelun ja -rakentamisen erikoispiirre ja sen tarkoituksena on helpottaa rakennustarvikkeiden ja -osien yhteensovittamista käyttämällä rakennusmateriaalina vakiomittaisia harkkoja. Moduulimitoituksessa tarkoituksena on kantavien rakenteiden ja kokonaisuittomien etäisyyksien perustuminen kansainvälisesti standardoituun moduuliin ja sen kerrannaisiin. Moduulimitoituksen avulla karsitaan tarpeettomia mittavaihtoehtoja ja varmistetaan esivalmisteisten rakennusosien sopivuus niille varatuille paikoille. Moduulimitoituksella vähennetään harkkojen työstötarvetta ja työmaalla hukkaan menevää materiaalia. Moduulimitoituksella voidaan myös nopeuttaa työn tekemistä ja samalla alentaa hankkeen kustannuksia.

Harkkorakentaminen on erityisesti omatoimisten rakentajien suosiossa. Esimerkiksi noin puolet pientalojen perustuksista on harkkorakenteisia. Useimmissa puurunkoisissakin taloissa on joitain muurattuja rakenteita, kuten muurattu sokkeli tai märkätilan väliseinät. Muurattuja rakenteita käytetään, koska ne kestävät hyvin kosteutta ja tulipaloa sekä eristävät myös hyvin ääntä suuren massansa ansiosta (Petrow et al. 2016).

Muuratut rakenteet kestävät itsessään vain vähän vetoa, minkä vuoksi useimpiin harkko- ja tiilirakenteisiin on mahdollista lisätä harjateräksiä pysty- tai vaakasuuntaan rakenteen kestävyuden parantamiseksi. Harjateräkset asetetaan muurattavan rakenteen laastikerrokseen tai muurausmateriaalissa oleviin, raudoitteille tarkoitettuihin uriin, jotka täytetään lopuksi betonilla (RATU KI-6020).

Esimerkiksi talotekniikan kuilujen seinät voidaan tehdä muuraamalla, koska ne vaativat hyvää palonkestoa ja äänen eristystä, eikä niitä ei voida rakentaa ennen talotekniikan valmiiksi asentamista (Talotekniikkainfo 2022).



Kuva 1: Muurattu talotekniikkakuilun väliseinä tehdasrakennuksessa (Kaakinen 2021)

Kuvassa 1 näkyy esimerkki rakentamistavasta, jossa aluksi avoin talotekniikan kuilu täytetään sisätyövaiheessa talotekniikan putkiasennuksilla ja tämän jälkeen eristetään muuraamalla ympärille harkkorakenteinen väliseinä palosuojasta varten. Kuvan rakennetta muurattaessa oven ylitykseen käytettiin valmista harkkopalkkia, mikä mahdollisti muuramisen ilman erillistä tukirakennetta. Kuvan aukkoon asennetaan vielä myöhemmin palonkestävä huolto-ovi, mikä tekee rakenteesta tiiviin. Lisäksi harkkopinta tasoitetaan ja maalataan hienomman lopputuloksen saamiseksi.

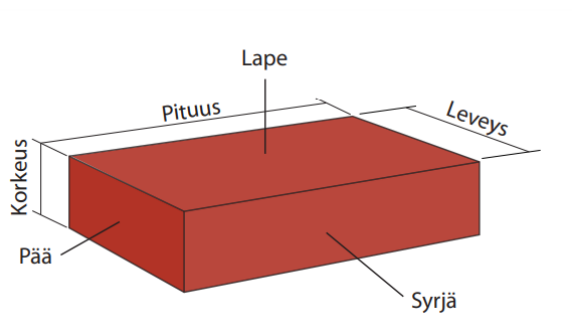
2.1 Tiilet ja harkot

Muuratuissa rakenteissa käytetyt materiaalit voidaan jakaa fyysisten mittojensa mukaan pienempiin tiiliin ja suurempiin harkkoihin. Varsinaisten tiilien ja harkkojen lisäksi on saatavilla erilaisia valmiita erikoisratkaisuja kuten raudotteilla ja betonilla täytettäviä kouruharkkoja, tai tehtaalla valmiiksi muurattuja, vahvistettuja tiilipalkkeja, joita voidaan käyttää ovien tai ikkunoiden ylityksiin tiilistä muuratuissa rakenteissa.

Harkkorakentamisella on vankka jalansija suomalaisessa rakentamisessa. Harkkoista pidetään erityisesti niiden helpon käsiteltävyyden vuoksi työmaalla. Harkkojen suosio perustuu myös niistä tehtyjen rakenteiden sään- ja kosteudenkestävyyteen, ilmanpitävyyteen, lämmön- ja ääneneristyskykyyn sekä rakenteelliseen lujuuteen (Petrow et al. 2016).

Yleisimmät harkot ovat standardimitoitettuina noin 600 mm pitkiä ja 200 mm korkeita tuotteen tarkoitetun saumavälin mukaan niin, että muurattavan harkon laskennalliseksi mitaksi eli moduulimitaksi tulee 600 mm leveyttä ja 200 mm korkeutta, johon kuuluu sekä harkko että sen kiinnitykseen käytetty laasti. Harkkojen paksuus vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan väliseinäharkkojen noin 80 mm:stä anturaharkkojen 500 mm:iin. Harkkoja on saatavilla moneen eri tarkoitukseen ja yleisimmät käyttökohteet ovat kiinteistöjen seinärakenteet (RATU KI-6020).

Tiilirakenteisia taloja on muurattu jo vuosituhansien ajan, ja tiili on materiaalina säilyttänyt valmistustekniikan kehittymisestä huolimatta alkuperäiset ominaisuutensa ja luonteensa. Tiili yleistyi Suomessa erityisesti kaupunkitalojen julkisivumateriaaliksi 1600-luvulta lähtien ja on nykyäänkin hyvin suosittu erityisesti kerrostalojen julkisivumateriaalina (Wienerberger 2022; Kivitaloinfo 2022).



Kuva 2: Tiilen pintojen ja mittojen nimitykset (RT 103281).

Tiiliä on saatavissa monessa eri koossa. Yleisimmät tiilien koot ovat peruskokoisen tiilen pituus 257 mm, leveys 123 mm ja korkeus 57 mm ja normaalikokoisen tiilen pituus 270 mm, leveys 130 mm ja korkeus 75 mm sekä moduulikokoisen tiilen pituus 285 mm, leveys 85 mm ja korkeus 75 tai 60 mm.

2.1.1 Betoniharkot

Muurattavat betoniharkot valmistetaan tehtaalla valamalla halutun muotoinen harkko tavallisesti luonnonkivimateriaaleista valmistetusta betonista. Betoniharkkoja on saatavilla umpibetonisina sekä eristeharkkoina, joissa kahden betoniosan välissä on polystyreenikerros lämmöneristyksen lisäämiseksi.

Betoniharkkoja käytetään pientalojen perustuksissa, kellareiden seinissä, ulkoseinissä sekä kantamattomissa ja kantavissa väliseinissä. Betoniharkot ovat suhteellisen painavia harkkoja, sillä niiden tiheys on noin 1000–2400 kg/m³.

Betoniharkot ovat palamattomia ja ne omaavat hyvän lämmöneristyskyvyn, mistä syystä ne soveltuvat hyvin käytettäviksi osastoivissa rakenteissa ja palosuojauksissa. Betoniharkot kestävät myös hyvin pakkasta ja suuren tiheydensä takia niillä on hyvät ääneneristysominaisuudet (RT 35-10844).

2.1.2 Kevytsoraharkot

Kevytsoraharkot valmistetaan kevytsorasta, sementeistä, vedestä ja massaan mahdollisesti lisättävästä hienosta kiviaineksesta tai muusta hienosta täyteaineesta. Pääraaka-aineena toimiva kevytsora itsessään on savea, jota on paisutettu ja poltettu.

Kevytsoraharkkoja käytetään yleisimmin pientalojen perustuksiin ja kellareiden maanpainesiniin sekä puolilämpimien ja lämpimien tilojen ulko- ja väliseiniin. Lämpimien tilojen ulkoseiniin käytetyt kevytsoraharkot ovat lämmöneristettyjä harkkoja, joissa polyuretaani tai solumuovikerros on kahden kevytsorakerroksen välissä muodostaen yhden kokonaisen harkon. Kevytsoraharkkojen tiheys on huomattavasti betoniharkkoja pienempi ollen noin 650–700 kg/m³.

Kevytsoraharkko on palamaton materiaali, joka kestää myös vettä ja kosteutta suljetun huokosrakenteensa ansiosta. Kevytsoraharkko kestää myös hyvin pakkasta huokoisuutensa ja rakeisuutensa vuoksi. Kevytsoraharkoista tehdyillä rakenteilla on pienemmän tiheydensä takia raskaammista harkoista tehtyjä rakenteita huonommat ääneneristävyysominaisuudet (RT 35-10834).

Kevytsoraharkot ovat lämmöneristyskykynsä ja lujuutensa ansiosta yksi yleisimmistä perustusmateriaaleista. Kevytsoraharkkorakenteessa veden kapillaarinen nousu on vähäistä ja harkkorakenne eristää lämpöä. Kevytsoraharkkoja on helppo katkaista ja työstää käsityökaluilla (Petrow et al. 2016).

2.1.3 Kalkkihiekkaharkot ja -tiilet

Kalkkihiekkaharkot ja -tiilet valmistetaan puristamalla ja höyrykarkaisemalla kvartsipitoisesta hiekasta, hienoksi jauhetusta kalkista ja vedestä tehtyä seosmassaa. Kalkkihiekkaharkot ja -tiilet ovat mittatarkkoja ja sileäpintaisia. Kalkkihiekkaharkkoja ja -tiiliä käytetään rakennusten kantavan rungon ja pilarien sekä väliseinien muuraamiseen. Siistin valkoisen pintansa takia kalkkihiekkaharkkoja ja -tiiliä käytetään myös puhtaaksimuuratuina julkisivuissa ja sisärakenteissa, kuten tulisijojen ulkokuorissa ja väliseinissä.

Kalkkihiekkaharkkojen ja -tiilien lämmöneristyskyky ei itsessään riitä lämpimien tilojen ulkoseinien materiaaliksi, joten niiden kanssa käytetään erillistä lämmöneristettä. Kalkkihiekkaharkkojen ja -tiilien tiheys on noin 1600–2000 kg/m³ ja suuren tiheydensä vuoksi ne soveltuvat hyvin ääneneristykseen. Kalkkihiekkaharkot ja -tiilet ovat palamattomia ja soveltuvat myös palonsuojauksiin (RT 103283; RT 38406).

2.1.4 Poltetut tiilet

Poltetut tiilet valmistetaan savesta ja mahdollisista lisäaineista, kuten hiekasta, sahanpurusta tai tiilimurskasta polttamalla seosta korkeassa lämpötilassa. Tiiliä on mahdollista saada tilauksesta monen muotoisena, mutta yleisimmät tiilityypit ovat umpinaista tiilimassaa olevat täystiilet, joita käytetään suuren lämpökapasiteettinsa vuoksi tulisijojen ja savupiippujen alaosien muuraukseen, sekä pystysuuntaisia reikiä sisältävät reikätiilet, joita käytetään enimmäkseen seinien muuraukseen ja julkisivuverhoiluun.

Poltetut tiilet eivät pala, joten ne soveltuvat palonsuojauksiin. Tavallinen tiili ei kuitenkaan kestä pitkään tulisijan sisämateriaalina. Markkinoilla on saatavilla erityissavesta ja lisäaineista tehtyjä tulitiiliä, jotka kestävät hyvin korkeita lämpötiloja sekä suuria lämpötilan vaihteluita.

Suomessa valmistetut tiilet muuttuvat poltettaessa punaisiksi, koska suomen savi sisältää paljon rautaa ja vain vähän kalkkia. Poltetun tiilen väriin vaikuttaa savimassan mineraalipitoisuus, käytetyt lisäaineet sekä polttotekniikka. Valmiiden tiilien väri voi vaihdella todella tummasta valkoiseen asti ja tiiliä on saatavilla lukuisissa eri väreissä, mutta samanlaistenkin tiilien värisävy voi hieman vaihdella valmistuserittäin. Poltetun tiilen tiheys riippuu valmistustavasta ja on noin 900–2000 kg/m³, minkä vuoksi se sopii hyvin myös ääneneristeeksi (RT 103281).

Monien muoto- ja väri vaihtoehtojen vuoksi poltettu tiili on hyvin suosittu rakennusmateriaali ja yli puolet suomessa valmistuvista uusista kerrostaloista onkin verhoiltu paikalla muuratulla tiilijulkisivulla. Tiiltä pidetään esteettisesti miellyttävänä pintamateriaalina ja sen vähäinen huollon tarve tekee siitä pitkän aikavälin huoltokustannuksiltaan edullisen julkisivuratkaisun (Kivitalo 2022).

2.2 Laastit

Muurauksessa käytetty laasti valmistetaan sideaineesta, vedestä sekä runkoaineesta, joka on yleensä hiekkaa. Laastit luokitellaan sideaineensa mukaan sementtilaasteihin, kalkkisementtilaasteihin ja kalkkilaasteihin. Erilaisia laasteja valmistetaan moniin eri tarkoituksiin kuten harkko- ja tiilimuuraukseen, rappauksiin, laatoituksiin ja saumauksiin, minkä vuoksi laastien ominaisuudet vaihtelevatkin hyvin paljon tuotteen käyttötarkoituksen mukaan.

Laasteihin on saatavilla myös monenlaisia lisäaineita, jotka muuttavat sen ominaisuuksia. Lisäainetyyppejä on esimerkiksi laastin kovettumisaikaan vaikuttavat hidastimet ja kiihdyttimet, lisähuokoistusaineet, notkistimet, pakkasensuoja-aineet sekä tartuntaa parantavat, tiivistävät tai vettä hylkivät aineet.

Nykyään valmistetaan lähes pelkästään runko- ja sideaineen valmiiksi sisältäviä kuivalaasteja, joihin täytyy vain lisätä vesi ja sekoittaa käyttökelpoisen laastin aikaansäämiseksi. Sekoitettu kuivalaasti on käyttökelpoista 2–3 tuntia veden lisäämisen jälkeen, joten laastia täytyy tehdä monessa erässä täyden työpäivän aikana.

Ohutsaumamuuraus on nykyään yleistynyt harkkojen ja väliseinälaattojen muurauksessa. Ohutsaumamuurauksessa liimaa muistuttava laasti levitetään työhön kehitetyillä erikoistyövälineillä hyvin ohueksi, alle 5 mm paksuiseksi laastikerrokseksi.

Suomessa harvinainen, mutta muun muassa keski-Euroopassa yleisesti käytetty laastityyppi on suoraan betoniautolla tehtaalta työmaan laastisiiloon toimitettu märkälaasti, joka on suoraan käyttövalmiina. Märkälaastiin lisätään tehtaalla hidastinta, minkä vuoksi se on käyttökelpoista jopa useiden vuorokausien ajan (RATU KI-6020).

3. MUURAUSTYÖ JA SEN ERGONOMIA



Kuva 3: Hallirakennuksen väliseinän muurausta (Kaakinen 2020).

Muurarin työ on käsityöammatti ja se on yksi rakennusalan vaativimpia ja perinteikkäimpiä ammatteja. Muuraustyö on tarkkuutta ja huolellisuutta vaativaa työtä, jossa työn etenemisen nopeus sekä lopputuloksen laatu ovat paljolti tekijän kokemuksesta ja ammattitaidosta kiinni. Työ vaatii muurarilta myös vahvuutta ja kovaa kestävyyskuntoa, jotta muurari jaksaa nostella muurausvälineitä ja muurata täysiä työpäiviä.

Tehokkaan työskentelyn ja hyvän lopputuloksen takaamiseksi muuraustyön tekijältä vaaditaan vahvaa ammattitaitoa. Tästä syystä työmaan muut rakennustyöntekijät eivät tee muuraustöitä, vaan ne jätetään erikoistuneiden muurareiden tehtäväksi. Erityisesti savupiippujen, hormien ja tulisijojen muurauksessa tarvitaan vahvaa erityisosaamista.

Ammattitaitoisista muurareista on Suomessa paikoitellen pulaa. Muurarin työ kiinnostaa nykyään yhä harvempia nuoria, sillä sen oppiminen vaatii pitkän ajan ja paljon harjoittelua (Yle 2015).

Muuraustyö on ergonomisesti hyvin rasittavaa erityisesti raskaiden muurauskappaleiden toistuvan nostelun takia. Harkkomuureilla tuleekin kaikista rakennusalan ammateista eniten selkävammoista johtuvia sairauspoissaoloja. Muurarin apureilla puolestaan esiintyy kaikista rakennusalan ammateista eniten yllirasittumisesta johtuvia vammoja.

Harkkomuurarina yli 10 vuoden ajan toimineilla henkilöillä todettiin 2,3-kertainen riski alaselän vammoihin muissa rakennusalan ammateissa toimineisiin verrattuna. Alankomaissa 39 % muurareista kertoi kokeneensa alaselän kipua viimeisen 12 kuukauden aikana (van der Molen et al. 2008).

Isommilla työmailla muuraustyöt tehdään useimmiten työryhmissä, joissa on vähintään yksi muurari sekä yksi muurarin apulainen. Muurausryhmän koko riippuu muurattavan kohteen suuruudesta sekä muuraustyölle varatusta aikataulusta. Myös muurattavan rakenteen sijainti työmaalla vaikuttaa merkittävästi työryhmän kokoon, sillä ahtaissa tai muuten hankalissa paikoissa muurattaessa muuraustarvikkeiden ja -välineiden kuljettaminen muurauspaikalle voi vaatia pitkiäkin kantomatkoja, jolloin tarvitaan useampi työntekijä kuljettamaan välineitä ja materiaaleja.

Korkeampia rakenteita muuratessa käytetään joko valmiista teräselementeistä koottavia rakennustelineitä, tai erityisesti pienimmillä työmailla telineet tehdään työmaalla saatavilla olevasta sahatavarasta. Telineiden tulee olla kyllin leveitä työskentelyyn ja muuraustarvikkeiden siirtelyyn sekä riittävän tukevia materiaalien säilyttämiseen.

Muurarin tehtävänä on muurausta alustavien sekä lopettavien töiden lisäksi tehdä varsinaisen muuraus eli levittää laasti muurattavalle pinnalle sekä asettaa muurauskivet paikoilleen.

Apulaisen työtehtäviin kuuluu muurauskivien, laastin sekä työkalujen ja muiden tarvikkeiden kantaminen muurattavalle paikalle, muurauskivien leikkaus oikean muotoisiksi ja pituisiksi sekä muut muurarin avustavat ja varsinaista muuraustyötä valmistelevat työt (Welch et al 2010; Enshassi et al. 2007; Työterveyslaitos 2022; Walter et al 2010).

3.1 Materiaalien ergonomiset vaikutukset

Muurausmateriaalien fyysisillä mitoilla ja erityisesti massalla on merkittävä vaikutus muuraustyön ergonomiseen rasitukseen. Materiaalien manuaalinen käsittely onkin suurin yksittäinen syy rakennustyömaalla tapahtuviin vammoihin, jotka vaativat sairauslomapäiviä. Joka neljäs vamma syntyy, kun joku työntekijä nostaa, kantaa, työntää tai vetää jotakin väärällä tavalla tai yli omien voimien kapasiteetin. Muurarit ovatkin erittäin riskialttiita ergonomisille vammoille, koska työssä nostellaan jatkuvasti raskaita kappaleita.

Esimerkiksi R. Batsonin artikkelin *Masonry Construction: Recognizing & Controlling Ergonomic Hazards* mukaan 58 % kaikista muurareille sattuneista sairauslomapäiviä vaatineista vammoista on suoraan laskettavissa materiaalien käsittelyn ja asentamisen aiheuttamiksi.

Harkkojen ja tiilien fyysisten mittojen eroavaisuuksien lisäksi niiden muurausmenetelmät eroavat hieman toisistaan, mutta molempien materiaalityyppien muurauksessa syntyy ergonomisia rasituksia (Työterveyslaitos 2022).

3.1.1 Harkkomuuraus

Harkkomuuraus aloitetaan muurattavan rakenteen reunasta asettamalla kerros laastia muurattavalle pinnalle, jonka jälkeen harkko asetetaan kaksin käsin laastin päälle ja painetaan haluttuun korkeustasoon. Tämän jälkeen pyyhitään harkon alta ylipursunnut laasti pois laastikauhalla ja levitetään laasti seuraavaa harkkoa varten sen halutulle paikalle. Seuraavaksi lasketaan uusi harkko laastin päälle työntäen sen samalla kiinni aikaisemmin asetettuun harkkoon. Samaa työtä toistetaan, kunnes muurattu rakenne on valmis. Vaakasuuntaan raudoitettavia rakenteita muuratessa harkkokerrosten väliin asetetaan harjateräksiä, jotka painetaan laastin sekaan. Eristeharkoilla muuratessa laasti asetetaan vain eristeen sivuilla oleville harkkopinnoille ja harkon asettamisen jälkeen eristepintojen väli saumataan uretaanilla.

Harkkoja ei saa liikutella laastin päälle laskemisen jälkeen, jotta harkon ja laastin tartunta ei heikkene. Laastin levitykseen voidaan käyttää muurauskelkkaa, joka mahdollistaa tasaisen ja oikean muotoisen laastikerroksen haluttuun kohtaan. Muurauskelkkaa käyttämällä voidaan säästää laastia ja työtä sekä parantaa lopputulosta (Petrow et al. 2016).

Harkkojen suuri paino ja hankala liikuteltavuus aiheuttavat merkittäviä rasituksia niitä käsittelevälle muurarille. Harkkojen muoto tekee niistä hankalasti käsiteltäviä, koska niitä täytyy latoa päällekkäin niin, ettei muurarin käsi jää harkkojen väliin, eikä laasti pyyhkiydy pois harkkojen välisestä pinnasta sitä aseteltaessa. Erityisesti isommat harkot ovat hankalasti liikuteltavissa, koska muurarin kädet ovat kaukana toisistaan ja harkon pitäminen otteessa vaatii paljon käsien ja rinnan lihasvoimaa, kämmenten puristusvoimaa sekä alaja yläselän jännittämistä (Faber et al. 2009).

Van Der Molen et al. 2008 Alankomaissa tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin harkkojen painon vaikutusta muurauksen tehokkuuteen sekä työn tuottamaan fyysiseen rasitukseen. Tutkimuksessa muodostettiin kolme koeryhmää, joista jokaiseen valittiin viisi kokenutta muuraria. Koeryhmille annettiin tehtäväksi muurata seinää eri painoisilla harkkoilla, joiden kappalepainot olivat 11 kg, 14 kg ja 16 kg. Muurarit olivat keskimääräin lähes saman ikäisiä ja samanlaisessa fyysisessä kunnossa, minkä lisäksi heistä kaksi osallistui useampaan, kuin yhteen koeryhmään.

Tutkimuksessa ei huomattu merkittävää harkkojen painosta johtuvaa eroa fyysisessä rasituksessa, mutta kaikki käytetyt eripainoiset ja -kokoiset harkot aiheuttivat merkittävästi suositusrajat ylittävää rasitusta muurareiden alaselälle ja hartioille. Erityisen suurta rasitusta alaselälle tuottivat alle polven korkeudella tehdyt muuraustyöt, joissa jouduttiin joko kyyristymään paljon tai tekemään työ istuma-asennosta tai polviltaan. Tutkimuksesta saatiin tuloksena, ettei ainakaan tutkittujen harkkopainojen välillä ollut merkittävää eroa

muurareille työpäivän aikana kertyneessä rasituksessa, mutta 14 kg harkolla muurattaessa tuottavuuden neliömäärä ja täten rakenteen edistymisen nopeus oli suurin. Tämä tuottavuuden ero johtui kuitenkin 14 kg harkon muita suuremmasta valmistuvaan seinään vaikuttavasta pinta-alasta.

Pystysuuntaisesti raudoitettuja harkkorakenteita muurattaessa harjateräkset asetetaan useimmiten paikalleen jo ensimmäisten harkkokierrosten muuraamisen jälkeen, jotta voidaan varmistua raudoitettujen urien riittävän tiiviistä betonilla täyttymisestä. Raudoitetun rakenteen loppuosaa muurattaessa harkot täytyy pujottaa harjaterästen ympärille yläkautta, jolloin muurari joutuu kurottautumaan korkealle. Tämä aiheuttaa merkittävää ergonomista rasitusta muurarin selälle, käsille ja hartioille. Muuraustyö myös hankaloituu useassa vaiheessa tehtävien betonivalujen vuoksi. Muuratun rakenteen valumäärän ollessa pieni valut tehdään usein käsin, mikä on huomattavasti raskaampaa kuin valaminen pumppuautolla (Hess et al. 2012).

Työterveyslaitoksen Rakennusalan ammattikohtaiset työpaikkaselvitykset (RATS) 2022 muuraria koskevalla sivulla on lueteltu harkkomuurauksen fyysisinä kuormitustekijöitä aiheuttavista töistä seuraavasti: ”

- Katkaisutyössä käytetyt työskentelykorkeudet ovat usein liian matalia, mikä aiheuttaa selän kumaria asentoja.
- Painavien taakkojen käsittely kuormittaa tuki- ja liikuntaelimistöä sekä hengitys- ja verenkiertoelimistöä.
- Muurattavan seinän korkeuden edetessä katonrajaa kohden niska on taipuneena, kiertyneenä tai kallistuneena.
- Ranteiden ja sormien nivelet ja lihakset kuormittuvat harkkojen käsittelyssä, koska hankala muoto vaikeuttaa pitävän otteen saamista.
- Työtä keventävien apuvälineiden käyttö on vähäistä ja sen koetaan hidastavan työtä.”

3.1.2 Tiilimuuraus

Tiilimuurauksessa muurari levittää aluksi laastikauhalla laastia muurattavalle kohdalle. Tämän jälkeen hän ottaa tiilen käteensä, levittää toisessa kädessä olevalla laastikauhalla tiilen kiinnitettävään päähän laastia, asettaa tiilen muurattavalle kohdalle ja painaa sitä laastipintaa vasten halutulle korkeusasemalle asti. Muurari kaapii ylipursunneet laastit saumasta seuraavan tiilen alustalle ja toistaa kuvatus toimenpiteen, kunnes muuraus on valmis. Tiilistä otetaan kiinni kämmen tiilen yläpuolella, peukalo toisella syrjällä ja muut sormet toisella, jotta tiili voidaan asettaa paikalleen muurattavalle seinälle ilman että käsi jää tiilen ja muurin väliin tai että se pääsee sotkemaan jo aseteltua laastia. Koska tavallisissa tiilissä ei ole erillistä tarttumakohtaa, muurarin tulee puristaa tiiltä kovasti kädessään, jotta tiili ei pääse lipeämään otteesta. Tiiliin tarttuminen ja niiden nostaminen vaativat huomattavasti käden puristusvoimaa. Liikettä toistetaan koko muuraustyön ajan, jolloin tämä puristus rasittaa kämmenen lihaksia ja voi aiheuttaa pitkällä aikavälillä pysyviä vammoja muurarin kädelle.

Muuraustyössä tiilet tuodaan usein kokonaisena pakettina eli tiililetkana muurauspaikan viereen, jolloin ensimmäiset tiilet voidaan poimia ergonomisesti sopivalta lantion yläpuoliselta korkeudelta käteen. Letkan vähentyessä muurari joutuu poimimaan tiiliä yhä alemmaksi, jolloin selän ja yläraajojen lihakset yllirasittuvat. Muuraustyön edetessä tiilien asettaminen yli hartian korkeudelle ja muuten hankaliin paikkoihin aiheuttaa myös merkittävää fyysistä rasitusta, joka voi pitkällä aikavälillä aiheuttaa pysyviä ergonomisia vahinkoja muurarille (Työterveyslaitos 2022; RATU-6020; Tiili-info).

Työterveyslaitoksen *Rakennusalan ammattikohtaiset työpaikkaselvitykset (RATS)* muuraria koskevalla sivulla on lueteltu tiilimuurauksessa fyysisesti kuormittavista töistä seuraavasti: ”

- Jos työtila on ahdas, aiheuttaa se selän hankalan työasennon.
- Toistuvat leveät tarttumisotteet kuormittavat kyynärvarren lihaksia.
- Jatkuvasti toistuva kumartelu alas ja nousu pystyasentoon kuormittaa sekä tuki- ja liikuntaelimistöä että hengitys- ja verenkiertoelimistöä.
- Tiililetkan ja laastiastian sijoittelulla on ratkaiseva merkitys vartalon lihasten kuormittumiseen.
- Sopimaton telinekorkeus (kädet yli hartiatason, pää taakse taipuneena) kuormittaa niska-hartiaseudun ja olkavarren lihaksia.
- Jatkuva edestakainen kiipeily kuormittaa alaraajojen lihaksia.
- Painavien taakkojen käsittely kuormittaa tuki- ja liikuntaelimistöä sekä hengitys- ja verenkiertoelimistöä.”

3.2 Materiaalien siirrot työmaalla

Trukkilavalle ladotut ja kutistemuoviin pakatut muurausmateriaalit toimitetaan työmaalle yleensä rekalla. Materiaalit siirretään työmaan sisällä muurauspaikan lähelle trukkipiikeillä varustetuilla kurottajilla, mikäli muurauspaikalle on pidempi matka.

Pystysirroissa käytetään tavara- tai rakennushissiä, joiden lisäksi myös torninosturia voidaan käyttää, mikäli sen ajallinen kapasiteetti riittää. Kurottajallakin voidaan tehdä pystysirtoja erityisesti paikkoihin, joissa on yläpuolisia esteitä, kuten parvekkeille tai rakennuksen ikkuna-aukkojen sisäpuolelle.

Monesti loppumatka materiaalien siirrosta muurauspaikalle täytyy tehdä tilanpuutteen vuoksi tiili- tai muilla kärryillä, jotka ovat joko lihastoimisia tai moottoroituja. Joskus pienen tilan vuoksi muurausmateriaalit joudutaan jopa kantamaan käsin muurauspaikalle (RATU KI-6020).

3.3 Käsityökalujen käyttö

Muurari käyttää työssään paljon erilaisia käsityökaluja, kuten harkkosahaa, muurausvasaraa ja laastikauhaa. Käsityökalujen käytössä voimakkaat ojennukset, toistuvat liikkeet, hankalat asennot ja paikalliset mekaaniset kuormitukset voivat johtaa ergonomisten vammojen syntymiseen. Käsityökalujen käyttö voi aiheuttaa epämukavuutta ja uupumusta erityisesti tehtävissä, joissa niitä täytyy pitkäkestoisesti kannatella.

H. Koski on kirjassaan RATU-6020 *RAKENTAMISEN TUOTANTOTEKNIikka* sivulla 173 on luetellut muuraustyön työvälineitä seuraavasti: ”Muuraustyössä käytettäviä työvälineitä ovat erilaiset kauhat, muurausvasarat, merkitsemisvälineet, vesivaaka, harjat, vesiasiastiat, laastiastiastiat, sekoituslapio, saumausraudat ja saumauspellit. Tiilien työstämiseen soveltuvia laitteita ovat mm. tiilisirkkeli, kulmahiomakone sekä giljotiini-periaatteella toimiva leikkuri.”

Muurari käyttää laastikauhaa lähes koko muuraustyön ajan, joten laastikauha voi aiheuttaa merkittäviä ergonomisia vaurioita muurarille pitkän ajan kuluessa. Esimerkiksi laastikauhaa käyttäessä muurarin käsi helposti luistaa kauhan kahvaa pitkin ja tästä aiheutuva kitka voi aiheuttaa rakkoja ja pitkällä aikavälillä pienten kasvainten kehittymistä käsiin. Laastikauhan käyttäminen pitkään työuralla voi aiheuttaa jopa sormien epämuodostumista (Dianat et al 2015; Thierry 1996).

4. ERGONOMIAN PARANTAMINEN

Muuraustyön ergonomiaa on pyritty parantamaan jo yli sadan vuoden ajan. Jo vuonna 1909 yhdysvaltalainen insinööri Frank Gilbreth julkaisi muuraustyön ergonomian ja tehokkuuden parantamiseen suunnitellun menetelmänsä. Muuraustyön ergonomian parantamiseen suunniteltuja materiaaleja ja välineitä on saatavilla runsaasti, mutta niiden käyttöönotto on hidasta (Enzel et al. 2007).

Muuraustyön ergonomisia raskuuksia voitaisiin parantaa monilla erilaisilla keinoilla, kuten työtavan muuttamisella, koulutuksen parantamisella, tai erilaisten apuvälineiden avulla. Ergonomian parantamiseen on olemassa paljon eri keinoja, mutta keinojen tulisi olla vähintäänkin työn nopeuteen ja tuottavuuteen neutraalisti tai mieluiten positiivisesti vaikuttavia. Yhdysvalloissa Welch et al. 2009 tutkimuksen ”*Masonry Ergonomics Best Practices*” mukaan rakennusliikkeiden ja muurareiden halu käyttää ergonomiaa parantavia keinoja riippui enemmän niiden vaikutuksesta työn tehokkuuteen, kuin työntekijöiden terveyteen.

Tutkimuksen mukaan useimmissa työvaiheissa merkittävin motivaattori muutoksen tekemiseksi olisi ajan säästäminen projektissa. Toiseksi merkittävimpanä pidettiin työn tehokkuuden kasvamista, ja arvojärjestyksessä vasta kolmantena oli ergonomian parantaminen. Ergonomian parantamiseen käytettävien keinojen tulisi siis olla samalla myös työn tehokkuutta kasvattavia, jotta alan toimijoita saataisiin motivoitua käyttämään ergonomiaa parantavia keinoja.

Muuraustyön ergonomian suorat parannuskeinot voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan: muurarin apuvälineisiin, ergonomiaystävällisempiin rakennusmateriaaleihin sekä terveellisempiin työskentelytapoihin. Näiden lisäksi muurareiden ja muiden rakennushankkeen osapuolten koulutuksella voidaan lisätä tietoisuutta muuraustyön ergonomisista ongelmista ja niiden parannustavoista (Hess et al. 2020).

4.1 Apuvälineet

Muurarin työtä voidaan helpottaa erilaisia apuvälineitä tai paranneltuja työkaluja käyttämällä. Vaikka erilaisia apuvälineitä onkin saatavilla, niiden käyttöönoton suurin kannustin on työn tuottavuuden kasvu.

Esimerkiksi P. Enzel et al. Artikkelissa ”*Best practices for preventing musculoskeletal disorders in masonry: Stakeholder perspectives*” kerrotaan taloudellisten säästöjen, kuten työn tehokkuuden parantamisen, työkustannusten pienentämisen ja sairauskorvausten vähentämisen olevan yhdysvaltalaisten urakoitsijoiden suurimpia kannustimia uusien työvälineiden hankkimiselle.

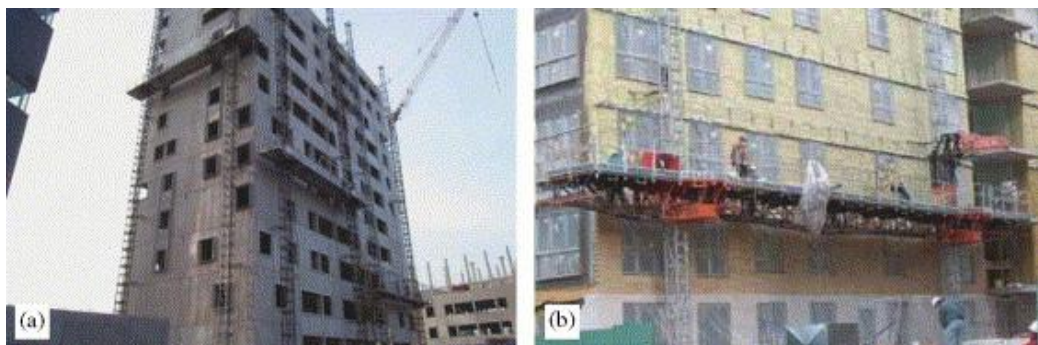
Ergonomisten apuvälineiden käyttöönottamiseksi niiden tulisi siis olla ergonomian parantamisen lisäksi myös taloudellisesti hyödyllisiä, jotta niiden hankkimisen kustannukset saataisiin katettua (Enzel et al. 2012).

4.1.1 Mastolava

Mastolava on työtasojärjestelmä, jota voidaan liikutella pystysuunnassa vapaasti pitäen näin muuraria aina optimaalisella korkeudella muurattavaan seinään nähden. Mastolavalla voidaan nopeuttaa työtä ja vähentää materiaalien nostelua minimoimalla tarve materiaalien siirtelyyn työtasojen välillä.

Mastolavan avulla voidaan vähentää muuraustyön ergonomisia rasituksia pitämällä muuraus aina polvien ja hartioiden välisellä alueella. Muurari voi ohjata mastolavaa aina haluamalleen korkeudelle muurattavan rakenteen edistyessä.

Mastolavat soveltuvat korkeiden ja leveiden seinien muuraamiseen ja erityisesti julkisivumuuraukseen. Ne eivät kuitenkaan sovellu käytettäväksi pienissä muurauskohteissa, sillä mastolavan pystytys vaatii aikaa ja mastolavat ovat tavallisia rakennustelineitä kalliimpia. Kuitenkin oikeanlaisella muurauskohteella käytettäessä mastolavalla on mahdollista kasvattaa muuraustyön tehokkuutta ja säästää henkilöstökustannuksissa. (Hess et al. 2010; CPRW Solutions (b); Enzel et al. 2007).



Kuva 4: Havainnekuva Mastolavasta (Entzel et al. 2007)

4.1.2 Ulkoinen tukiranka

Ulkoinen tukiranka (eng. Exoskeleton) on päälle puettava apulaite, joka tukee käsiä ja ylävartaloa rinnankorkeutta ylempänä työskenneltäessä. Laitteella on mahdollista vähentää hartioiden ja käsien kokemaa rasitusta tilanteissa, joissa muurarin ei ole mahdollista muurata terveellisellä työskentelykorkeudella. Esimerkiksi väliseiniä ylämpiä kerroksia muurattaessa ei välttämättä ole mahdollista muurata terveellisessä asennossa, koska tilan katto tulee vastaan, jolloin muurari joutuu nostamaan muurausmateriaaleja hartioiden yläpuolelle.

Ylävartalon exoskeleton voi vähentää nivelvaurioiden riskiä sekä lisätä työn tuottavuutta, kun muurari ei väsy työssään yhtä paljon kuin ilman laitetta (CPWR Solutions (c); Hilti).

4.1.3 Ergonomiset käsityökalut

Muuraustyön ergonomisia rasituksia voidaan vähentää käyttämällä ergonomisesti suunniteltuja käsityökaluja. Ergonomisesti suunnitellut työkalut voivat vähentää epämukavuutta sekä ergonomisia rasituksia, oireita ja vammoja. Parantamalla työkalujen laatua ja käyttökelpoisuutta voidaan lisäksi parantaa työn tehokkuutta ja tuottavuutta.

Esimerkiksi muurari voisi käyttää ergonomiseksi suunniteltua laastikauhaa, jonka kahva on muurarin kädelle sopiva ja asetettu optimaaliseen kulmaan, jossa muurarin ranne raskautuu vähiten. Ergonomisessa laastikauhassa on myös sormisuoja, joka estää kättä lipeämästä eteenpäin laastikauhan kahvassa (Dianat et al. 2015; Thierry 1996).

4.2 Ergonomiaystävällisemmät rakennusmateriaalit

Muuraustyössä samoja raskaita liikkeitä toistetaan lukuisia kertoja päivässä. Hyvä muurari saattaa muurata yli 200 harkkoa tai 600 tiiltä päivässä, jolloin muurari voi nostaa yhteensä yli 3000 kg edestä muurausmateriaaleja yhden työpäivän aikana. Toistuvien raskaiden nostojen lisäksi muurarit kumartavat selkäänsä yli 60° kolmesta neljään kertaa minuutissa yhteensä yli neljän tunnin ajan työpäivän kuluessa. Pienilläkin materiaalien massan muutoksilla voi siis olla suuri merkitys työpäivän aikaisten nostojen kokonaispaineeseen.

Useimmissa rakennussuunnitelmissa on määritetty vain käytettävän materiaalin vaaditut ominaisuudet, eikä tarkkaan käytettävää tuotetta, jolloin urakoitsija voi itse valita työhön parhaiten soveltuvan tuotteen työmaakohtaisesti. Urakoitsijoilla on kuitenkin paine saada työ valmiiksi tietyssä aikataulussa ja tiettyyn hintaan, jolloin urakoitsijalle on riskialtista lähteä kokeilemaan uusia tuotteita rakennushankkeessa (Enzel et al. 2007; Hess et al. 2010; Hess et al. 2012).

4.2.1 H-harkko

Hess et al. (2012) tekemästä tutkimuksesta kertovassa artikkelissa ”*Alternatives to lifting concrete masonry blocks onto rebar: biomechanical and perceptual evaluations*” kerrotaan H-harkkojen helpottavan merkittävästi muuraamista kohteissa, joissa muurattu seinä on raudoitettu pystysuuntaisilla harjateräksillä. Tavallisilla harkkoilla muuratessa harjateräkset asetetaan harkkojen reikiin, jolloin uutta muurauskierrosta tehdessä harkot täytyy pujottaa yläkautta harjaterästen ympärille. Muurari joutuu tällöin kurrottumaan korkealle rasittaen samalla hartioitaan. H-harkot ovat nimensä mukaan H-kirjaimen muotoisia harkkoja, jotka ovat päistään avoimia ja näin mahdollistavat harkon asettamisen harjaterästen ympärille ilman liiallista kurottelua. Tutkimuksessa H-harkkojen huomattiin tehostavan muuraustyön nopeutta ja vähentävän merkittävästi muurarin kokemaa rasitusta. H-harkkoilla rakentamisen todettiin kuitenkin olevan tavallisilla harkkoilla rakentamista kalliimpaa.



(a) Placing conventional CMU



(b) Placing H-block



(c) High-lift grouting

Kuva 5: Eri harkkotyypeillä muurausta tutkimuksen aikana (Hess et al. 2012).

H-harkkojen haittapuoliksi koettiin niiden herkempi rikkoutuminen työmaan kuljetuksissa. Tutkimukseen osallistuneiden urakoitsijoiden mukaan rikkoutumiset vähenivät tavanomaiselle tasolle, kun työntekijät tottuivat käsittelemään H-harkkoja paremmin. Toinen merkittävä haittapuoli H-harkkoissa oli niiden vaatima välitilojen täyttö betonilla, kun tavallisilla harkkoilla muuratessa vain raudoitettut välit täytetään betonilla.

Kaikkien välitilojen täyttö lisäsi sekä materiaalikustannuksia, että valmiin seinän painoa, jolloin seinän alapuolisia rakenteita tuli vahvistaa enemmän, kuin tavallisilla harkkoilla muurattaessa. Tutkimuksessa tehdyssä esimerkkilaskennassa rakennuksen kokonaiskustannukset olivatkin 2 % tavallisilla harkkoilla rakennettua suuremmat H-harkkojen betonitäyttöjen takia.

Tutkimuksessa tehdyn kyselyn perusteella merkittävä syy H-harkkojen käyttämisen vähäisyyteen oli tiedon tai materiaalin saatavuuden puute. Useimmissa rakennuskohteissa ei määritetty erikseen muuratun rakenteen materiaalia, mutta silti monessa kohteessa urakoitsija luuli H-harkkojen vaativan erillisen spesifikaation tilaajalta.

H-harkot todettiin tutkimuksessa tavallisia harkkoja paremmiksi erityisesti rakennuskoh-teissa, joissa vaaditaan rakenteen tiheää pystyraudoittamista. Esimerkiksi maanjärsityk-sille alltiissa Kalifornian osavaltiossa H-harkkoja käytetään laajalti rakenteiden suuren pystyraudoittamistarpeen vuoksi (Hess et al. 2012).

4.2.2 Karkaistu kevytbetoniharkko

Muurattavien materiaalien painon vähentäminen helpottaa muurarin työtä ja näin lieven-tää muurarin kokemia ergonomisia rasituksia. Karkaistut kevytbetoniharkot valmistetaan hienoksi jauhetusta hiekasta, portlandsementistä, vedestä ja masuunikuonasta tai kal-kista. Valuvaiheessa massaun lisätään hienojakoista alumiinijauhetta, jonka aiheuttama kemiallinen reaktio tekee betonista huokoista. Karkaistut kevytbetoniharkot voivat olla jopa 2/3 kevyempiä, kuin tavalliset betoniharkot. Karkaistuja kevytbetoniharkkoja voi-daan käyttää erityisesti pientalojen ja pienkerrostalojen ulko- ja väliseiniin. Karkaistu ke-vytbetoni on täysin palamaton materiaali ja siksi se soveltuu hyvin erilaisiin palosuojauk-siin. Karkaistu kevytbetoniharkko on myös kohtalainen lämmöneriste, mutta sillä on ke-veytensä takia tavallisia betoniharkkoja heikompi ääneneristyskyky (RT 35-10835).

Kevyemmillä harkoilla muuratessa muurarin lihakset rasittuvat nostoissa vähemmän ja kehon väsyminen on vähäisempää, jolloin muurarin ryhti pysyy myös parempana ja työn kokonaistehokkuus paranee. Kevytbetoniharkkojen käytön lisäämiseksi tulisi harkkora-kenteiden materiaaliksi valita jo suunnitteluvaiheessa kevytbetoniharkko, jolloin muu-raustyö pystyttäisiin toteuttamaan helpommin ja turvallisemmin muurareiden kannalta (CPWR Solutions (a); Hess et al. 2010).

4.3 Ergonomisemmat työtavat

Erilaisilla muuraamisen työtekniikoilla ja muilla muurattujen rakenteiden valmistustavoilla on mahdollista vähentää muurareiden työn ergonomisia rasituksia. Muurarit saattavat helposti keskittyä työnsä toteuttamiseen ajallisesti mahdollisimman tehokkaasti, jolloin työn turvallisuus voi jäädä huomioimatta.

Muurarin työn helpottamiseksi on tehty paljon tutkimusta eri työmenetelmistä ja niiden vaikutuksista muuraustyön terveellisyyteen. Erityisesti Yhdysvaltalainen CPWR - *The Center for Construction Research and Training* on teettänyt paljon tutkimuksia aiheesta ja julkaissut niiden pohjalta ohjeistuksia parempien työtekniikkojen käyttämiseen. Esi-merkiksi terveellisempien työskentelytapojen noudattamiseksi jotkin ammattiliitot Yhdys-valloissa vaativat kahden hengen nostoja raskaammilla harkoilla muuratessa (Hess et al. 2010).

4.3.1 Kahden henkilön harkkonostot

Eastern Washington University:n tekemän tutkimuksen mukaan muurausharkkojen nostaminen kahden henkilön nostoina vähentää merkittävästi noston aiheuttamia rasituksia keholle. Nostettavan painon puolittumisen lisäksi noston voi myös tehdä selälle suotuisammassa asennossa, jolloin alaselkä ei rasitu samalla tavalla, kuin yksin nostossa muuten rasittuisi.

Tutkimuksessa myös huomattiin saman muuratun seinämäärän tekemiseen kuluneen ajan vähentyneen keskimäärin 37 prosenttia yksin tehtyihin nostoihin verrattuna, joten kahden hengen nostot eivät yleisestä oletuksesta huolimatta hidasta muuraustyötä, vaan nopeuttavat sitä.

Nostotyön tehokkuuteen vaikuttaa kuitenkin merkittävästi muurareiden keskinäisen työskentelyn onnistuminen mahdollisimman sulavasti ja koordinoitusti. Tutkimuksessa kahden henkilön nostotekniikan ei kuitenkaan löydetty olevan merkittävästi parempi yli hartian korkuisilla nostoilla, koska siinä hartiat kokevat suurta rasitusta, joka voidaan välttää työtasoa säätämällä (Moraski 2007).

4.3.2 'High lift grouting'

High lift grouting eli suomennettuna korkean noston betonointi on pystyraudoitettujen harkkorakenteiden valmistusmenetelmä, jossa rakenne ensin muurataan tavallisesti, ja pystysuuntaiset raudoitteet asennetaan ja valetaan paikalleen vasta kahdeksan tai useamman kerroksen jälkeen. Menetelmä mahdollistaa rakenteen muuraamisen tavallista korkeammaksi ennen raudoitteiden asentamista sekä vähentää muuraustyön rasittavuutta, kun muurarin ei tarvitse pujottaa harkkoja yläkautta terästen ympärille ja välttyy näin harkkojen kurottelulta korkealle.

Menetelmällä voidaan myös nopeuttaa ja tehostaa muuraustyötä, kun betonivaluja tehdään harvemmin, mutta materiaalmäärät pysyvät käytännössä samoina. Urakoitsijat kovat kuitenkin menetelmän käyttämisen esteenä epävarmuuden siitä, täytyykö valettava tila tarpeeksi tiiviisti betonilla (Hess et al. 2012).

4.4 Koulutus

Muurareiden työergonomian parantamisessa merkittävänä tekijänä voi olla ergonomisten työasentojen ja -tapojen suurempi painotus koulutuksessa. Monet muurarit oppivat ammattinsa toimimalla ensin vanhemman muurarin apulaisena, jolloin muurarilta toiselle polveutuu helposti työtapojen ja ammattitaidon lisäksi samanlainen henkinen asennoituminen työhön ja sen potentiaalisiin vaaratekijöihin. Tämän takia olisi hyödyllistä kouluttaa myös vanhempia muurareita oikean työskentelytavan merkityksestä, vaikkei se välttämättä muuttaisi enää heidän jo oppimiansa työmenetelmiä tai vaikka koulutus ei enää vaikuttaisi heidän terveyteensä merkittävästi. Jo kauan toistetuista ja totutuista työmenetelmistä voi olla hankala enää luopua.

Merkittävä työhön asennoitumiseen vaikuttava tekijä on myös ammattiin vasta opettelevan muurarin potentiaalisesti kokema henkinen paine suorittaa työtehtävät mahdollisimman nopeasti ja hyvin huolehtimatta oman työtavan terveysvaikutuksista, jotta tämä saisi muiden, vanhempien työntekijöiden arvostusta työn tehokkaasta suorittamisesta (Batson 2012).

Muurareiden työssä yleiset, huonosta ergonomiasta johtuvat, pidempiaikaiset nivel- ja lihasongelmat kehittyvät hiljalleen useampien vuosien aikana, joten uuden muurarin voi olla hankala muuttaa työtapojaan tai suhtautumistaan ennen, kuin vakavammat haitat alkavat ilmaantua. Työtehokkuuteen kannustavat menetelmät, kuten urakkapalkan käyttö muuraustöissä voi aiheuttaa muurareille paineita suoriutua työstä mahdollisimman nopeasti, jolloin hyvästä työasennosta huolehtiminen voi unohtua. Tämän takia urakkapalkkaa olisi hyvä käyttää vain hyvin kokeneille muurareille, joiden työskentelytavat ovat vakiintuneet ja joilla on muuraustyön oikeanlaisen ergonomian vaikutuksista jo paljon kokemusta (Hess et al. 2010; Hess et al. 2020).

Työterveyslaitoksen *Rakennusalan ammattikohtaiset työpaikkaselvitykset (RATS)* muurarin ammattia koskevalla sivulla on listattu seuraavat arjessa käytettävät keinot muurarin työn ergonomian parantamiseksi: ”

- Kyykkyasennossa pyri käyttämään hyvin suojaavia polvisuojia.
- Nouse riittävän usein ylös.
- Venytä pohkeita (seiso seinästä käsivarsien etäisyydellä, nojaa kämmenillä seinää vasten ja paina kantapäät tiukasti lattiaan).”

Haitallista selän kiertoliikettä vastaan on myös listattu seuraavat toimenpiteet: ”

- Tuo tiilipino mahdollisimman lähelle työkohdetta.
- Tiiliä ottaessasi hyödynnä painonsiirtoa kiertymisen sijasta. ”

Varsinaisen terveellisemmän työtekniikan koulutuksen lisäksi on tärkeää kouluttaa muurareita saatavilla olevista apulaitteista sekä niiden hyödyistä. Muurari ei välttämättä ole edes tietoinen kaikkien erilaisten apuvälineiden olemassaolosta tai niiden oikeanlaisista käyttötavoista ja soveltuvuuksista tietynlaisiin töihin, eikä tämän takia osaa pyytää työnjohtoa hankkimaan työmaalle työtä helpottavia välineitä. Työterveyslaitoksen *Rakennusalan ammattikohtaiset työpaikkaselvitykset (RATS)* mukaan monilla työmailla vallitsee yleinen asenne ja uskomus, että saatavilla olevat apulaitteet ovat kalliita, ne hidastavat merkittävästi työn suoritusta ja ettei niistä ole näihin haittoihin suhteutettuna riittävää hyötyä muurarin hyvinvoinnille.

Muurarin kouluttamisen lisäksi muuraustyötä ohjaavaa ja suunnittelevaa työnjohtoa tulisi ohjeistaa muuraustyön ergonomisista vaaratekijöistä sekä niiden ehkäisystä erilaisin työmenetelmin sekä apukonein. Ilman aiheen koulutusta työnjohto ei välttämättä tiedä työn haittavaikutuksista tai rasitukseen johtavista tekijöistä, jolloin työnjohdon voi olla hankala hankkia oikeanlaisia työvälineitä sekä järjestää oikeanlaista työtilaa kuhunkin muurattavaan kohteeseen soveltuvasti. Työnjohto voisi myös järjestää muuraustyöhön enemmän työntekijöitä tai vaikuttaa siihen, millä kokoonpanolla töitä tehdään. Työnjohtajat eivät välttämättä ymmärrä muuraustyön fyysisiä haittoja ilman tarkempaa aiheen koulutusta tai omaa käytännön kokemusta muuraamisesta, jolloin muurareiden huolenaiheita ei välttämättä osata ottaa tosissaan (Hess et al. 2010; Hess et al. 2020).

Muurattujen rakenteiden asennustavalle sopiva valinta sekä niiden sijoitus rakennuksessa vaikuttavat merkittävästi muuraustyön toteuttamisen vaativuuteen ja tätä kautta muurareiden kokemaan fyysiseen rasitukseen. Arkkitehdeillä ja suunnittelijoilla on suuri vaikutus muurareiden työn rasittavuuteen päättäessään rakennuksen yksityiskohdista. Esimerkiksi valitut materiaalikoot vaikuttavat muuraustyön rasittavuuteen, kun harkkojen ja tiilien moduulimitoituksella voidaan vähentää tai kokonaisuudessaan poistaa muurausmateriaalin leikkauksia. Tällöin muuraus helpottuu ja muurari säästyy erilliseltä leikkaustyöltä, joka aiheuttaa merkittäviä ergonomisia rasituksia (Petrov et al. 2016).

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli tutkia muuraustyön ergonomiaa ja mahdollisia tapoja sen parantamiseen. Tutkimukseni pääkysymyksenä oli ”Miten muuraustyön ergonomiaa voidaan parantaa?”. Alakysymyksinä tutkimuksessa oli, mihin muurattuja rakenteita käytetään ja mitä ergonomisia ongelmia muuraustyössä esiintyy?

Muurattuja rakenteita käytetään hyvien ominaisuuksien, kuten palon- ja kosteudenkestävyyden vuoksi. Muurauskappaleet ovat kuitenkin raskaita ja muuraustyössä tehdään paljon toistuvia liikkeitä. Tämän suurten kuormien, hankalien asentojen ja lukuisien toistojen yhdistelmän vuoksi muurareilla on useimpia muita ammatteja suurempi riski ergonomisten vammojen syntymiselle.

Ergonomiaan voidaan parantaa käyttämällä ergonomiaystävällisempiä rakennusmateriaaleja, terveellisempiä työtapoja sekä erilaisia apuvälineitä, kuten ergonomisempia työkaluja tai nostolaitteita. Muuraustyön ergonomian parantamiseksi on myös tärkeää kouluttaa muurareita sekä työnjohtoa huonon ergonomian vaaroista ja sen erilaisista parannuskeinoista.

Suurin kannustin ergonomisia ongelmia vähentävien apuvälineiden ja menetelmien käyttöönottoon on kuitenkin niiden tuoma taloudellinen hyöty. Urakoitsijat haluavat työstä mahdollisimman tehokasta ja nopeaa, jolloin ergonomiaa parantavien tuotteiden tulisi olla myös työtä tehostavia tai taloudellisesti hyödyllisiä, jotta niitä otettaisiin käyttöön (Enzel et al. 2007; Hess et al. 2010).

Muuraustyön ergonomiasta ja sen parantamisen keinoista on tehty paljon tutkimusta, mutta tutkimuksissa on keskitytty enimmäkseen tietyn menetelmän tai tuotteen ergonomisiin hyötyihin, eikä tuotteiden vaikutuksista työn tehokkuuteen tai kustannuksiin ole saatavilla juurikaan tutkimusaineistoa. Muuraustyön ergonomiaa parantavia keinoja voitaisiin saada paremmin käyttöön tekemällä ja julkaisemalla tutkimuksia, jotka näyttäisivät myös keinojen taloudelliset hyödyt, jolloin urakoitsijoilla olisi suurempi kannustin ottaa niitä käyttöön. Pelkät aiheen tutkimukset eivät välttämättä vielä sinänsä auta, vaan yritysten käyttöön pitäisi niiden perusteella tehdä valmiita laskentapohjia eri muuraustavoille ja apuvälineille. Näihin laskentapohjiin voitaisiin liittää myös oleellisimpia tietoja työtapojen rasituksista ja ergonomiaa parantavia ohjeita, jolloin en tulisivat paremmin niiden käyttäjien huomioon.

Rakennusala on hyvin hajautettu teollisuudenala, joka koostuu lukuisista eri kokoisista toimijoista ja useimmat työt teetetään pienillä aliuurakoitsijoilla. Tämän vuoksi opitut ja

käyttöön otetut tavat ja tekniikat saattavat helposti pysyä pienen joukon tiedossa ja uusien innovaatioiden käyttöönotto koko alan laajuisesti voi viedä pitkän aikaa (Hess et al. 2010).

Työssä käytetyt lähteet ovat yleisesti luotettavaa tasoa. Käytetyt tutkimukset ovat vertaisarvioituja ja edustavat keskenään samaa linjaa. Myös käytetyt RT-kortiston tiedot ovat hyvänlaatuisia ja rakennusalalla yleisesti käytössä. Osa lähteistä on kuitenkin jo vanhoja, joten esimerkiksi alan käytäntöjä kuvaavat lähteet saattavat erota hieman nykypäivän käytännöistä. Tarkemmat luvut esimerkiksi ergonomisten vammojen esiintymisestä voivat olla jo vanhentuneita, sillä niiden lähteinä käytetyissä tutkimuksissakin ne ovat usein viitattuja jostain vielä vanhemmasta kirjallisuudesta. Työssä käytettiin myös kaupallisia lähteitä, jotka eivät välttämättä anna täysin puolueetonta kuvaa tuotteista tai niiden käyttökohteista.

Erityisesti muuraustyön käytännön kuvaamisesta oli hyvin niukasti lähteitä saatavilla, jolloin jouduttiin yhdistelemään kuvattu kokonaisuus monissa eri lähteissä olleista lyhyistä kuvauksista.

6. LÄHTEET

Batson, R. 2012. Masonry construction: Recognizing & controlling ergonomic hazards. *Professional Safety*, Vol. 57, no 9 s. 44–49. Saatavissa: [https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_onepetro_primary ASSE 12 09 44](https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_onepetro_primary_ASSE_12_09_44)

CPWR Solutions (i.a-a): Lightweight Concrete Block, Haettu 24.5.2022. Saatavissa: <https://www.cpwrcolutionsolutions.org/masonry/solution/48/lightweight-concrete-block.html>

CPRW Solutions (i.a-b): Mast Climbing Work Platform, Haettu 24.5.2022. Saatavissa: <https://www.cpwrcolutionsolutions.org/masonry/solution/25/mast-climbing-work-platform.html>

CPWR Solutions (i.a-c): Upper Limb Exoskeletons, Haettu 27.5.2022. Saatavissa: <https://www.cpwrcolutionsolutions.org/masonry/solution/1010/upper-limb-exoskeletons.html>

Dianat, I. Nedaei, M. Mostashar Nezami, M. 2015. The effects of tool handle shape on hand performance, usability and discomfort using masons' trowels. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.45, s.13–20, Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_proquest_miscellaneous_1660395525

Enshassi, A. Mohamed, S. Mayer, P. Abed, K. 2007 Benchmarking masonry productivity. *International journal of productivity and performance management*, Vol.56, p.358-368. Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_proquest_journals_218374903

Entzel, P. Albers, J. Welch, L. 2007. Best practices for preventing musculoskeletal disorders in masonry: Stakeholder perspectives. *Applied ergonomics*, Vol.38, s.557-566. Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_proquest_miscellaneous_70571258

Faber, G. S. Kingma, I. Kuijjer, P. P. F. van der Molen, H. F. Hoozemans, M. J. M. M. Frings-Dresen, H. W. van Dieen J. H. 2009 Working height, block mass and one- vs. two-handed block handling: the contribution to low back and shoulder loading during masonry work. *Ergonomics*, Vol. 52, s. 1104–1118. Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_proquest_journals_208918963

Hess, J. Kincl, L. Weeks, D. Vaughan, A. Anton, D. 2020. Safety Voice for Ergonomics (SAVE): Evaluation of a masonry apprenticeship training program, *Applied Ergonomics*, Vol. 86, s.103083. Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_pubmed_primary_32342883

Hess, J. Mizner, A. R. Kincl, L. Anton, D. 2012. Alternatives to lifting concrete masonry blocks onto rebar: biomechanical and perceptual evaluations, *Ergonomics*, Vol.55, s.1229–1242. Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_proquest_miscellaneous_1268656167

Hess, J. Weinstein, M. Welch, L. 2010. Ergonomic Best Practices in Masonry: Regional Differences, Benefits, Barriers, and Recommendations for Dissemination. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol 7, s. 446–455. Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdv/cdi_proquest_miscellaneous_888106769

Hilti EXO-O1 (i.a) YLÄVARTALON EKSOSKELETON, Haettu 27.5.2022, Saatavissa: https://www.hilti.fi/c/CLS_EXOSKELETON_HUMAN_AUGMENTATION/CLS_UPPERBODY_EXOSKELETON/CLS_SUB_UPPERBODY_EXOSKELETON/r11987306#nav%2Fclose

Kivitaloinfo. Harkot. Haettu 7.11.2021. Saatavilla: <https://kivitaloinfo.fi/harkot/>

Kivitalo. Muuratut julkisivut. Haettu 29.5.2022. Saatavilla: <https://www.kivitalo.fi/muuratut-rakenteet/muuratut-julkisivut/>

Welch, L. Anton, D. Hess, J. Mizner, R. Weinstein, M. Masonry Ergonomics Best Practices (Completed – 2004–2009) Saatavissa: <https://www.cpw.com/research/completed-research/masonry-ergonomics-best-practices-completed-2004-2009/>

Moraski, P. 2009. Two-Mason Lift Technique. *Electronic Library of Construction Occupational Safety & Health*, Saatavissa: <https://elcosh.org/index.php?module=Record&id=1362&preview=1>

Petrow, S. Kaskiaro, T. 2016 – Harkkokäsikirja, Betoniteollisuus, Saatavissa: https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/04/harkkokasikirja_2016-sisallysluettelolla.pdf

Koski, H. 2011 RATU KI-6020. Rakentamisen tuotantotekniikka. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/Ratu%20KI-6020>

RT 103281, 2020. Poltetut tiilet. Saatavissa: https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%20103281?external_system=Juha&page=1

RT 103282, 2020. Tiilirakenteet. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%20103282?page=1>

RT 103283, 2020. Kalkkihiekkatiilet ja -harkot. Saatavissa: https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%20103283?external_system=Juha&page=1

RT 35-10834, 2004. Kevytsoraharkot. Saatavissa: https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2035-10834?external_system=Juha&page=1

RT 35-10835, 2004. Karkaistut kevytbetoniharkot. Saatavissa: <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2035-10835>

RT 35-10844, 2005. Betoniharkot. Saatavissa: https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/kortit/RT%2035-10844?external_system=Juha&page=1

RT 38406, 2013. Kahi-kalkkihiekkatiilet ja -harkot SAINT-GOBAIN WEBER OY AB. Saatavissa: <http://kivitalo.asiakkaat.sigmatic.fi/core/wp-content/images/2012/06/kahi-rt-kortti.pdf>

Talotekniikkainfo 2021. 9.7 Kuilun palonkestävyys, Haettu 29.5.2022. Saatavissa: <https://talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/97-kuilun-palon-kestavyys>

Thierry, R. 1996. Ergonomic trowel used in masonry field. Patentti, Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_epo_space-net_FR2723391A1

Tiili-info. Tiili materiaalina. Haettu 7.11.2021. Saatavissa: <https://www.tiili-info.fi/tiili-materiaalina/>

Työterveyslaitos, Rakennusalan ammattikohtaiset työpaikkaselvitykset (RATS), Muurari, Haettu 14.11.2021. Saatavissa: <https://www.ttl.fi/rakennusalan-ammattikohtaiset-tyopaikkaselvitykset-rats/muurari/>

Torikka, R. 2015, Ammattimuurareista pian huutava pula – nuoria ei ala kiinnosta. *Yle Uutiset*, Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-7754987>

Van Der Molen, H. F. Kuijjer, P. P. F. M. Hopmans, P. P. W. Houweling, A. G. Faber, G. S. Hoozemans, M. J. M. Frings-Dresen, M. H. W. 2008. Effect of block weight on work demands and physical workload during masonry work. *Ergonomics* Vol 51, s. 355–366. Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_crossref_primary_10_1080_00140130701571792

Walter, L. 2010. Researchers Identify Incentives, Barriers to Best Practices in Ergonomics for Masonry Contractors. *EHS Today*, Saatavissa: https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/176jdvt/cdi_proquest_reports_742641572

Wienerberger. 2022. Tiilen historia. Saatavissa: <https://www.wienerberger.fi/inspiroidu-tiilesta/tiili-materiaalina/Tiilen-historia.html>