

Luonnonkivipintaisten betonielementtien suunnitteluohje

Ella Keinänen

OPINNÄYTETYÖ

Kesäkuu 2023

Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

KEINÄNEN, ELLA:
Luonnonkivipintaisten betonielementtien suunnitteluohje

Opinnäytetyö 72 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Kesäkuu 2023

Ilmastonmuutoksen myötä rakennusmateriaalien ekologisuus ja kotimaisuus ovat nousseet tärkeiksi. Luonnonkivi on ekologinen, kestävä, kierrätettävissä ja sen hiilijalanjälki on matala. Yhteneväistä, standardisoitua ohjeistusta luonnonkivipintaisten betonielementtien valmistamiseen ei nykyisin ole. Olemassa oleva, suunnittelua ohjeistava aineisto on osittain vanhentunutta. Suurin osa nykyaikaisesta tiedosta on alan ammattilaisten tiedossa. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on vastata tähän tarpeeseen ja mahdollistaa ensimmäinen askel kohti yhteneväisen standardin laadintaa.

Tämän suunnitteluohjeen on tilannut ja se on toteutettu yhteistyössä Stonegroup Finland Oy:n kanssa. Suunnitteluohje perustuu niin elementtivalmistajien kuin Stonegroup Finland Oy:n laajaan kokemukseräiseen asiantuntijuuteen luonnonkivipintaisten betonielementtien valmistuksesta. Haastatteluista saatu tieto on yhdistetty olemassa olevaan, tarkastettuun ja päivitettyyn informaatioon.

Tuloksena syntyi laaja ja kattava suunnitteluopas. Ohje vastaa luonnonkivipintaisten betonielementtien suunnittelun oleellisiin kysymyksiin. Kivilajia, laatan muotoa ja pintakäsittelyä, ladontatapoja sekä kiinnitysmenetelmää vaihtamalla, on mahdollista toteuttaa keskenään hyvinkin erilaisia julkisivupintoja. Ohjeistus antaa suunnittelijalle valmiudet toimivan, turvallisen ja kestävä luonnonkivijulkisivun suunnitteluun.

Asiasanat: luonnonkivi, liuskekivi, julkisivu, betonielementti

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme of Construction Architecture

KEINÄNEN ELLA:

Design Instruction for Natural Stone-Coated Concrete Elements

Bachelor's thesis 72 pages, appendices 6 pages
June 2023

Natural stone-coated concrete element facades are rising in popularity and designers have no updated instructions. Most of the knowledge is held by professionals in concrete element fields and by natural stone producers. Previously written design instructions date back to the 1980s and are partially outdated. There was a demand for updated design instruction.

This thesis aimed to create updated design instruction for designers and professionals. It also aimed to change old-fashioned opinions about stone as an expensive and difficult facade material. It strives to promote the creation of uniform standard for stone-covered concrete elements.

This thesis was commissioned and done in collaboration with Stonegroup Finland Oy. Information was gathered by exploring literature and interviewing representatives of Stonegroup Finland Oy and concrete element manufacturers. Most of the empirical experience the professionals had was congruent.

As a result, extensive design instruction was formed. This instruction answers three main questions: How to choose the right stone for natural stone-coated facades? What steps does designing natural stone facades require? What different methods are there to implant stone tiles into concrete elements?

Using domestic materials is widely encouraged to move towards a carbon-neutral society. We may see a notable rise in the use of natural stone by 2025 when the new Finnish building law is deployed. It will be required to provide carbon footprint calculations for buildings' entire life cycles. This would indicate a rise in this design instruction's usability. Natural stone has a low carbon footprint and near eternal life cycle.

Keywords: natural stone, slate stone, facade, concrete element

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	LUONNONKIVEN KÄYTTÖ JULKISIVUISSA.....	9
	2.1 Luonnonkiven käyttö rakennusmateriaalina	9
	2.1.1 Luonnonkivijulkisivujen rakenteellinen kehitys.....	11
	2.2 Luonnonkiven ominaisuudet	12
	2.3 Julkisivukiven vaatimukset	13
	2.4 Kiven valintaperusteet.....	13
3	ULKOVERHOUKSEEN SOVELTUVAT KIVILAJIT	16
	3.1 Graniitit.....	16
	3.2 Liuskekivet	17
	3.2.1 Liuskekivien väritys.....	18
	3.2.2 Kotimaiset liuskekivet	19
	3.2.3 Ulkomaiset liuskekivet	20
	3.3 Kiven pintakäsittelyt	22
	3.3.1 Kiillotettu kivipinta	22
	3.3.2 Hiottu kivipinta	23
	3.3.3 Hakattu kivipinta	23
	3.3.4 Sahattu kivipinta	24
	3.3.5 Poltettu kivipinta	24
	3.3.6 Lohkottu kivipinta.....	25
	3.3.7 Hiekkapuhallettu kivipinta	26
4	TERÄSBETONIELEMENTTIJULKISIVUN PINTAVAIHTOEHDOT.....	27
	4.1 Teräsbetonielementin mitoitus yleensä	27
	4.2 Sandwich-elementin mitoitus	27
	4.3 Kuorielementin mitoitus.....	28
	4.4 Luonnonkivilaatta betonielementtijulkisivun pintamateriaalina	28
	4.5 Tiililaatta betonielementtijulkisivun pintamateriaalina	29
	4.6 Keraaminen laatta betonielementtijulkisivun pintamateriaalina	30
	4.7 Pesubetoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina	30
	4.8 Graafinen betoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina.....	31
	4.9 Maalaus betonielementtijulkisivun pintakäsittelynä	32
	4.10 Mosaiikkibetoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina	33
	4.11 Muotobetoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina	33
5	LUONNONKIVIPINTAISTEN BETONIELEMENTTIEN SUUNNITTELU	35
	5.1 Luonnonkivilaatan koon määrittäminen	35

5.2	Malliladonta	35
5.3	Vapaamuotoisen kiven ladonta	36
5.4	Määrämittaisen kiven ladonta	38
5.5	Kiviladonnan sovitus moduulimitoitukseen	41
5.6	Saumojen suunnittelu.....	43
5.7	Luonnonkiviverhoillun elementin ikkuna- ja oviaukkojen pielen suunnittelu.....	48
5.8	Luonnonkiviverhoillun elementin ulkokulmien suunnittelu	51
6	LUONNONKIVIVERHOUKSEN ASENNUS BETONIELEMENTTEIHIN	53
6.1	Luonnonkiviverhouksen asentaminen elementtiin tehtaalla	53
6.2	Paikan päällä asentaminen	54
6.2.1	Leafstones®-kiinnitysjärjestelmät	55
6.2.2	Cupaclad® Vanguard 201-kiinnitysjärjestelmä	55
6.3	Kivilaatan tartunnan parantaminen.....	56
6.4	Erytishuomioita suunnittelijalle	58
7	KUSTANNUKSET	60
8	POHDINTA	61
	LÄHTEET.....	63
	LIITTEET	66
	Liite 1. Ladontamalli moduulimitoitettulle, Bernardos-kivilaatalle.	66
	Liite 2. Rakennedetalji 01.....	67
	Liite 3. Rakennedetalji 02.....	68
	Liite 4. Rakennedetalji 03.....	69
	Liite 5. Rakennedetalji 04.....	70
	Liite 5. Rakennedetalji 05.....	71
	Liite 6. Hintataulukko.....	72

ERITYISSANASTO

BES-järjestelmä	Elementtirakentamiseen kehitetty järjestelmä. Kantavina rakenteina toimivat väli- ja päätyseinät sekä välipohjat.
Betonin suoja- huokoistus	Betonimassaan lisättävä aine, joka muodostaa massaan lisähuokosia. Huokosten tehtävä on mahdollistaa veden laajeneminen jäätyessään.
Diffuusio	Ilmiö, jossa molekyylit siirtyvät väkeväm- mästä pitoisuudesta laimeampaan tasapai- nottaen pitoisuuserot.
Fysikaalinen rapautuminen	Fysikaalisista tekijöistä johtuvaa rapautu- mista eli kallion tai kiven murenemistä. Fy- sikaalisia tekijöitä ovat esimerkiksi aurin- gonvalo, lämpötila ja värinä.
Kantamoduuli	Moduulimitoituksen perusmoduuli, M, Suo- messa 100 mm.
Kemiallinen rapautuminen	Kemiallisista tekijöistä johtuvaa rapautu- mista eli kiven tai kallion murenemistä. Esi- merkiksi hapettuminen ja karbonatisoitumi- nen.
Kuorielementti	Rakennuksen ulkoseinärakenne, joka kiin- nitetään runkoon. Kuorielementin ja rungon väliin jää ilmarako.
Liikuntasauva	Rakennusosien väliin jäävä elastinen sauva, joka katkaisee rakenteiden väräh- telyn ja rasitusten siirtymisen osasta toi- seen sekä mahdollistaa sauman molem- min puolin rakenteiden liikkeet.
Luonnonkivi	Rakentamisessa käytetty kivi, jota hanki- taan luonnosta.

Moduulimitoitus	Suunnittelussa apuna käytettävä mitoitusjärjestelmä, joka mahdollistaa esivalmistettujen rakennusosien yhteensovittamisen asennettaessa. Moduulimitoituksessa käytetään kantamoduulia ja sen kerrannaisia 3M, 6M, 9M ja 12M. Suurissa mitoissa käytetään 12M kerrannaisia 24M, 36M, 48M, jne.
Mohsin kovuusasteikko	Mineraalien naarmutuskestävyyteen perustuva mittajärjestelmä.
Määrämittainen kivi	Kivilaatta, jonka mitat on suunniteltu ja mitoitettu tarkoiksi.
Puskusauma	Kaksi vierekkäistä kivilaattaa asetetaan tiivistä toisiaan vasten niin, ettei niiden väliä saumata.
Rasteri	Elementtivalmistuksessa käytettävä muotti, joka asetetaan elementtimuotin pohjaan. Rasterin käytöllä nopeutetaan tiililaattojen tai klinkkereiden ladontaa ja saumausta.
Syväkivilaji	Maan kuorikerroksessa muodostunut, sulaneesta kivimassasta kiteytynyt kivi.
Vapaamuotoinen kivi	Luonnonkivilaatta, jonka mitoitus on vapaa ja jokainen laatta keskenään erikokoinen.

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen myötä rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen ja kotimaisuuden merkitys rakennusmateriaalien valinnassa kasvaa. Kotimaisuus, kestävyys ja uudelleenkäytettävyys tekevät luonnonkivestä ekologisen ja suositaan kasvattavan valinnan julkisivumateriaaliksi.

Olemassa olevat luonnonkivipintaisten betonielementtien suunnitteluohjeet perustuvat 1980-luvulla julkaistuun, osittain vanhentuneeseen tietoon. Yhteneväistä, standardisoitua ohjeistusta luonnonkivipintaisten betonielementtien valmistamiseen ei tällä hetkellä ole, jolla varmistettaisiin hyvä laadunhallinta, jota elementtirakentaminen erityisesti edellyttää. Suunnittelijoiden opastus perustuu suurilta osin vain kivialan ammattilaisten, jälleenmyyjien ja betonielementtivalmistajien kokemuksiin. Luonnonkiven käyttö betonielementeissä mielletään haastavaksi ja hintavaksi julkisivukäsittelyksi, vaikka näin ei aina ole. Opinnäytetyön tavoitteena on koota tieto kattavaksi ohjeeksi, korjata mahdollisia oletuksia, helpottaa suunnittelijan työtä ja ottaa ensimmäinen askel kohti yhteneväisen standardin laatimista.

Opinnäytetyössä pyritään selvittämään vastaukset suunnittelijan kannalta oleellisiin kysymyksiin. Miten valita oikeanlainen kivilaji julkisivumateriaaliksi? Mitä suunnitteluvaiheita luonnonkivipintaisten betonielementtien suunnitteluun sisältyy? Miten luonnonkiviladonta sovitetaan moduulimitoitettuun betonielementtiin? Miten eri tavoin luonnonkivilaatta voidaan kiinnittää betonielementtiin? Vastauksiin on tarkoitus koota kattavasti alan eri ammattilasten näkökulmia, kokemuksia ja tietoa parhaan mahdollisen luonnonkivipintaisten elementtien suunnittelemiseksi.

Tämän opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Stonegroup Finland Oy:n kanssa. Stonegroup Finland Oy tarjoaa luonnonkiven asiantuntijuutta sekä louhii, maahantuo ja myy luonnonkiveä Suomessa. Yrityksenä he näkevät rakentamisen elinkaaren ja mahdollisimman alhaisen hiilijalanjäljen merkityksellisyyden. Opinnäytetyön tarkoituksena on edistää luonnonkivialan kehitystä ja tukea yrityksen visiota kivialan näkemyksellisenä uudistajana.

2 LUONNONKIVEN KÄYTTÖ JULKISIVUISSA

2.1 Luonnonkiven käyttö rakennusmateriaalina

Luonnonkivi on ollut suosittu rakennusmateriaali kautta historian. Kestävyytensä vuoksi luonnonkivi on usein valittu kaikkein tärkeimpien rakennusten materiaaliksi. Sitä käyttämällä on kunnioitettu niin vainajien lepotiloja kuin rakennettu erilaisia uskonnollisia keskuksiakin. Suurin osa näistä kivisistä monumenteista ja rakennelmista on säilynyt tähän päivään asti. Esimerkiksi Egyptin pyramidit, Iso-Britannian Stonehenge, Inkojen kivirakennelmat Perussa sekä antiikin Kreikan ja Rooman temppelit ovat osoituksia luonnonkiven kestävydestä. (Mesimäki 2006, 5.)

Suomessa luonnonkivestä tehtyjä rakennuksia on suhteellisen vähän. Metsävaltaisena maana puurakentaminen on ollut vallitseva rakennustapa, eikä kiveä ole käytetty laaja-alaisesti Suomessa. Kiven muokkaus on edellyttänyt ulkomailta tuotua tietämystä, joten säilyneet kivirakennukset ovat kaikki merkittäviä, joko kirkkoja ja monumentteja tai linnoja ja puolustusrakennelmia. (Mesimäki 2006, 5.)

1800-luvulla kivi vakiinnutti paikkansa rakennusten kivijaloissa, jalustamuureissa ja katukiveyksissä. Suomessa 1800–1900-lukujen taitteessa vaikuttanut kansallisuusaate linkittyi läheisesti jugendtyyliin, jolle oli ominaista erilaiset luontoaiheet sekä paikallisten materiaalien käyttö. Erityisesti kotimainen graniitti julkisivumateriaalina kasvatti suosiotaan. Sen muokkaus on kuitenkin edellyttänyt ulkomailta haettua tietämystä. Pohjois-Amerikasta saadut square rubble -ladontatyylin sekä epäsäännöllisen, rosoisen kivipinnan vaikutteet näkyvät esimerkiksi Tampereen tuomiokirkon julkisivussa. (Mesimäki & Harmaajärvi 1989, 13.)

1920-luvulla uusklassismin sekä 1930-luvun funktionalismin myötä luonnonkiven käyttö julkisivuissa vähentyi. Rakennuksissa pyrittiin pelkistämiseen sekä taloudellisuuteen. Luonnonkivi nähtiin arvokkaana rakennusmateriaalina, ja taloudellisen niukkuuden myötä sen käyttö jäi vähemmälle. 1940-luvulle tultaessa luon-

nonkiven käyttö julkisivuissa yleistyi uudelleen. Liuskekiveä käytettiin rakennusten koristeluaiheissa: sisäänkäyntien yhteydessä ja sokkeliverhouksissa (KUVA 1). 1980-luvulla luonnonkiven käyttö kasvoi runsaasti liike- ja toimistorakennusten lisääntymisen myötä. Nykyään luonnonkiveä käytetään monipuolisesti niin katu- ja reunakiveyksissä, päällysteissä, ulkoportaissa, aidoissa, muureissa, julkisivu- ja sokkeliverhouksissa. (Mesimäki 2002, 6.)



KUVA 1. Vapaamuotoinen luonnonkivilaattaverhoilu 1950-luvun kerrostalon sisäänkäynnin yhteydessä ja sokkeliverhouksessa. (Keinänen 2023.)

Luonnonkiven merkitys rakennusmateriaalina on noussut ajankohtaiseksi ilmastomuutoksen sekä kestävän kehityksen myötä. Kotimaisuus, kestävyys ja kiertettävyys tekevät luonnonkivestä ekologisen valinnan. Vuonna 2025 voimaan tulevan uuden rakennuslain myötä uudisrakennuksista vaaditaan hiilijalanjälkilaskelmat, jossa selvitetään rakennuksen koko elinkaaren aikana tapahtuvat ilmastovaikutukset. Tämä korostaa rakennusmateriaalien valinnan sekä niiden tuotanto- ja kuljetusvaikutusten merkitystä. Monia kivilajeja löytyy kotimaisina, jolloin sen kuljetuksen hiilijalanjälki pysyy alhaisena. (Mesimäki 1994, 19; Mesimäki 2002, 6–7; Maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistuksen ilmastovaikutusten arviointi 2021, 30.)

2.1.1 Luonnonkivijulkisivujen rakenteellinen kehitys

Luonnonkiviset julkisivut on toteutettu vuosisatojen ajan latomalla ja muuraamalla noin 300–400 mm levyisiä kivikappaleita. 1800–1900-lukujen taitteessa luonnonkivipintaiset julkisivut toteutettiin massiivisena julkisivuverhouksena, jolloin luonnonkivipinnan paksuus oli noin 100 mm. Kiinnitys toteutettiin pääosin pronssiankkurein sekä ankkurikivin. Alimmissa kerroksissa luonnonkivijulkisivut toteutettiin pääosin muuraamalla. 1900-luvun alun betonirunkoisissa rakennuksissa luonnonkivijulkisivu kehittyi itsekantavaksi kuorimuuriksi. Kuorimuuuri kiinnitettiin runkoon terässiteillä. Tämä mahdollisti julkisivukivien ohenemisen. Muuraamalla tehdyt kivilaattaverhoukset todettiin kuitenkin epävarmoiksi. Rakenteiden kosteustekninen toiminta oli heikkoa ja kivilaatat irtosivat usein. (Mesimäki & Harmaajärvi 1989, 13; Mesimäki 2006, 2.)

Betonielementtien kehitys Suomessa alkoi 1940–50-lukujen vaihteessa jälleenrakennustarpeiden myötä. 1950-luvulla kerros- ja rivitaloja pääosin kaupunkeihin. Tuolloin betonirakentaminen oli hyvin kokeellisella tasolla. Rakennusten sokkeleihin kiinnitettiin usein liuskekiveä. Luonnonkivipintaiset julkisivut toteutettiin ohuina, tuuletettuina rakenteina. (Elementtirakentamisen historia 2020; Mesimäki 1994, 2.)

Elementtirakentaminen todettiin hyvin tehokkaaksi ja taloudelliseksi rakennustavaksi. 1960–70-lukujen muuttovirran mukana elementtituotanto ja -kehitys kasvoivat räjähdysmäisesti. Erityisesti valutekniikka parani. Ensimmäiset sandwich-elementit syntyivät tänä aikana. BES-järjestelmä sai alkunsa 1970-luvun alussa standardisoiden betonielementit ja niiden liitosdetaljit. Tällä tavoin valmisosia voitiin tilata useilta toimittajilta. Julkisivuihin jätettiin usein näkyville elementtien väliset liikuntasaumot. Rakennuksia rahoittivat usein erilaiset rahoitusjärjestelmät, pankit ja rakennuttajayhteisöt, jotka halusivat minimoida rakennusten kustannukset ja maksimoida voitot. Ajalle onkin tyypillistä hyvin yksinkertaiset, muutamalla elementtityypillä tehdyt, karut julkisivut. (Elementtirakentamisen historia 2020.)

1980-luvulla luonnonkivilaattapintaiset julkisivut yleistyivät uudelleen. Kivilaatat kiinnitettiin erillisten mekaanisten kiinnikkeiden avulla. Kivilaattojen kiinnitys tapahtui kivilaattaan upotettujen tappien välityksellä. Tapilliset kivilaatat upotettiin

erilliseen kiinnikeulokkeeseen, joka ankkuroitiin betonirunkoon valun aikana. Laatat kannateltiin myös vaakasuunnasta. Kiveltä vaadittiin paksuutta, jotta tappeja varten poratut urat eivät halkaisseet kiveä. Tuulettuva rakenne toteutettiin joko uritetulla eristellä tai hiekalla. Kuivaa hiekkaa levitettiin kivilaattojen ja betonikuoren valun väliin. Valun kuivuttua hiekka poistettiin ja muodostui yhtenäinen ilmarako kiviverhouksen taakse. 1990-luvulla luonnonkiven käyttö julkisivuissa väheni. 80-luvun järeät kiinnikkeet olivat epätaloudellisia vaikkakin toimivia. (Mesimäki & Harmaajärvi 1989, 73–74; Mesimäki 2006, 3.)

2000-luvulla kehitystyön tuloksena kivilaatat ovat ohentuneet ja kiinnitysjärjestelmät keventyneet. Tarjolla on useita erilaisia kustannustehokkaita kiinnitysvaihtoehtoja niin erilaisille seinärakenteille kuin kivilajeillekin. Kiskokiinnitysjärjestelmät ja kivilaattapintaisten elementit ovat laajalti kehittyneitä ja tutkittuja. Esituotanto pystytään viemään pitkälle. Näin työmailla tehtävän työn määrä on vähentynyt ja rakentaminen on entistä nopeampaa ja taloudellista. Kivilaattapintaisten julkisivujen kehitys jatkuu edelleen ja kehitteillä on menetelmiä, joilla kiven tartuntaa ja kustannustehokkuutta voidaan edelleen parantaa. (Mesimäki 2006, 3.)

2.2 Luonnonkiven ominaisuudet

Luonnonkiven ominaisuudet vaihtelevat kivimateriaalin mukaan. Esimerkiksi kiven mineraalien väri, raekoko, muoto sekä rakenne vaikuttavat kiven ulkonäköön. Luonnonkiven tärkeimmät valintaperusteet ovat ulkonäkö ja sen fysikaalinen soveltuvuus kohteeseen. Kivi on materiaalina orgaaninen sekä uniikki, sillä voidaan muodostaa hyvin eläväisiä, luonnollisia pintoja, joilla on erinomainen sään- ja kulutuksenkestävyys. Se on myös palamaton materiaali. Luonnonkivijulkisivu ei tarvitse erillistä sokkeliverhousa, vaan kivijulkisivu voidaan viedä maan alle erillisen sokkeliverhouksen tavoin. Tällöin saadaan yhtenäinen ilme julkisivulle. (Mesimäki 1994, 41; Stonegroup Finland Oy 2023.)

Luonnonkivi on kestävä ja luja, mikä tekee siitä monipuolisen rakennusmateriaalin. Luonnonkiven elinkaari on käytännössä ikuinen. Rakennuksista purettavat kivet voidaan kierrättää uusiokäyttöön, mikä pienentää kiven elinkaaren aikana muodostuvaa kokonaishiilijalanjälkeä. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

2.3 Julkisivukiven vaatimukset

Julkisivuun soveltuvan soveltuvaa luonnonkiven valintaa ohjaavat lait, säädökset, standardit sekä ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMK) lait koskevat myös julkisivuissa käytettyjä luonnonkiviä. Kiviteollisuusliitto ry on julkaissut luonnonkiven laatuluokituksen, joka helpottaa kivien valintaa luokittelemalla kivet väri- ja värinvaihtelun, sään- ja kulutuskestävyyden sekä saatavuuden mukaan. RunkoRYL 2010:ssä on määritelty luonnonkiven yleiset laatuvaatimukset ja ohjeistus julkisivun laadukkaasta työtavasta. RunkoRYL 2010:n mukaan kivituohteissa ei saa olla halkeamia, koloja, murtumia, rapautumia, irrallisia fossiileja tai ulkonäköä haittaavia, kivilajille ei poikkeamia. Työstäminen jälkeen niissä ei tule olla metallihiukkasia, -pölyä tai muita aineita. Lisäksi vaaditaan, että ulkona käytettävät kivilajit ovat säänkestäviä. Muita epävirallisia ohjeita, normeja, tyyppiratkaisuja ja valmiita detaljeja löytyy kivimateriaalivalmistajien, elementtituottajien ja viranomaisten ohjeista sekä käsikirjoista. (Mesimäki 1994, 41, 51.)

Luonnonkivituotteille on olemassa kahdeksan tuotestandardia, joihin kuuluvien tuotteiden tulee olla CE-merkittyjä. Harmonisoidut tuotestandardit pitävät sisällään erilaisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettujen luonnonkivien vaatimukset ja testausmenetelmät. CE-merkintä kertoo tuotteiden täyttävän yleiset eurooppalaisen standardointikomitean (CEN) standardit. CE-merkinnän myötä valmistaja tai valtuutettu edustaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset. Pelkkä CE-merkintä ei kuitenkaan tarkoita, että kyseinen kivi sopisi kaikkiin käyttötarkoituksiin, vaan suunnittelijan tulee aina selvittää luonnonkiven sopivuus käyttötarkoitukseen tapauskohtaisesti. (Selonen, Jauhiainen & Härmä 2018, 2–3.)

2.4 Kiven valintaperusteet

Luonnonkivet muodostavat niin ulkonäöltään kuin ominaisuuksiltaan laajan ryhmän. Niiden ominaisuuksiin vaikuttavat kiven mineraalikoostumus sekä rakenteelliset tekijät ja ominaisuudet vaihtelevat paljon kivilajeittain. Rakenteelliset tekijät sekä mineraalikoostumus vaikuttavat ulkonäön lisäksi kiven fysikaalisiin ominaisuuksiin, jotka ratkaisevat luonnonkiven sopivuuden käyttötarkoitukseensa.

Fysikaalisia ominaisuuksia ovat tiheys, vedenimukyky, puristuslujuus, taivutusvetolujuus, kimmomoduuli, kiven kovuus, lämpömuodonmuutokset, kosteusmuodonmuutokset, kulutuksenkestävyys sekä kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti. Eri kivilajien fysikaalisia ominaisuuksia testataan CE-standardin mukaisesti. (Mesimäki 1994, 42.)

Luonnonkiven fysikaaliset ominaisuudet määrittävät sen säänkestävyyden ja likaantuvuuden. Fysikaalisten ominaisuuksien avulla saadaan myös yleiskuva materiaalin teknisestä luonteesta, arvioidaan ja suunnitellaan kiven kiinnitys ja mitoitus. Tiheyttä käytetään kiven tiiveyden ja painon arviointiin ja laskemiseen. Vedenimukyky kertoo luonnonkiven likaantumistaipumuksesta sekä märän pinnan mahdollisista värieroista. Puristuslujuus, taivutusvetolujuus sekä kimmomoduuli kertovat kiven käyttäytymisestä kantavissa rakenteissa, näiden avulla voidaan myös selvittää mahdollisia taipumia sekä painumia. Lämpö- ja kosteusmuodonmuutosten avulla voidaan arvioida kivessä tapahtuvia tilavuudenmuutoksia. Lämpömuodonmuutosten avulla voidaan arvioida rakenteissa tapahtuvia liikkeitä sekä liikuntasauvojen tarvetta. Kosteusmuodonmuutoksia tapahtuu luonnonkivissä pienissä määrin eikä sillä ole tyypillisesti vaikutusta kiveen. Kulutuskestävyyden perusteella voidaan arvioida sopiva pintakäsittely, mikäli valittu kivi joutuu suuren kulutuksen alaiseksi. (Mesimäki 1994, 42–44.)

Luonnonkiveä valittaessa kaksi tärkeintä valintaperustetta ovat yleensä ulkonäkö ja säänkestävyys. Sopimattoman kivilajin valinnasta voi seurata myöhemmin kivipinnan likaantumista ja värimuutoksia, kiillon heikkenemistä, kemiallista rapautumista ja haurastumista, fysikaalista rapautumista sekä kivilaatan käyristymistä. Ilmastonmuutoksen vuoksi soveltuvan kivilajin valinta on erittäin tärkeää. Se tulee tehdä huolellisesti, jotta saavutetaan yli 100 vuoden käyttöikä. Ulkonäön ja säänkestävyyden lisäksi suunnittelijan tulee huomioida valinnassa kestävän rakentamisen periaatteet, kivilajin helppohoitoisuus, uudelleen asennettavuus ja korjattavuus sekä kierrätettävyys (Mesimäki 1994, 45; Luonnonkiven hankintaopas 2018, 5).

Luonnonkivien värivalikoima kattaa lähes kaikki päävärit luonnonmukaisina sävyinä. Jokaisella kivilajilla on omat ominaisvärensä. Harvinaisia värisävyjä ovat

vain kirkkaan sininen ja keltainen. Koska pintakäsittelytapa vaikuttaa suuresti kivipinnan värin ja kuvioinnin syvyyteen, tulee soveltuva käsittely ottaa huomioon jo kivilajia valittaessa. Kaikki pintakäsittelytavat eivät sovellu kaikille kivilajeille. Ennen sopivan kivilajin valintaa tulee selvittää kivilajin saatavuus sekä toimitusaika. Mikäli suunniteltava kohde on suuri, tulee selvittää myös kivilajin tyypillinen värisävyjen vaihtelu. Betonielementtituotannossa kivet ladotaan muottiin taustapuoli ylöspäin, jolloin mahdollisten väri vaihteluiden huomioiminen on haastavaa. (Mesimäki 2002, 11; Mesimäki & Harmaa järvi 1989, 44.)

3 ULKOVERHOUKSEEN SOVELTUVAT KIVILAJIT

Kaksi eniten Suomessa julkisivuverhouksissa käytettyä luonnonkiviryhmää ovat graniitti ja liuskekivi. Kyseisten kivilajien suosio selittyy hyvillä fysikaalisilla ominaisuuksilla sekä kotimaisuudella. Luonnonkivien hyvä saatavuus tekee myös mahdollisista korjauksista helppoja. Muita suosittuja julkisivuverhouksien kivilajeja ovat olleet kalkkikivi sekä marmori. (Mesimäki & Harmaajärvi 1989, 38.)

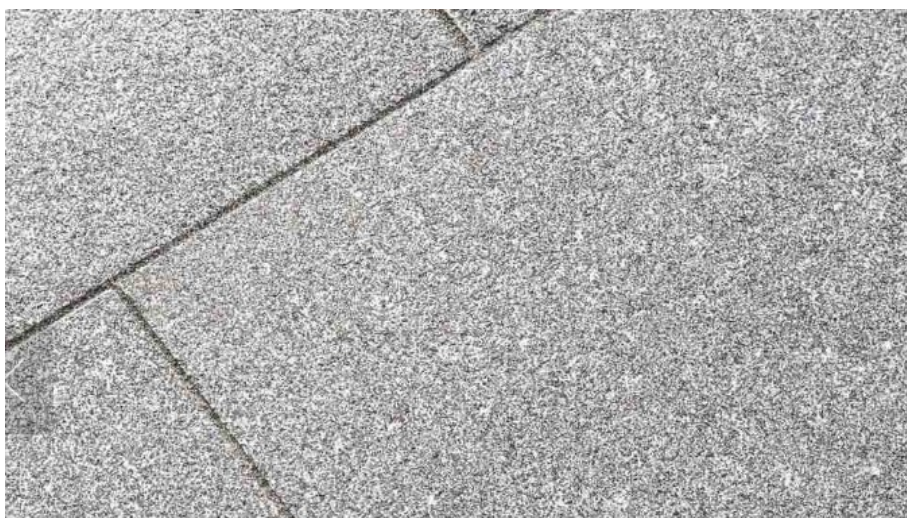
3.1 Graniitit

Graniitti on maailman yleisin ja käytetyin syväkivilaji. Laaja käytettävyys selittyy graniitin erinomaisilla fysikaalisilla ominaisuuksilla, säänkestävyydellä ja saatavuudella. Graniitti koostuu pääosin (50–100 %) kvartsista, kalimaasälvästä ja plagioklaasista, joista kalimaasälpä määrittää graniitin värisävyn. Kvartsi, kalimaasälpä ja plagioklaasi ovat Mohsin asteikolla mitattuna erittäin kovia mineraaleja. Graniittien mineraalirakenne koostuu epäsäännöllisistä rakeista, jotka on mahdollista erottaa paljain silmin kiven pinnasta. Epäsäännöllinen mineraalirakenne antaa graniitille tyypillisen pilkukkaan värityksen. Tyypillisiä värejä graniiteille ovat harmaa, punertava, ruskea tai vihertävä. (Mesimäki 1994, 36–37; Schröck 2021.)

Graniitteja louhitaan ympäri Suomea hyvän saatavuuden ansiosta. Vuonna 1994 graniitteja on louhittu vuosittain noin 80 000 m². Tärkeimmät graniitit ovat Kaakois- ja Lounais- Suomen punainen (KUVA 2) ja ruskea graniitti sekä Kurun ja Ristijärven harmaa graniitti (KUVA 3). (Mesimäki 1994, 39.)



KUVA 2. Taivassalon punainen graniitti. Poltettu pintakäsittely. (Stonegroup Finland Oy 2023.)



KUVA 3. Kurun harmaa graniitti, poltettu pintakäsittely. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

3.2 Liuskekivet

Liuskekiven fysikaaliset ominaisuudet ja erinomainen säänkestävyys tekevät siitä hyvän julkisivumateriaalin. Liuskekivet koostuvat pääosin kvartsista, illiitistä ja kloriitista sekä muista mineraaleista, joiden pitoisuudet ovat hyvin pienet. Liuskekivet ovat muodostuneet metamorfoosin myötä, jossa mineraalit altistuvat suurille lämpötilanvaihteluille sekä korkealle paineelle. Metamorfoosin myötä kiveen muodostuu kerroksellisuutta, jonka seurauksena metamorfoosinen kivi on usein liuskeinen. (Mesimäki 1994, 35, 38; Brozinski 2018.)

Liuskekivi on usein lohkopintainen ja rosainen, mutta pintakäsittelyä muuttamalla siitä saadaan sileäpintaista. Liuskekivellä on erinomainen pakkasen- ja kulutuksenkestävyys. Liuskekivi ei rapaudu, ja sillä on korkea lämmönvarauskyky, eikä sen väritys muutu kovankaan rasituksen seurauksena. Liuskekivi kestää hyvin erilaisia kemikaaleja, eikä ilmansaasteista johtuva hapan vesisade täten vaurioita kiven pintaa. (RT 38-833, Luonnonkivilaatat, -muurit ja -paanut; Stonegroup Finland Oy 2023.)

Liuskekivet voidaan jakaa mineraalikoostumuksen mukaan kolmeen eri luokkaan kiilleliuskeisiin, fylliitteihin ja kvartsiitteihin. Kiilleliuskeita ja fylliittejä esiintyy tummanharmaina. Kvartsiitteja esiintyy vaaleina, vihertävinä, punertavina ja harmaina. Liuskekiven väri on aina murrettu ja luonnollinen. Pinnan väritys voi tummentua kastumisen myötä, mutta se palaa ennalleen kuivuttuaan. (Mesimäki 1994, 38; Stonegroup Finland Oy 2023.)

Liuskekiviä voidaan tuottaa vapaamuotoisina laattoina. Ne voidaan myös sahata määrämittaan jokaiselta tai vain kahdelta sivultaan, minkä avulla voidaan tuottaa moduulimittaista julkisivupintaa, jossa on edelleen näkyvissä liuskekivelle ominainen lohkopinta. Määrämittaan sahatut liuskekivet voidaan hienosäätää millintarkoiksi. (RT 38-833, Luonnonkivilaatat, -muurit ja -paanut; Stonegroup Finland Oy 2023.)

3.2.1 Liuskekivien väritys

Liuskekiven pinta on epätasainen, jolloin muuttuva valaistus saa kiven eri värit ja muodot esille. Liuskekivien värivalikoima on laaja: valkoisen ja harmaan sävyistä aina mustiin ja monivärisiin. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

3.2.2 Kotimaiset liuskekivet

Suomen käytetyin liuskekivi, Oriveden Sisu, on väritykseltään musta ja kimalteleva (KUVA 4). Kuopiossa louhittavan Tahko-liuskekiven väritys vaihtelee vihreästä aina vaaleanpunaiseen (KUVA 5). Lappi-liuskekivi on kotimainen, lapissa louhittava, valkoinen kvartsiittiliuske (KUVA 6). Välkehtivä valkoinen pinta erottaa sen muista liuskeista. Paikoitellen pinnassa esiintyy myös rusehtavan ja vihreän sävyjä. Puolangalla louhitussa Karhu-liuskekivessä esiintyy kuparin ja pronssin sävyjä (KUVA 7). (Stonegroup Finland Oy 2023.)



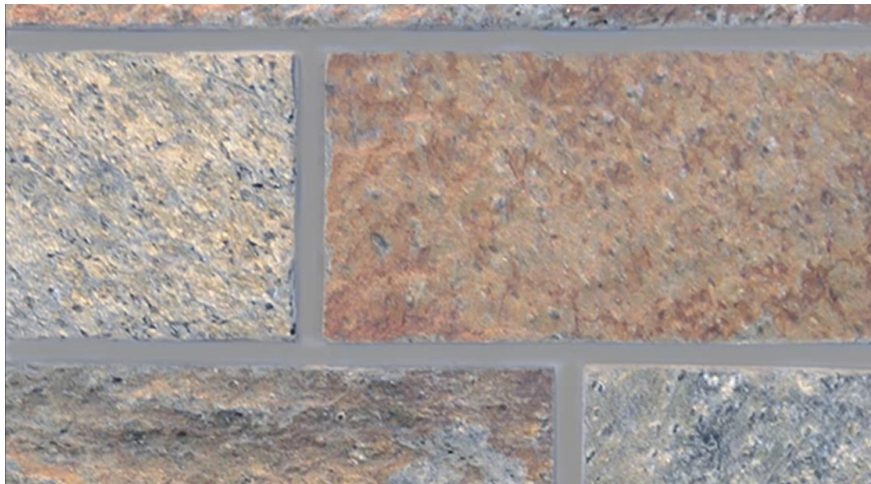
KUVA 4. Oriveden musta, Sisu-liuskekivi. Vapaa ladonta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)



KUVA 5. Tahko-liuskekivi. Vapaa ladonta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)



KUVA 6. Lappi-liuskekivi. Sahattu pintakäsittely, vapaa ladonta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)



KUVA 7. Karhu-liuskekivi. Määrämittainen ladonta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

3.2.3 Ulkomaiset liuskekivet

Norjalainen Altan-liuskekivi on vihertävän harmaata ja erittäin kestävä (KUVA 8). Altan-kivilaattojen koko voi olla usein muita liuskeita suurempi, johtuen sen hyvästä lohkeavuudesta tasapaksuiksi laatoiksi. Espanjalainen (KUVA 9) ja Kaukoidästä louhittu Himalaja -liuskekivi (KUVA 10) ovat väritykseltään mustia UV-säteily ei muuta kiven väritystä, vaan se säilyy mustana vaatimatta suurempia huoltotoimenpiteitä. (Stonegroup Finland Oy 2023.)



KUVA 8. Alta-liuskekivi, vapaa ladonta (Stonegroup Finland Oy 2023.)



KUVA 9. Bernardos-liuskekivilaatta. Määrämittäinen ladonta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)



KUVA 10. Himalaja-liuskekivilaatta. Määrämittäinen ladonta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

3.3 Kiven pintakäsittelyt

Kiven pintakäsittely vaikuttaa kiven ulkonäköön suuresti. Pintakäsittelyn valinnalla voidaan vaikuttaa esimerkiksi kuivan kivipinnan värin syvyyteen, valon heijastavuuteen ja puhdistettavuuteen. Vaihtoehtoja ovat pinnan kiillotus, hionta, hakkaus, sahaus, poltto, lohkominen sekä ympäristökivillä tehtävä karkeahakkaus ja hiekkapuhallus. (Mesimäki 2002, 11, 13.)

3.3.1 Kiillotettu kivipinta

Kiillotettu pinta on väriykseltään tummin ja korostaa kiven kuviointia (KUVA 11). Sileä kivipinta ei likaannu helposti ja se on karheaa kivipintaa helpompi puhdistaa. Kiillotettu pintakäsittely soveltuu kaikille tiiville, ehyille ja riittävän koville kivilajeille kuten graniitille. Kiiltävä pinta saavutetaan, kun sahapintainen kivi käsitellään asteittain eri kovuisilla hiomakivillä. (Mesimäki 1994, 49.)



KUVA 11. Kiillotettu graniitti (Keinänen 2023.)

3.3.2 Hiottu kivipinta

Hiottu kivipinta voidaan jakaa pinnan karkeuden mukaan kolmeen eri luokkaan: karkeahiottuun, mattahiottuun sekä hienohiottuun. Hiotun kivipinnan väriytykselle hionta-asteen mukaisesti himmeästä ja mattapintaisesta lähes kiiltävään ja heikosti kuvastavaan. Hiottu kivipinta soveltuu moniin käyttökohteisiin. Kiven sahapintaa hiotaan hiomakivillä asteittain, kunnes on saavutettu haluttu taso. (Mesimäki 1994, 49.)

3.3.3 Hakattu kivipinta

Hakattu pintakäsittely jakautuu menetelmän mukaan kahteen ryhmään, ristipäähakattuun (KUVA 12) sekä karkeahakattuun. Hakattu pinta on väriykseltään vaalea, tasainen ja suora. Ristipäähakatun pinnan kolojen syvyys on alle 5 mm ja karkeahakattulla vastaavasti alle 10 mm. Ristipäähakatun pinnan valmistus tapahtuu automaattiohjatulla hakkurilla, kun taas karkeahakattu pinta valmistetaan käsityönä. Ristipäähakattu pinta soveltuu erinomaisesti julkisivuihin ja ulkopuolisiin kivirakenteisiin, joskin karhea pinta tekee kivistä alttiin likaantumiselle ja haastavamman puhdistaa. (Mesimäki 1994, 49.)



KUVA 12. Ristipäähakattu graniittilaatta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

3.3.4 Sahattu kivipinta

Sahatun kivipinnan väritys on himmeä ja mattapintainen (KUVA 13). Pinnassa saattaa erottua sahauksesta peräisin olevia naarmuja. Sahattu pinta muodostuu, kun luonnonkivi timanttisahataan halutun kokoiseksi. Syntynyt pinta on valmis sellaisenaan. Sahattuun pintakäsittelyyn soveltuu kaikille tiiviille ja ehjille kivilajeille, kuten liuskekivelle. Tämä pintakäsittely soveltuu kaikkiin käyttökohteisiin, esimerkiksi julkisivuihin. Se ei likaannu helposti ja on helppo puhdistaa (Mesimäki 1994, 49.)



KUVA 13. Sahapintainen Sisu Aava -muurausliuske. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

3.3.5 Poltettu kivipinta

Poltettu pintakäsittely tekee luonnonkivipinnasta värikkään, kiven kuvioinnin mukaan elävän sekä karkean (KUVA 14). Sahapintainen kivi kuumennetaan nopeasti +600°C asteeseen ja jäähdytetään nopeasti vesisuihkulla. Tämä saa aikaan kiven halkeilun. Poltettu pintakäsittely soveltuu kvartsipitoisille kivilajeille, kuten liuskekivelle ja graniitille. Karhea pinta on altis likaantumiselle sekä vaikea puhdistettava. Puhtaanapidon helpottamiseksi pinta voidaan käsitellä suojavahalla.

Poltettu kivipinta soveltuu hyvin julkisivuihin sekä ulkotilojen kivrakenteisiin. (Messimäki 1994, 49.)



KUVA 14. Poltettu graniittilaatta. (Keinänen 2023.)

3.3.6 Lohkottu kivipinta

Lohkottu kivipinta on värikäs ja luonnollinen sekä soveltuu erityisesti liuskekiville sekä hieno- ja keskirakeisille graniiteille. Pinnasta tulee luonnollinen, epätasainen sekä karhea (KUVA 15). Liuskekiven pinta on luonnostaan lohkotun näköinen. Muita kivilaatuja lohkotaan kiilaamalla tai murtamalla muotoonsa. Lohkottu kivipinta likaantuu kuitenkin muita pintakäsittelyjä helpommin. Pintakäsittely soveltuu julkisivuihin, kiveykseen, portaisiin sekä muihin ulko- ja sisäpuolisiin tiloihin. (Messimäki 1994, 49.)



KUVA 15. Vasemmalla lohkopintainen Karhu -liuskekivi, Paljakan pronssi. Oikealla lohkopintainen graniitti. (Stonegroup Finland Oy 2023; Keinänen 2023.)

3.3.7 Hiekkapuhallettu kivipinta

Hiekkapuhallettu kivipinta on vaalea ja tasaisen karhea. Kivi puhalletaan teräshiekkasuihkulla karheaksi. Hiekkapuhallus soveltuu pintakäsittelyksi, mikäli halutaan lisätä kivipinnan pintakitkaa tai sitä halutaan kuvioda ja koristella. Hiekkapuhallus pintakäsittelynä on harvinainen. (Mesimäki 1994, 49.)

4 TERÄSBETONIELEMENTTIJULKISIVUN PINTAVAIHTOEHDOT

4.1 Teräsbetonielementin mitoitus yleensä

Betonielementtirakentamisessa käytetään usein joko sandwich-elementtiä tai kuorielementtiä yhdistettynä erilliseen sisäkuoreen. Suurin osa elementeistä tuotetaan moduulimitoitusta noudattavina perusmittoina. Mitoitusta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon liian pitkän elementin betonikuoren taipumus kaareutumiseen. Elementin pituuden tulisi olla maksimissaan 3000 mm. Tätä isommissa elementeissä on käyristymisriski, joka voi johtaa julkisivulaattojen irtoamiseen. Mikäli elementin pituuden rajoittaminen ei ole mahdollista, tulee ulkokuori katkaista liikuntasaumalla 3 m välein. Seinärakennetta suunniteltaessa tulee varmistaa riittävä tuuletus. (RT 88-11015 Luonnonkivijulkisivut 2010.)

4.2 Sandwich-elementin mitoitus

Sandwich-elementti koostuu kahdesta betonikuoresta sisä- ja ulkokuoresta, joiden välissä sijaitsee eriste. Elementin paksuuteen vaikuttavat raudoitustyyppi, pintamateriaali sekä se, onko elementti kantava vai ei-kantava. Kantavan sisäkuoren paksuus on yleensä 150 mm ja ei-kantavan 80 mm. Ulkokuoren paksuus vaihtelee 70–85 mm välillä. Elementin maksimikorkeus vaihtelee välillä 3600–4200 mm. Maksimikorkeuteen lasketaan myös elementistä ulos työntyvät kiinnikkeet, joita käytetään asennuksessa ja kuljetuksessa. (Sandwich-julkisivut 2023.)

Sandwich-elementtiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, että rakenne pääsee aina kuivumaan. Tämä tulee varmistaa käyttämällä valmiiksi uritettua eristettä tai valitsemalla vesihöyrytiivin eristemateriaali, esimerkiksi polyuretaanin, joka ei tarvitse tuuletusuritusta ja kykenee kuivumaan pelkän diffuusion avulla. Ikkuna- ja oviliitosten suunnittelussa tulee ottaa huomioon, etteivät verhoilulevyt heikennä eristeen urituksen kautta tapahtuvaa tuulettumista. Kosteutta kestäväää eristettä käytettäessä samaa ongelmaa ei synny. Elementtien välisten saumojen koko ei saa olla yli 30 mm, jotta saumausmassaan ja elementtien reunoihin ei aiheudu liiallisia rasituksia. (Sandwich-julkisivut 2023.)

4.3 Kuorielementin mitoitus

Betonisten julkisivujen toteutuksessa käytettävä kuorielementti koostuu yksittäisestä, raudoitetusta betonikuoresta ilman lämmöneristettä. Kuorielementti asennetaan työkohteessa paikan päällä erillisten kiinnikkeiden avulla, jotka tukeutuvat kantavaan sisäkuoreen tai runkoon. Kuorielementtiseinässä sisäkuoren ja kuorielementin väliin muodostuu tuulettuva ilmarako ≥ 30 mm, jossa ilma pääsee kiertämään ja rakenne kuivumaan. Kuorielementissä saumojen sijoittelu on mahdollista toteuttaa joustavasti. Sandwich-rakenteeseen verrattuna kuorielementin kustannukset ovat korkeammat sekä valmistuksessa että asennuksessa lisäntyneiden kappalemäärien takia. Lisäksi kustannuksia nostavat kiinnikkeet, joilla kuorielementti kiinnitetään sisäkuoreen. (Eriytetyt julkisivut 2023.)

Kuorielementtejä tuotetaan pääsääntöisesti vakiokokoisina, vaikka elementtivalmistajien maksimimitoissa voi olla eroja. Betonipintaisen kuorielementin pituus on ≤ 7600 mm, korkeus vaihtelee 600–3600 mm välillä. Elementin paksuuteen vaikuttavat valittu raudoitusmateriaali sekä pintakäsittely. Paksuus vaihtelee tavallisesti 80–150 mm välillä. Vedenläpäisyominaisuuksien takia kuorielementin paksuuden tulee olla yli 70 mm, jolloin saavutetaan riittävä suojabetonikerros. Elementtejä voidaan tuottaa myös pienempinä levyelementteinä, joita on helppompaa valmistaa ja asentaa, sillä ne eivät tarvitse raudoituksia. (Eriytetyt julkisivut 2023; RT 88-11015 Luonnonkivijulkisivut 2010.)

4.4 Luonnonkivilaatta betonielementtijulkisivun pintamateriaalina

Luonnonkivilaattapintainen julkisivu on turvallisinta toteuttaa tuulettuvana. Mikäli rakenteen tuuletus on puutteellinen, kosteus tiivistyy kivilaatan takapintaan, mikä altistaa kosteusvaurioille, betonin rapautumiselle sekä luonnonkivien irtoamiselle. Laattakoon ollessa pieni, voidaan riittävä kuivuminen järjestää myös pelkkien saumojen kautta. Betonielementteihin kohdistuvaa pakkasrapautumista on ehkäisty suojahuokoistuksella. Myös sokkelielementti voidaan toteuttaa luonnonkivipintaisena. (Jokinen 2023.)

4.5 Tiililaatta betonielementtijulkisivun pintamateriaalina

Tiililaatat asennetaan yleensä tehtaalla elementin valamisen yhteydessä. Tiililaattojen paksuudet vaihtelevat 20 mm–45 mm välillä. Laattoja löytyy vaalean, punertavan ja harmaan sävyisinä. Erilaisia tiililaattojen ladontatapoja on paljon. Tiililaattapintaisissa elementeissä on suurentunut käyristymisriski tiilen vedenniukyvyn takia. (Rakennusfakta 2019; Virtanen 2023.)



KUVA 16. Tiililaattapintainen julkisivu. (E. Ritola 2019.)

4.6 Keraaminen laatta betonielementtijulkisivun pintamateriaalina

Keraaminen laatta eli klinkkeri on savesta puristettu ja poltettu laatta, johon voidaan lisätä ominaisuuksia parantavia lisäaineita. Laatta kestää hyvin lämpötilanmuutoksia sekä rasituksia, joita julkisivupintaan kohdistuu. Keraamiset laatat tarjoavat laajan värien, pintakäsittelyiden, muotojen ja kokojen valikoiman (KUVA 17). Klinkkerit asennetaan pääsääntöisesti laastiasennuksena. (RT 34-10997 Keraamiset laatat; Keraamiset tonality-julkisivulaatat n.d.)



KUVA 17. Keraaminen laatta. (Keinänen 2023.)

4.7 Pesubetoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina

Pesubetoni on perinteinen betonielementin pintakäsittely, ja sitä esiintyykin hyvin laajasti rakennusten sokkelikerroksissa (KUVA 18). Pinta valmistetaan levittämällä pintahidastin tasaisesti betonielementtimuotin pohjalle. Hidaste pestään

pois elementin pinnalta muotista purkamisen jälkeen, ja esiin tulee betonin kiviainespinta. Pesubetoni on edullinen, kestävä ja laajalti osattu menetelmä. (Pesubetonin valmistusohje n.d.)



KUVA 18. Pesubetoninen pintakäsittely. (Keinänen 2023.)

4.8 Graafinen betoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina

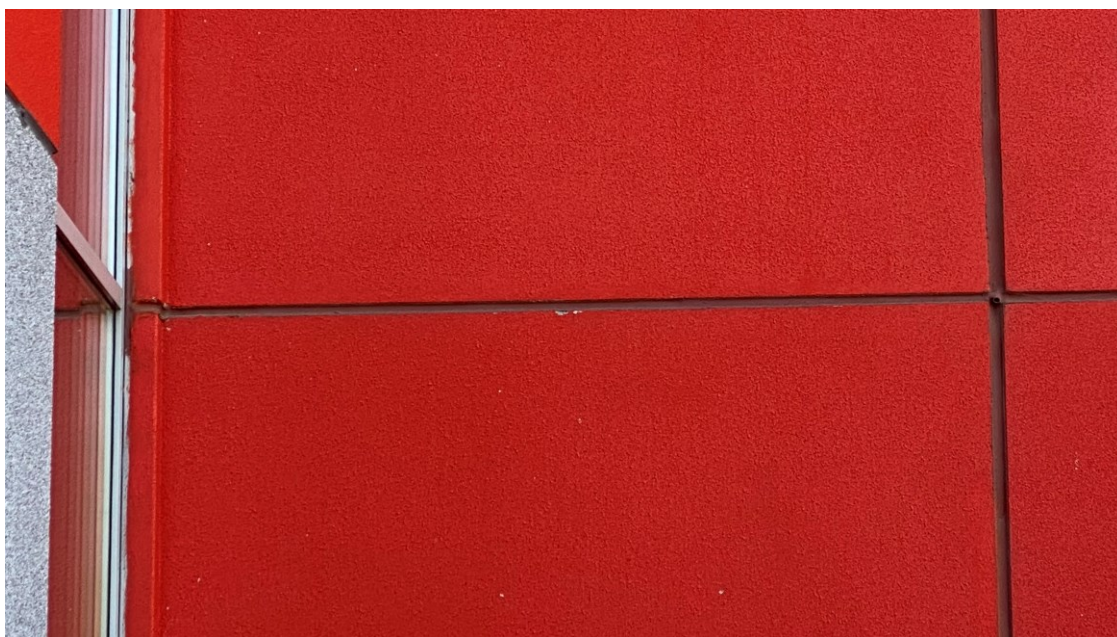
Graafinen betoni (KUVA 19) on suhteellisen uusi pintakäsittelymuoto, joka yleistyy vauhdilla. Graafista betonipintaa valmistaessa pintahidastinkuvio painetaan erikoiskalvolle, joka asetetaan betonimuotin pohjalle. Pintahidastimen kosketuksissa ollut betoni pysyy kosteana, joten se peseytyy painepesurilla pois. Hidastinaineella saatu kuvio tulee esiin sileän muottipinnan ja pestyn pinnan kontrastina. Pintahidastinkuvio voi olla minkäläinen tahansa, joka antaa laajoja vapauksia suunnittelijalle. (Tuoreen betonipinnan käsittelyt n.d.; Vänni 2023.)



KUVA 19. Graafinen betonipinta. (E. Ritola 2019.)

4.9 Maalaus betonielementtijulkisivun pintakäsittelynä

Valmista betonipintaa voidaan myös maalata, jolloin pinta saadaan kestävämpään paremmin rasituksia, karbonatisoitumista ja rapautumista vastaan (KUVA 20). Valitun maalin tulee kestää betonin emäksisyys ja kosteus sekä säilyttää värisävy altistuessaan UV-säteilylle. (Kestävämpiä julkisivupinnoitteita betonijulkisivuihin n.d.)



KUVA 20. Maalattu betonipinta. (Keinänen 2023.)

4.10 Mosaiikkibetoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina

Mosaiikkibetonia on käytetty tyypillisesti betonilattioiden ja -portaiden pintamateriaalina jo yli 100 vuoden ajan hyvän kulutuskestävyyden ja laajan värivalikoimansa ansiosta. Mosaiikkibetonia käytettiin yleisesti 2000-luvun alussa sokkeli- ja maantasokerrosten julkisivumateriaalina (KUVA 21). Mosaiikkibetoni tehdään sementistä, valikoiduista kivimateriaaleista ja lasimurskeesta. Valmis pinta hiotaan, ja siitä saadaan aikaan luonnonkiveä muistuttava lopputulos. (Rakennusfakta 2023.)



KUVA 21. Mosaiikkibetonipintainen sokkelielementti. (Keinänen 2023.)

4.11 Muotobetoni betonielementtijulkisivun pintamateriaalina

Muotobetoni (KUVA 22) on tuore, mutta nopeasti yleistyvä pintakäsittely, joka perustuu betonimassan muovautuvuuteen. Muotobetonia valmistettaessa betoni valetaan esimerkiksi vahvan, poimutetun kankaan päälle. Muotti poistetaan ja saadaan aikaan kolmiulotteinen pinta, jossa valo ja varjo leikittelevät keskenään. Muotobetonin pintaan voidaan luoda lähes mitä kuviointia tahansa. (Jakowleff & Jakowleff 2017, 34–37; Rudus ja muotobetoni yhteistyöhön 2020.)



KUVA 22. Muotobetonipintainen mallielementti. (F. Piuva 2021.)

5 LUONNONKIVIPINTAISTEN BETONIELEMENTTIEN SUUNNITTELU

5.1 Luonnonkivilaatan koon määrittäminen

Kiviladontamalli vaihtelee valitun kivityypin mukaan. Suunnittelijan tulee valita sellainen ladontatapa, joka soveltuu valitulle kivilajille. Kivilaatan koon valinnassa tulee huomioida julkisivun koko, siihen kohdistuvat rasitukset ja rakennusbudjetti. Laattakoon valinnalla voidaan suoraan vaikuttaa julkisivun kustannuksiin sekä asennustapaan. Kivilaatta luokitellaan suurikokoiseksi, jos sen mitat ovat suuremmat kuin 300 x 600 mm. Suurta kivilaatta käyttämällä saadaan laskettua sahauskustannuksia. Pieniä laattoja käyttämällä voidaan säästää hukkakivien määrässä. On suositeltavaa, että suurikokoinen laatta kiinnitetään aina paikalla asennettuna. Pienikokoinen laatta voidaan asentaa elementtiin jo elementtitehtaalla. Pienempi kivilaatta vikasietoisuudeltaan parempi kuin suuri laatta. Mikäli rakenne tulee altistumaan suurille rasituksille ja riskitekijöille, on turvallisempaa valita pienempi kivilaatta. Valitun kivilaatan paksuus vaihtelee kiinnitystavan, siihen kohdistuvien rasitusten ja kiven ominaisuuksien mukaan. Paksuus vaihtelee tavallisesti 30–50 mm välillä. (RT 88-11015 Luonnonkivijulkisivut 2010, 4–5; Jokinen 2023.)

5.2 Malliladonta

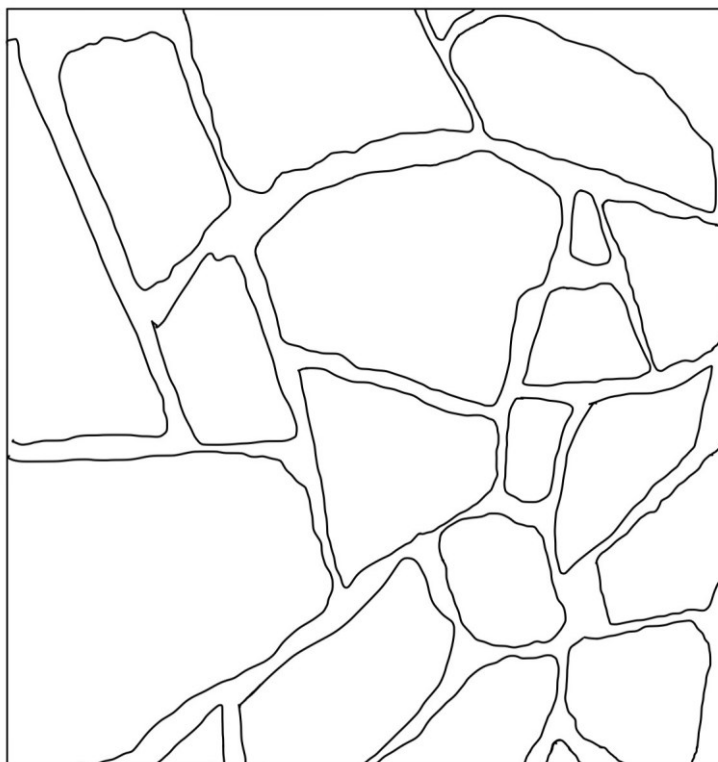
Ennen elementtituotannon tai paikalla asennuksen käynnistämistä tehdään malliladonta. Siinä 1 m x 1 m -kokoiselle alueelle ladotaan valmiin kivipinnan mukainen malli. Malliladonnan tekee elementtitehdas, ja esittelee sen suunnittelijalle. Tässä vaiheessa voidaan tehdä muutoksia kivityyppiin, saumojen ja laattojen koon, ladontaan sekä kiinnitystapaan. Malliladonta tulee suorittaa mahdollisimman samankokoisista kivistä ja saman levyisellä saumalla kuin varsinainen täysikokoinen elementti. Etenkin vapaamuotoisia kiviä käytettäessä saumaleveyden ja kivien koon tulee vastata hyvin tarkasti lopullista ladontaa. (Virtanen 2023.)

5.3 Vapaamuotoisen kiven ladonta

Liuskekivet ovat luonnostaan vapaamuotoisia. Liuskekivi lohkeaa helposti louhittaessa muodostaen erilaisia kivilaattamuotoja. Myös graniittia voidaan tuottaa vapaamuotoisena, mutta tämä on suhteellisen harvinaista. Kivilaattojen paksuudet vaihtelevat, ja ne ovat harvoin tasapaksuja, vaan epätasaisuudet paksuudessa ovat tyypillisiä. Jälleenmyyjä osaa arvioida vapaamuotoisen kiven kpl/m² -menekin. Liuskekiviä lohkotaan pienemmiksi sen mukaisesti, miten kivet asettuvat toistensa lomaan. Kivien asettelu vaatii yleensä harjaantuneen tekijän. (Stonergroup Finland Oy 2023.)

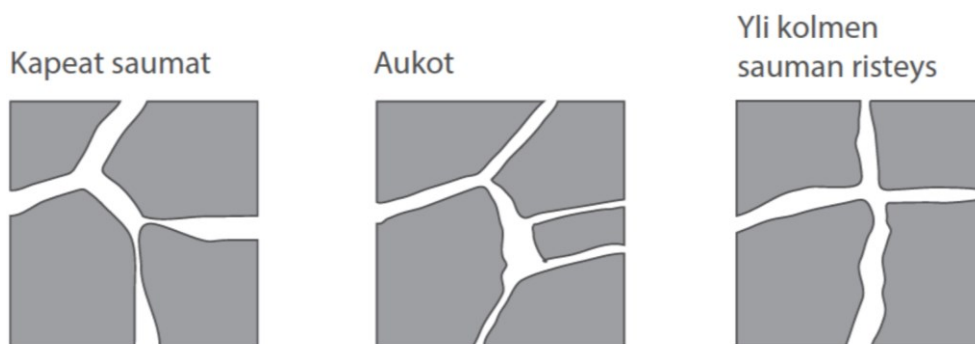
Vapaamuotoista ladontaa (KUVA 23) sommitellessa tulee ottaa huomioon, että jokainen ladonta on keskenään erilainen. Vapaamuotoisille kiville ei voida tehdä täysin kattavaa ladontaohjetta. Sen sijaan suunnittelija voi määrittellä ladonnan reunaehdot: sauman leveyden ja värin, kivilaattojen koon ja niiden sallitun kokovaihtelun. Ladonta tehdään näiden määritelmien rajoissa. Malliladonnasta nähdään, miten reunaehdot sopivat yhteen. (Virtanen 2023.)

Vapaamuotoinen kiviladonta on mahdollista toteuttaa kahdella erilaisella saumanleveydetyypillä: vaihtelevalla saumanleveydellä tai tasasaumalla. Valittu sauman leveys vaikuttaa ladonnan haastavuuteen sekä ladonnan ja lopullisen putsaustyön kestoon. Vaihtelevassa saumanleveydessä suunnittelija määrittelee, mikä on sauman vaihteluväli, esimerkiksi 20–40 mm. Tasasaumaa toteutetaan sahaamalla kivilaatat niin, että niiden väliin jäävä sauma on määritellyn kokoinen, esimerkiksi 15 mm. (RT 38-833 Luonnonkivilaatat, -muurit ja -paanut 4, 2019.)



KUVA 23. Esimerkki vapaamuotoisesta ladonnasta vaihtelevalla saumavälillä.
(Keinänen 2023.)

Ladontaa suorittaessa tulee miettiä aina asennettavaa kiveä pidemmälle. Ladonnassa tulee välttää asettamasta kiviä liian lähelle toisiaan tai toisaalta liian kauas toisistaan (KUVA 24). Näin vältetään liian kapeat saumat sekä kivien väliin syntyvät, laajemmat raot. Kivilaattojen asettelussa vierekkäin tulee välttää yli kolmen sauman risteys. Vapaamuotoisilla laatoilla parhaan lopputuloksen saa enintään kolmen sauman risteyksillä. (Liuskekiven ladonta betonielementtiin 2023.)

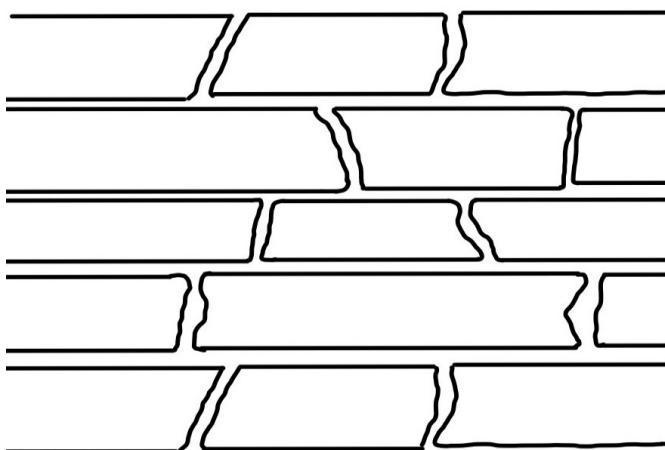


KUVA 24. Ladonnassa vältettäviä kuvioita. (Stone Group Oy 2023.)

5.4 Määrämittaisen kiven ladonta

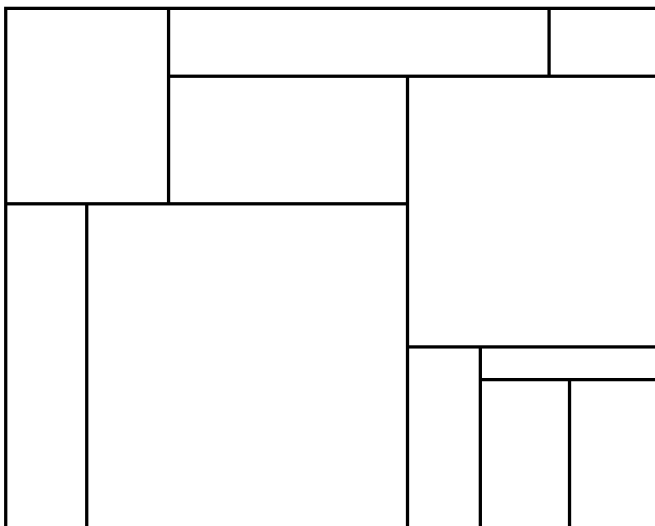
Määrämittaisia kivilaattoja voidaan tuottaa niin graniiteista kuin liuskekivistäkin. Määrämittaisen kivilaatan etuja ovat ladonnan tarkka etukäteissuunnittelu, ladonnan helppous, laattojen mitoitus moduulijärjestelmän mukaisesti sekä tasa-sausmaisuus ja -paksuus. Määrämittaiset kivilaatat voidaan jakaa kahteen ryhmään: kalibroimattomiin ja kalibroituihin laattoihin. Kalibroimattomien kivilaattojen paksuus voi vaihdella esimerkiksi 10–30 mm välillä. Kalibroitujen eli hienosäädettyjen kivilaattojen paksuus on aina sama, esimerkiksi 20 mm. Tätä kutsutaan paksuuskalibroiduksi kivilaataksi. (RT 38-833 Luonnonkivilaatat, -muurit ja -päänt 4–5, 2019.)

Kivilaatat voidaan sahata kaikilta neljältä tai vain kahdelta sivultaan. Kahdelta sivulta sahaamalla (KUVA 25) saadaan moduulimittoihin sopivia kivilaattoja, mutta säilytetään silti liuskekivelle ominainen lohkopinta. (Jokinen 2023.)

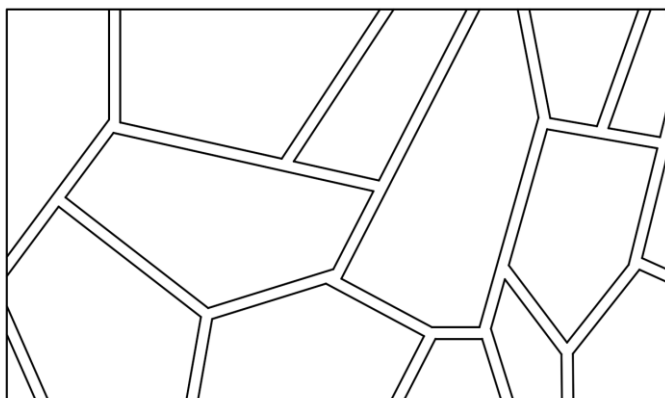


KUVA 25. Ladontamalli kahdelta sivulta sahatuille liuskekiville. (Keinänen 2023.)

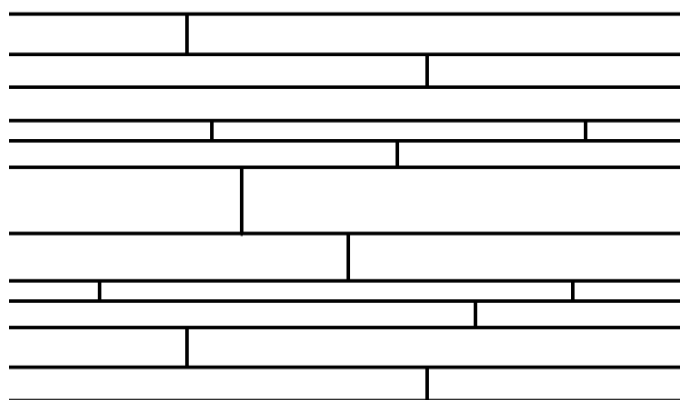
Kaikilta sivuilta sahattuja luonnonkivilaattoja voidaan mitoittaa täysin vapaasti. Laatan muoto voi olla suorakaide, neliö tai monikulmio (KUVAT 26 & 27). Laatan korkeus voi olla vakio ja leveys vaihtelee tai leveys on vakio ja korkeus vaihtelee (KUVA 28). Näin julkisivusta tulee eläväinen. (Jokinen 2023.)



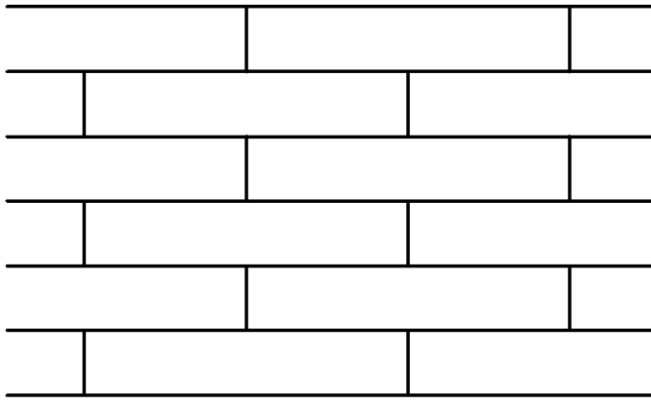
KUVA 26. Roomalainen ladontamalli, jossa sekä kivilaattojen korkeus että leveys vaihtelevat. (Keinänen 2023.)



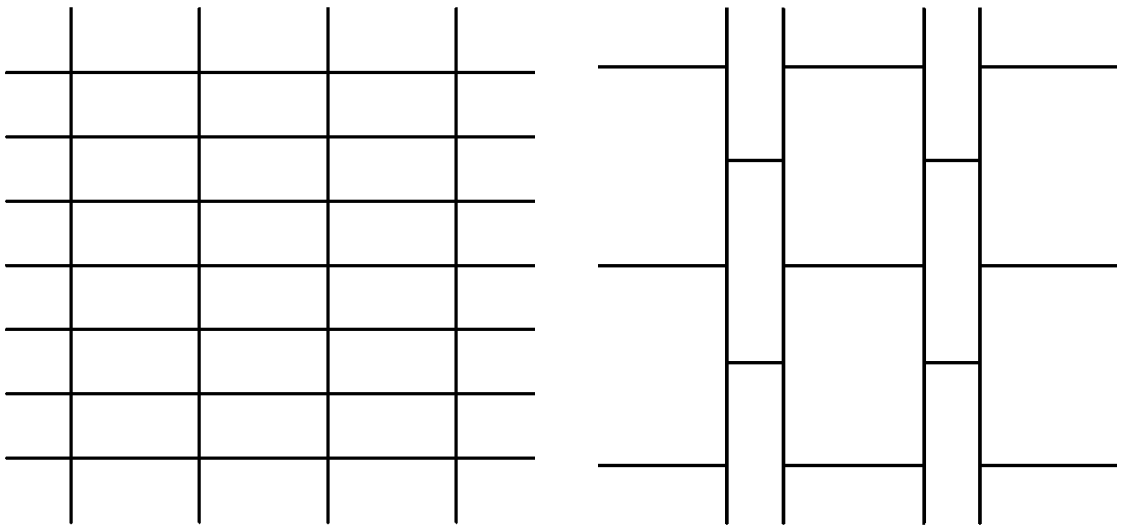
KUVA 27. Ladontamalli, jossa kivilaattojen muoto vaihtelee, mutta sauman leveys pysyy samana. (Keinänen 2023.)



KUVA 28. Ladontamalli, jossa sekä kivilaattojen korkeus että leveys vaihtelevat. (Keinänen 2023.)



KUVA 29. $\frac{1}{2}$ kivilaatan limitys, jossa jokainen laatta on samankokoinen. (Keinänen 2023.)



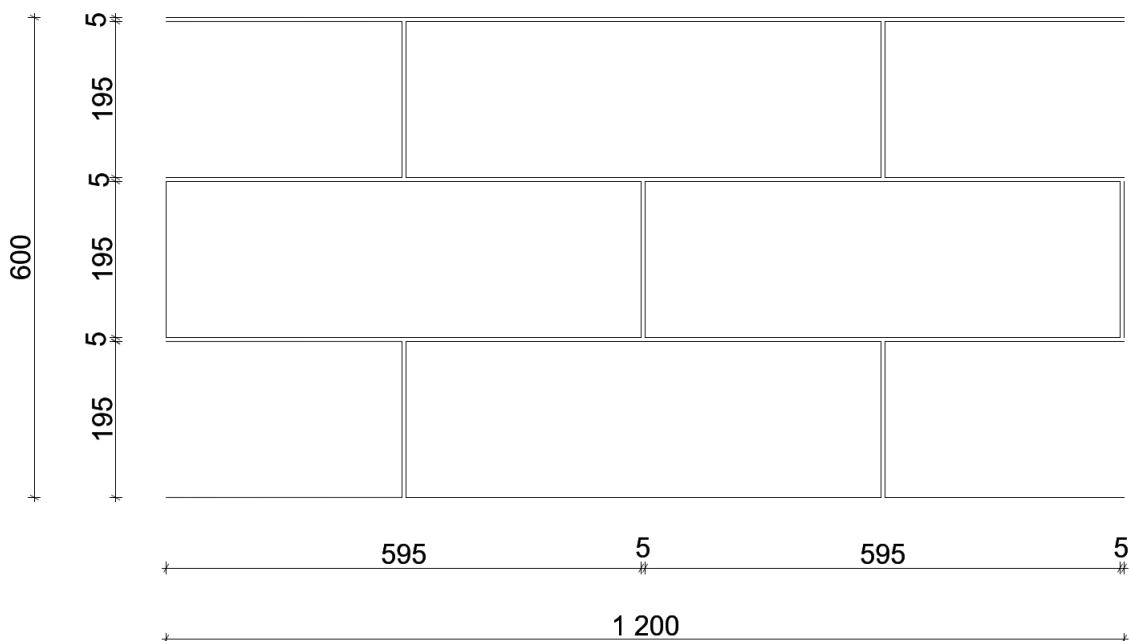
KUVA 30. Erilaisia ladontamalleja. (Keinänen 2023.)

Määrämittaisen kivilaatan ladontatapoja on lähes loputtomasti. Valintaa rajoittavina tekijöinä toimivat ladonnan kustannukset ja asennustapa. Monimutkaiset ja paljon erilaisia kiviä vaativat ladontamallit nostavat kustannukset helposti korkeiksi ja vaikeuttavat elementtiasennusta. (RT 38-833 Luonnonkivilaatat, -muurit ja -paanut 5, 2019; Jokinen 2023.)

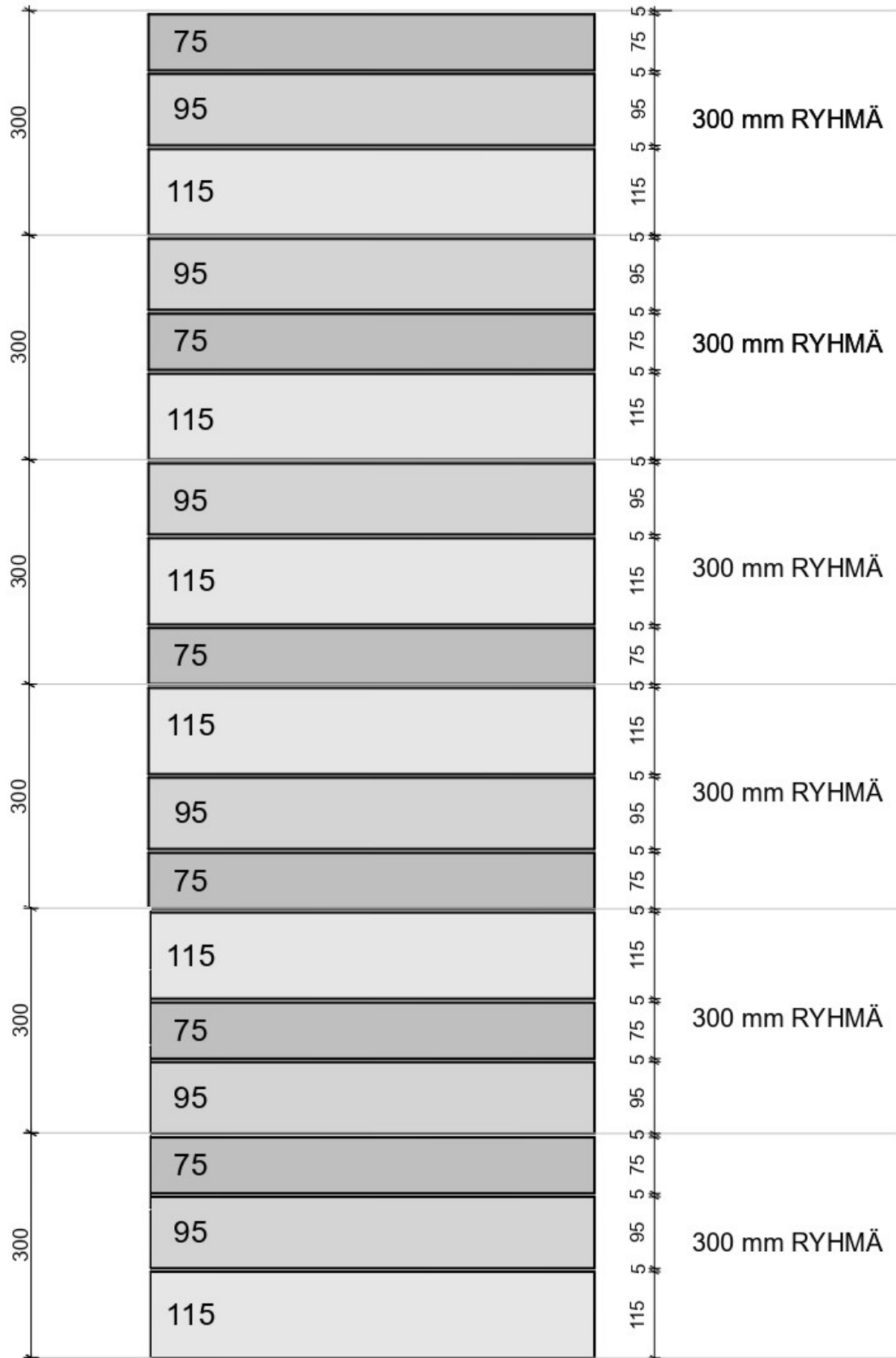
5.5 Kiviladonnan sovitus moduulimitoitukseen

Kivikoon ja ladonnan tulee sopia elementtirakentamisen moduulimitoitukseen. Määrämittaisen kiven ladonta sovitetaan moduulimitoitukseen laattakokoa muuttamalla. Vapaamuotoisten kivien sovittaminen moduulimitoitukseen ei ole tarkoituksenmukaista, sillä kiven muoto ja koko vaihtelee sattumanvaraisesti. (Vänni 2023; Jokinen 2023.)

Kivilaattaa moduulimitoitukseen sovittaessa lasketaan kiven mitat seuraavasti: kivilaatan korkeus on laatan korkeus + sauman leveys sekä kivilaatan leveys on laatan leveys + sauman leveys. Kivilaatan korkeuden ja leveyden tulee muodostaa 3M:lla (300 mm) jaollinen ryhmä. (KUVAT 31 & 32). Kun kivi + sauman leveys mitoitetaan moduulimitoituksen mukaan, saadaan julkisivupinnasta yhtenäinen, helpotetaan ladonta- ja valuvaihetta sekä minimoidaan mahdolliset virheet. Laatat lähtevät elementtitehtaalle tai työmaalle valmiiksi oikean kokoisina, eikä lisätyöstöä tarvita. Moduulimitoitukseen sovitettua ladontaa on helppo mukauttaa sen mukaan, minkä levyisiä tai korkuisia elementtejä tarvitaan. Asennus ja ladonta elementtitehtaalla tai työmaalla nopeutuu, eikä ristiriitoja ja tulkintavirheitä synny. (Vänni 2023; Jokinen 2023.)



KUVA 31. Esimerkki moduulimitoitettun laatan mitoituksen peruseriaatteesta. (Keinänen 2023.)

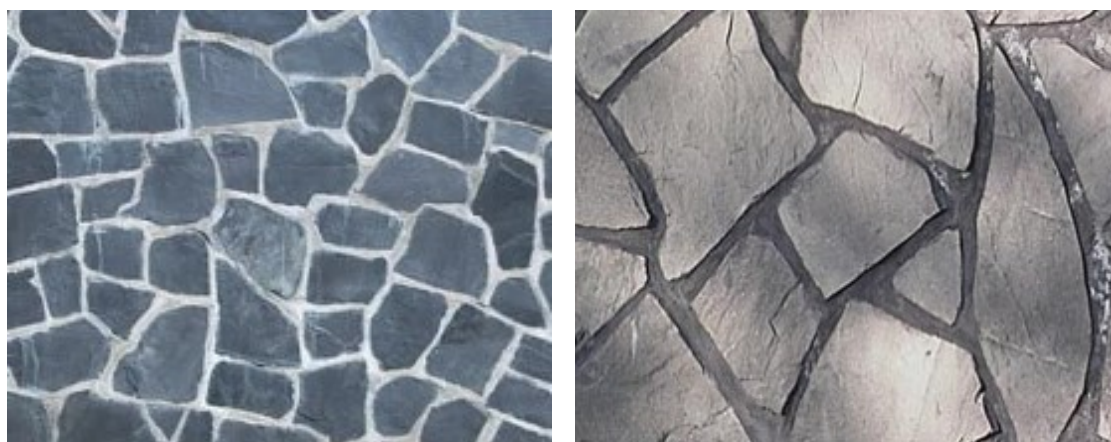


KUVA 32. Bernardos-liuskekilvilaatan ladontamalli moduulimitoitukseen soveltuvana. Laatan korkeus 45–95–115 mm ja leveys 595–1195 mm. Sauman leveys 5 mm. (Keinänen 2023.)

5.6 Saumojen suunnittelu

Saumojen rakenteellinen tehtävä on sekä sadeveden ja lumen pääsyn estäminen rakenteen sisälle että rakenteen tuulettumisen mahdollistaminen saumojen kautta. Rakenteen tiiveyden ja tuulettavuuden lisäksi saumoilla on suuri vaikutus julkisivun ulkonäköön. Suurin osa saumoista tehdään sementtilaastilla. Elastisella massalla tehtyjä liikuntasaumoja käytetään vain suurien kivilaattojen yhteydessä. Kiinnitystapaa päätettäessä on tärkeää mahdollistaa erityisesti laastilla kiinnitettyjen kivilaattojen tuulettavuus ja rakenteen kuivuminen, mikä tapahtuu saumojen kautta. Mitä enemmän julkisivussa on saumoista muodostuvaa pinta-alaa, sitä paremmin rakenne pääsee kuivumaan. (RT 88-11015 Luonnonkivijulkisivut 2010, 6; Jokinen 2023.)

Saumoilla voidaan korostaa valittua luonnonkiveä, muodostaa värien suhteen harmoninen kokonaisuus tai häivyttää elementtijakoa oikeanlaisella saumojen sijoittelulla. Vaalea sauma korostaa julkisivun tummempaa kiveä (KUVA 33). Vaaleudellaan erottuva sauma on kuitenkin huomattavasti haastavampi toteuttaa siististi. Saumausainetta levittyy helposti hieman kiven reunan päälle, ja siten epätarkka saumaus nousee esiin selkeästi. On suositeltavaa valita sauman väriä kiven mukaan: tummalle kivelle tumma sauma, harmaalle harmaa ja vaalealle vaalea. Näin saadaan julkisivusta yhtenäinen ja siisti kokonaisuus, joka kestää tarkastelua läheltä ja kaukaa. (RT 88-11015 Luonnonkivijulkisivut 2010, 6.)

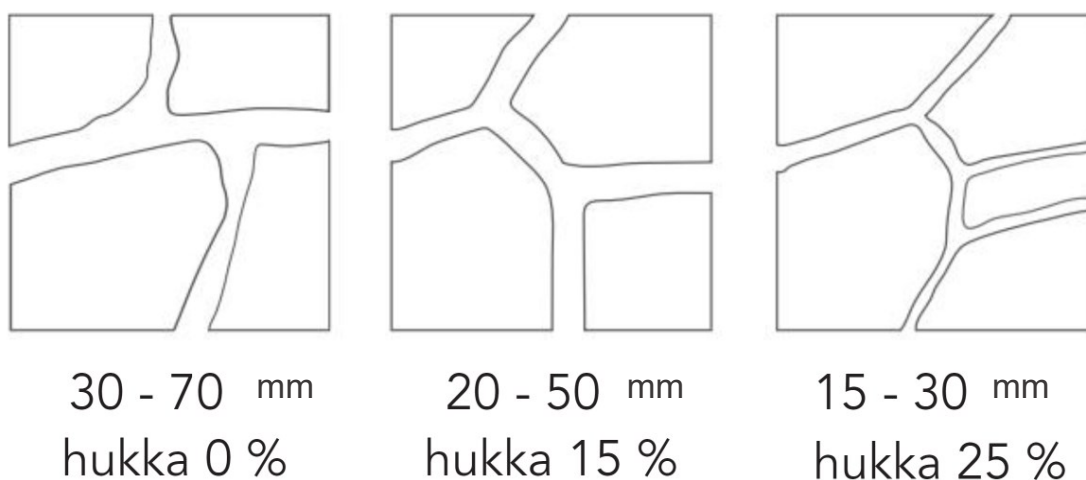


KUVA 33. Vasemmalla vaalea, kiveä korostava sauma ja oikealla musta, kiven sulautuva sauma. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

Sauman leveydellä on suuri merkitys myös hukkakivien määrään. Leveää saumaa käyttämällä luonnonkivet, etenkin vapaamuotoiset liuskekivet, erottuvat selkeästi taustastaan (KUVA 34). Keskenään erikokoisia, vapaamuotoisia kivilaattoja on helpompi latoa leveää saumaa käyttämällä, mikä minimoi hukkakivien määrän mahdollisimman monen kivikoon sopiessa yhteen (KUVA 35). Kapeampaa saumaa käytettäessä suunnittelun ja laattojen sommittelun tärkeys korostuu. Suurin sallittu saumaleveys tulee olla määritettynä jo elementin valmistusvaiheessa, jolloin kivien muottiin ladonta tehdään sitä noudattaen. (Vänni 2023; Liuskemestarit hinnasto 2022.)



KUVA 34. Vasemmalla harva, vapaamuotoinen ladonta. Oikealla tiheämpi, vapaamuotoinen ladonta, jossa kuitenkin leveähkö sauma. (Stone Group Oy 2023.)



KUVA 35. Sauman leveyden vaikutus hukkakivien määrään. (Stone Group Oy 2023.)

Määrämittaista kiveä käytäessä sauman kokoa voidaan vaihdella enemmän. Sauma voi olla leveähkö, ohut, se voi vaihdella kivilaattojen välissä tai laatat voidaan asettaa puskuun. Puskusaumassa vierekkäiset kivet asetetaan toisiaan vasten tiiviisti ilman rakoja (KUVA 36). Näin saadaan häivytettyä saumat lähes kokonaan. Läheltä tarkasteltaessa puskusauma on nähtävissä, mutta jo muutama metrin päästä julkisivua tarkasteltaessa on sauma kadonnut näkyvistä, ja pinta näyttää yhtenäiseltä kivilaatalta. Puskusaumaa käytetään määrämittäisiä kivilaattoja asennettaessa elementtitehtaalla. Sitä käytetään myös erityisesti rakennuksen nurkkiin asettuvien kivilaattojen yhteydessä. (Jokinen 2023.)



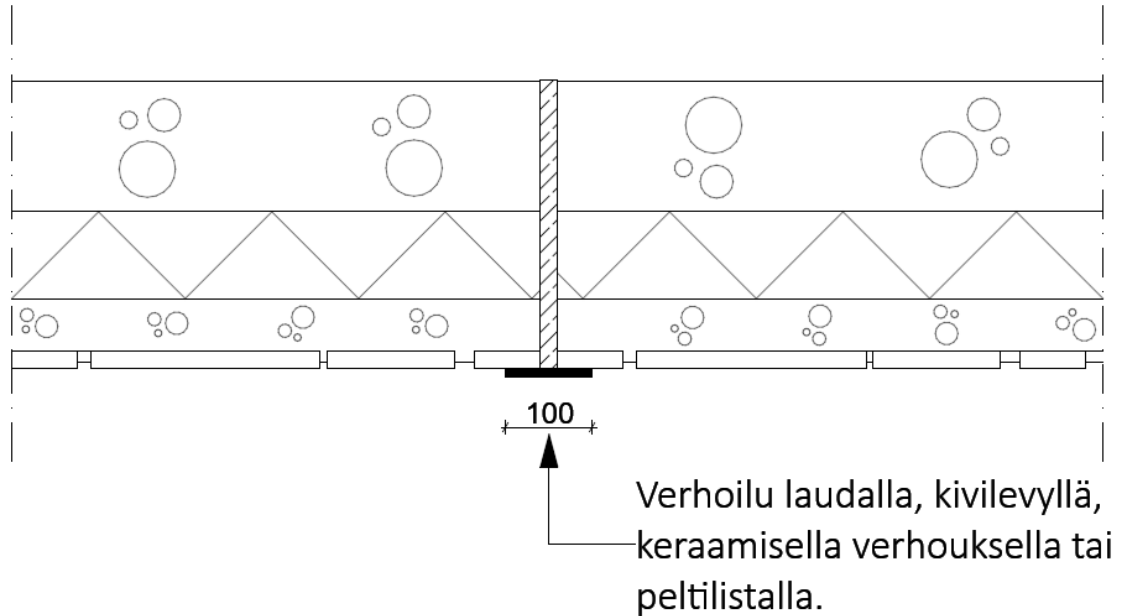
KUVA 36. Lähikuva puskusaumasta. (Keinänen 2023.)



KUVA 37. Puskusaumattu kivilaattajulkisivu neljän metrin päästä. Kuvasta voidaan nähdä, kuinka puskusauma häviää julkisivuun, eikä erotu kovin selvästi edes tarkasteltaessa lähietäisyydeltä. Mikäli kivilaataksi valitaan kivilaji, jolle on tyypillistä runsas värienvaihtelu, korostuu kivien valinta elementtien laidoilla. Kuvasta huomaa, kuinka tärkeää on valita värisävyiltään mahdollisimman samanlaiset kivilaatat kohtaan, jossa kaksi elementtiä asettuvat vierekkäin. Vaihtoehtoisesti elementtien liikuntasauman kohdalla kivilaattaa ei vaihdeta, vaan kivilaatta katkaistaan samasta kivistä. Tällöin elementtien välinen sauma jää mahdollisimman huomaamattomaksi. Näin ei tässä tapauksessa tapahdu, vaan värisävyjen vaihtelu korostaa elementtien välistä saumaa. (Keinänen 2023.)

Saumojen sijoittelulla voidaan vähentää ja osittain piilottaa elementtijakoa. Jos laattakoko valitaan moduulimitoitukseen sopivaksi, laattojen pysty- ja vaakasaumojen paksuutta ja sijoittelua muuttamalla saadaan luotua elementtien liikuntasauvoja muistuttavia saumojia laattojen väliin. Erityisesti vapaamuotoiset liuskekivielementit muodostavat haasteen kahden elementin sovittamisessa saumattomasti vierekkäin. Elementtisauma voidaan kätkeä asentamalla sauman

päälle puu- tai metallilista (KUVAT 38 & 39). Liikuntasaumat voidaan piilottaa täydellisesti kivilaattojen paikalla-asennuksen yhteydessä. Tällöin liikuntasäuma jää kivilaattojen taakse. (Jokinen 2023.)



KUVA 38. Vaakaleikkaus. Periaatedetalji elementtisauman verhoilusta. (Keinänen 2023.)



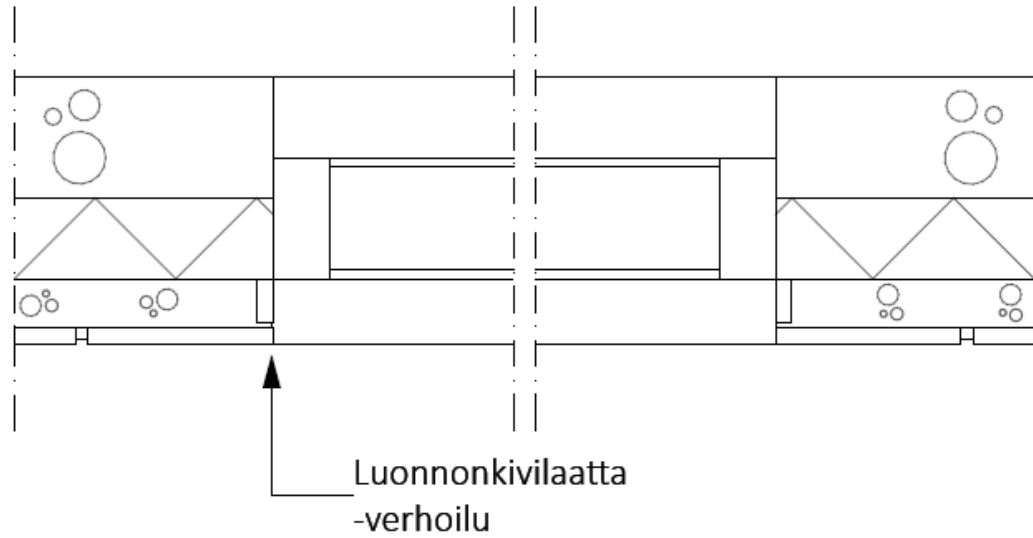
KUVA 39. Elementtien pysty- ja vaakasaumat on kätkeyty puulistojen taakse. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

5.7 Luonnonkiviverhoillun elementin ikkuna- ja oviaukkojen pielen suunnittelu

Ikkuna- ja oviaukkojen pielen suunnittelussa on useita erilaisia ratkaisuja, jotka vaihtelevat valitun kivilaattatyypin ja ladonnan mukaan. Vapaamuotoista kivilaattaa käytettäessä aukkojen pielen verhoiluun voidaan käyttää metalli- tai puulistoja tai sementtiä. (KUVAT 42 & 44.) Määrämittaista laattaa käytettäessä aukkojen pielet voidaan myös verhoilla kivilaatoilla (KUVAT 40 & 41). Pielen luonnonkivilaattaverhous voidaan toteuttaa elementtitehtaalla muiden kivilaattojen asennuksen yhteydessä. Metallin, puun ja betonin lisäksi myös puulista ja sementti tehdään aina jälkiasennuksena riippumatta muun kiviverhouksen asennustavasta (KUVAT 42, 43 & 44). (Jokinen 2023.)



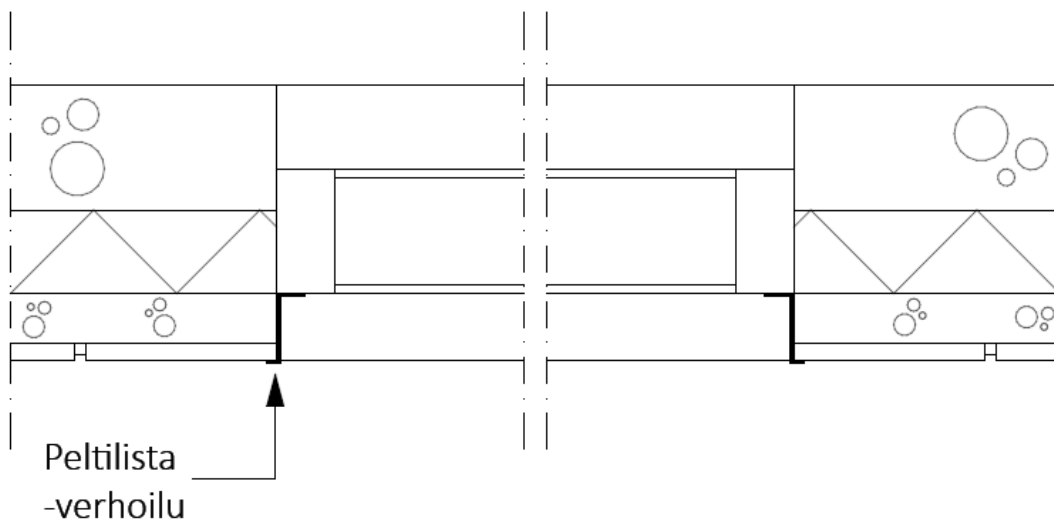
KUVA 40. Luonnonkivilaatoilla verhoiltu ikkunanpieli. (Keinänen 2023.)



KUVA 41. Vaakaleikkaus. Periaatedetaji ikkuna-aukon pielen kivilattaverhoilusta. (Keinänen 2023.)



KUVA 42. Oviaukon betonipieli. (Keinänen 2023.)



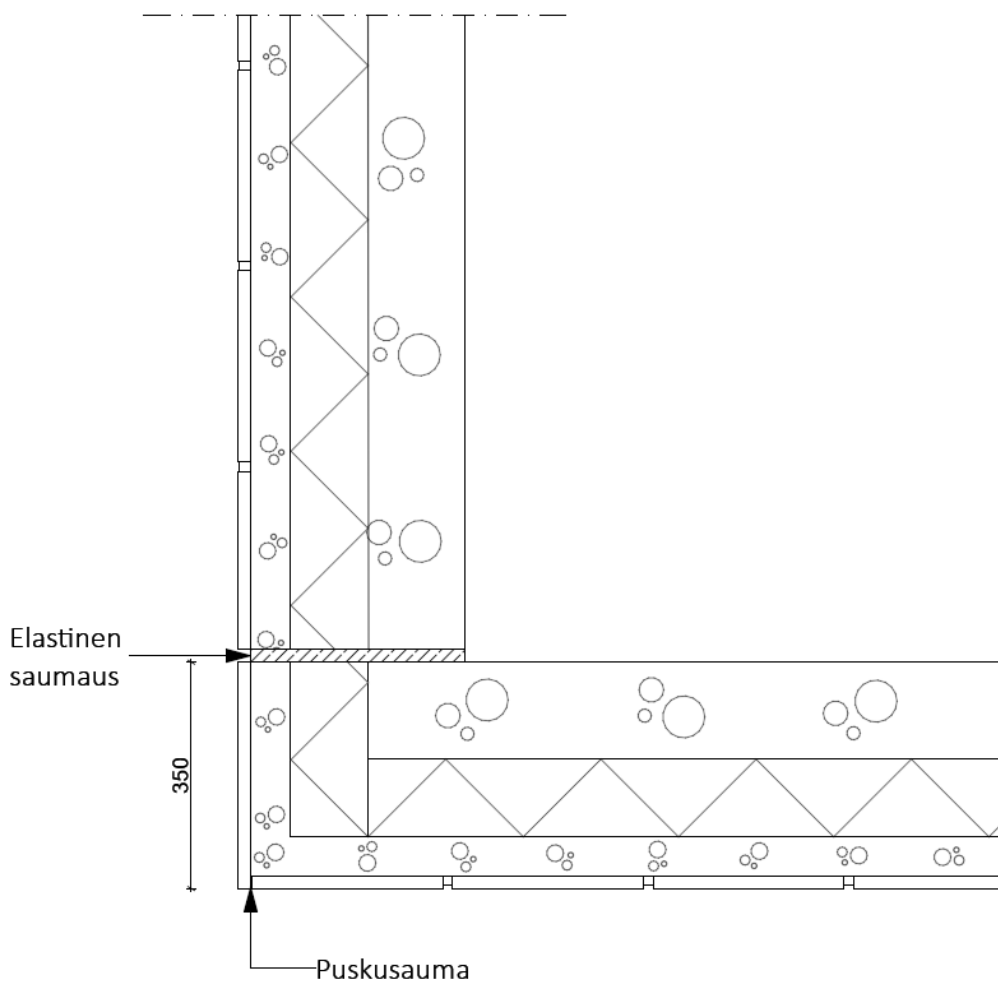
KUVA 43. Vaakaleikkaus. Periaatedetalji ikkuna-aukon pielen peltiverhoilusta. (Keinänen 2023.)



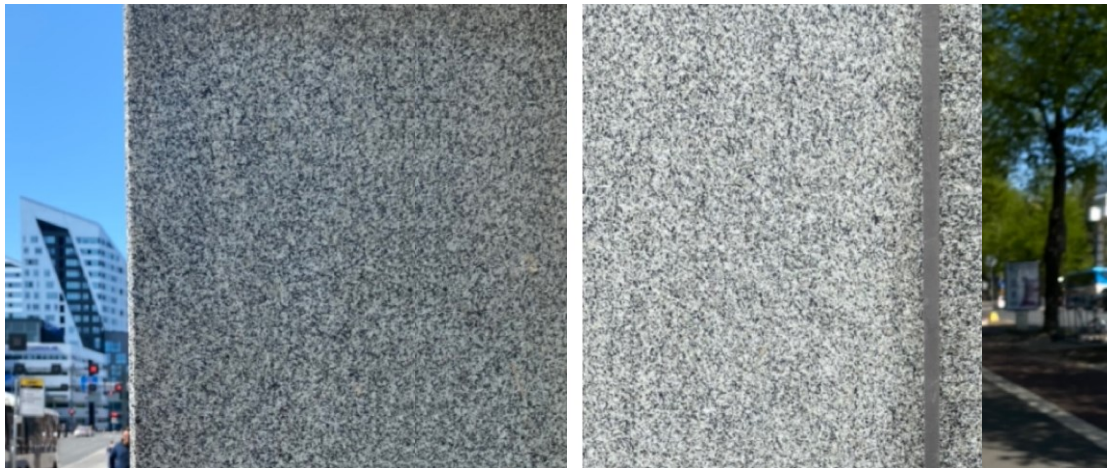
KUVA 44. Peltilistalla verhoiltu oviaukon pieli. (Keinänen 2023.)

5.8 Luonnonkiviverhoillun elementin ulkokulmien suunnittelu

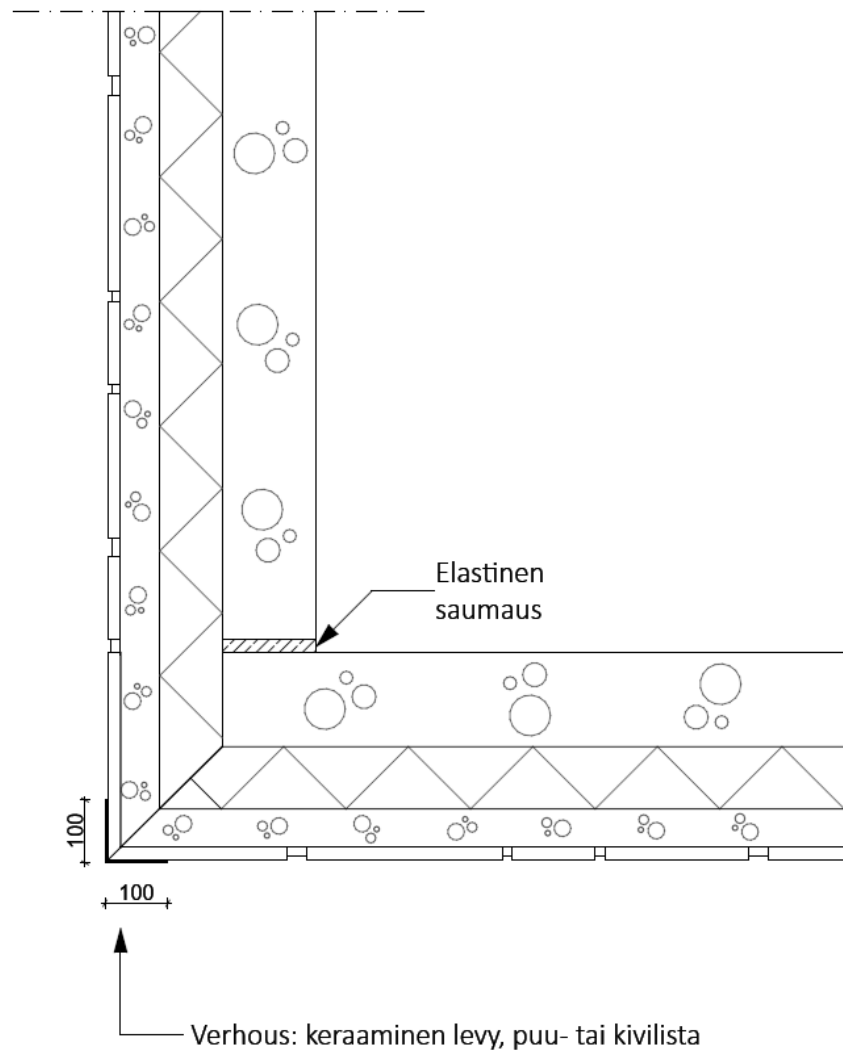
Rakennuksen ulkokulmien suunnittelu vaatii erityishuomiota, koska niihin kohdistuu usein suuria rasituksia. Ne ovat alttiina törmäyksille ja kulumiselle. Määrämittaisessa kiviladonnassa kulmat tulee asentaa puskuun. Elementtisauma tulee sijoittaa vähintään 350–400 mm päähän kulmasta (KUVA 45). Näin sen toiselle puolelle saadaan tarpeeksi leveää luonnonkivilaatta. Määrämittaisessa kiviladonnassa kulmaan sijoittuva kivilaatta on tarpeeksi kova kestääkseen siihen kohdistuvat rasitukset hajoamatta (KUVA 46). Vapaamuotoisessa kiviladonnassa rakennuksen kulmiin suositellaan puu- tai kiviverhoilua tai keraamista laattaa, jolloin saadaan siisti ja kestävä lopputulos. Verhoilun tulee ulottua 100 mm kulman molemmille puolille (KUVA 47). (Jokinen 2023.)



KUVA 45. Vaakaleikkaus. Periaatedetalji puskusaumalla toteutetusta nurkasta. Elementtisauma on sijoitettu 350 mm päähän kulmasta. (Keinänen



KUVA 46. Puskuliitoksella toteutettu rakennuksen ulkokulma kuvattuna kulman molemmilta puolilta. Kyseinen rakennus sijaitsee runsaasti liikennöityjen jalkakäytävien risteyskohdassa. Kivilaatta on kestänyt siihen kohdistuvat rasitukset vaurioitumatta. (Keinänen 2023.)



KUVA 47. Vaakaleikkaus. Periaatedetaji verhoillusta nurkasta. Verhoilun tulee ulottua 100 mm kulman kummallekin sivulle. (Keinänen 2023.)

6 LUONNONKIVIVERHOUKSEN ASENNUS BETONIELEMENTTEIHIN

Luonnonkivijulkisivu voidaan toteuttaa elementtiasennuksena tai työmaalla paikan päällä. Asennustavan valinta riippuu kivilaatan koosta sekä ladonnan ja rakenteen monimutkaisuudesta. Pohjois-Suomessa rakennuskausi on lyhyt, jolloin valmiit elementit nopeuttavat rakentamista. Aina elementtitehtaalla asentaminen ei ole edullisin tapa toteuttaa julkisivua. Mikäli julkisivupinta on iso ja ladonta selkeä tai elementtien mahdollinen asennusaika on lyhyt, on kannattavampaa toteuttaa kivilaattojen asennus elementtiasennuksena, joka on lähtökohtaisesti nopeampi toteuttaa. Sillä on kuitenkin omat rajoitteensa. Mitä monimutkaisempi rakenne, sitä kalliimmaksi kustannukset yleensä nousevat. Monimutkainen rakenne on kannattavampaa asentaa työmaalla paikan päällä. (Jokinen 2023.)

6.1 Luonnonkiviverhouksen asentaminen elementtiin tehtaalla

Elementtitehtaalla kivet asennetaan muottivaluna samalla tavoin riippumatta elementtityypistä. Vapaamuotoisen ja määrämittaisen kivilaatan asennusohjeistukset eroavat toisistaan. (Jokinen 2023.)

Vapaamuotoisten kivilaattojen alle asennetaan pehmeä vaahtomuovikangas. Muottia vasten tulevat kivilaatat käsitellään suoja-aineella, esimerkiksi KIILTO-kivisuojalla. Laatat ladotaan kankaan päälle huolellisesti julkisivupinta alaspäin. Saumat saumataan kivien väreihin sopivalla sauma-aineella. Valettavan betonimassan tulee olla notkeaa, ja tärytys tehdä varovaisesti. Valun jälkeen kivien päälle valunut saumalaasti poistetaan ja saumat siistitään. Saumausaineessa voidaan käyttää hidastinta puhdistamisen helpottamiseksi. (RT 88-11015 Luonnonkivijulkisivut 12, 2010; Jokinen 2023.)

Määrämittaiset kivilaatat ladotaan muotin pohjalle julkisivupinta alaspäin rasteriin. Kivilaattojen tartuntapinnan tulee olla puhdas. Saumaus tehdään asennuksen yhteydessä sementtilaastilla. Rasteria käyttämällä saumojen syvyyttä voidaan kasvattaa. Tartuntaa voidaan parantaa Stonegroup-urituksella tai lisäänkuroinnilla,

joka asennetaan ennen valua. Valettavan betonimassan tulee olla notkeaa, ja tärytys tehdä varovaisesti. (Jokinen 2023.)

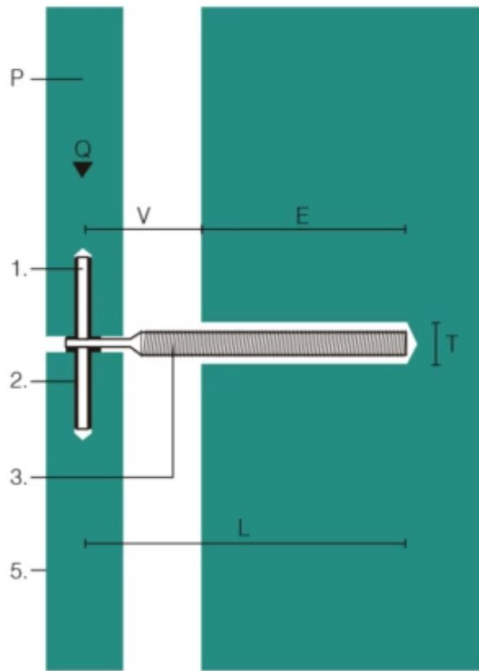
Elementtien kuljettamisessa työmaalle tulee olla huolellinen. Työmaalla tapahtuvia riskejä ovat asennusaikaiset vauriot ja väärin tehty asennus. Elementtiä ei tule koskaan tukea kivilaattaverhouksesta, mikä johtaa rakenteen vaurioitumiseen. Tuenta tulee tehdä aina betonikuoresta. Elementtiä asennettaessa tulee olla varovainen ja huolellinen. Elementin siirto tulee tehdä vain nostolenkeistä tai betonikuoresta tukien. (Mesimäki & Harmaajärvi 1989, 86; Vänni 2023.)

6.2 Paikan päällä asentaminen

Paikan päällä asentaminen voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla, joko muuramalla tai mekaanisesti kiinnittämällä. Mikäli julkisivuun kohdistuu suuria rasituksia tai riskitekijöitä, kyseessä on sokkelielementti, tai julkisivulaatta on suurikokoinen, tulisi asennus toteuttaa aina mekaanisesti. Mekaanisesti kiinnitettävä julkisivuverhous voidaan toteuttaa kivilaatan taustapinnasta tuulettuvana. (Jokinen 2023.)

Vapaamuotoiset kivilaatat kiinnitetään laastilla. Saumaus tehdään jälkisaumauksena sementtilaastilla. Kiviä kiinnitettäessä tulee pitää mielessä samat ladontaohjeet kuin elementtiladonnassa: tulee välttää liian kapeita ja leveitä saumoja, sekä yli kolmen sauman risteyskohdat. Tällöin elementtien saumat jäävät täydellisesti piiloon. Rakenne tuulettuu saumojen kautta. (Jokinen 2023.)

Mekaaniseen kiinnitykseen on saatavilla useita, erilaisia menetelmiä ja järjestelmiä. Useimmat niistä perustuvat yksittäisiin kiinnikkeisiin, joilla kivilaatat kiinnitetään betonikuoreen. Betonikuoren ja kivilaattojen takapinnan väliin jäävän tuuletusraon leveyttä voidaan säätää helposti. Kivilaattojen saumakohtiin porataan kiinnikkeelle urat, johon kiinnike asetetaan. Kiinnikkeen toinen pää kiinnitetään betonikuoreen porattuun uraan tiiviisti (KUVA 48). Saumaus toteutetaan jälkisaumauksena elastisella saumamassalla. (Stonegroup Finland Oy 2023; Jokinen 2023.)



KUVA 48. ECO1-Kivikiinnike. 1. Kiinnikkeen yläreuna asennetaan kiveen porattuun uraan. 2. Kiinnikkeen alareuna asennetaan nailontulpassa kiveen porattuun uraan. 3. Kierretanko kiinnitetään betonikuoreen. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

6.2.1 Leafstones®-kiinnitysjärjestelmät

Leafstones® -järjestelmässä kiinnitys toteutetaan ruuveilla ja koukuilla. Niillä kivilaatta kiinnitetään betoniin kiinnitettyyn hattuprofiiliin. Kivilaatat voivat olla keskenään eri kokoisia ja muotoisia. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

6.2.2 Cupaclad® Vanguard 201-kiinnitysjärjestelmä

Cupaclad® Vanguard 201-kiinnitysjärjestelmää voidaan käyttää korkeaan rakentamiseen. Siinä kivet ripustetaan koukuilla alumiinikiskoihin. Luonnonkivilaattojen tulee olla keskenään samankokoisia. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

6.3 Kivilaatan tartunnan parantaminen

Luonnonkivilaattojen tartuntaa betonielementtiin voidaan parantaa muokkaamalla kivilaattaa, asentamalla erillisiä lisäkiinnikkeitä sekä noudattamalla huolellisuutta asennettaessa. Rakennesuunnittelija ja elementtitehdas arvioivat tartunnan parantamisen tarpeen ja suunnittelevat yhdessä kohteeseen sopivan menetelmän. Asennettavan kivilaatan tulee aina olla puhdas, eikä pinnassa saa olla pölyä tai likaa, jotka huonontaisivat tartuntaa. Kivilaatta voidaan tarvittaessa huuhdella puhtaaksi elementtitehtaalla. Parhaan mahdollisen tuloksen saamiseksi kivilaattojen toimittajan tulisi huolehtia jo ennen elementtitehtaalle tai työmaalle toimittamista, että kivilaatat ovat puhtaita. Mikäli kivilaattoja jatkotyöstetään asennettaessa, tulee pinta puhdistaa huolellisesti. (Vänni 2023.)

Kivilaatta ei aina tarvitse tartunnan parannusta. Tartunnan parannusta suositellaan, mikäli valittu kivilaatan koko on yli 0,25 m², se on erityisen paksu tai julkisivu altistuu suurille rasituksille tai riskitekijöille. Kivilaatan taustapinta voidaan urittaa erilaisin kuvioin, mikä lisää tartuntapinta-alaa. Taustauritusta käytetään alle 20 mm paksujen kivilaattojen kohdalla (KUVA 49). Yli 20 mm paksuihin kivilaattoihin suositellaan lisääankkurointia asennuksen yhteydessä, esimerkiksi kivikiinnike ECO-nitojan avulla. Lisääankkurointia käytetään myös isojen kivilaattojen kiinnityksessä sekä kohteissa, joissa kiven tippuminen voi aiheuttaa henkilövaaran. Lisääankkurointia varten kivilaattaan porataan erilliselle ankkurointitapille ura, yleensä kiven sauman kohdalle, johon tappi upotetaan ja kiinnitetään ankkurointimassalla. Näin varmistetaan kivilaatan pysyvyys, vaikka tartunta kivilaatan takapinnassa jostain syystä heikkenisi. Lisääankkurointitapit eivät erotu julkisivusta vaan jäävät piiloon. (Stonegroup Finland Oy 2023; Jokinen 2023.)



KUVA 49. Taustauritettu, määrämittainen liuskekivilaatta. (Stonegroup Finland Oy 2023.)

6.4 Erityishuomioita suunnittelijalle

Luonnonkivipintaisten betonielementtien suunnittelussa ja kivien asentamisessa tulee olla huolellinen, jotta virheitä ei synny. Huolimattomasti suunniteltu (esimerkiksi vääränlainen kivilaji, KUVA 50) tai väärin asennettu (väärä tartuntamene- telmä) voivat johtaa pahimmassa tapauksessa kiven irtoamiseen ja putoamiseen aiheuttaen mittavia henkilö- ja omaisuusvahinkoja. Tästä syystä suunnittelijan tulee tiedostaa, millaisia haasteita on olemassa ja kuinka ne oikeaoppisesti ehkäis- tään. Erityistä huomiota suunnittelijalta edellytetään aukkojen piilien ja nurkkien suunnittelussa. (Jokinen 2023.)



KUVA 50. Irronnut liuskekivi, jota on yritetty korjata huonoin tuloksin. Kivi- laatta sijaitsee paikassa, johon on voinut valua sadevettä ikkunan pellistä ja syöksytorvesta. (Keinänen 2023.)



KUVA 51. Irronneita muurinkiviä. Suunnittelija oli valinnut virheellisesti ulkotilaan kivityypin, joka on suunniteltu käytettäväksi vain sisätiloissa. Kiveltä puuttuu tarvittava CE-merkintä, joka kertoisi kiven soveltuvan ulkotiloihin. Tässä tapauksessa vesi on päässyt seisomaan hieman ulostyöntyvien kivien yläpinnalla ja aiheuttanut rakenteen kostumista, joka edesauttaa kivien irtoamista. Seinärakenteen tulee aina päästä kuivumaan ja tuulettumaan, eikä vettä saa tiivistyä kiven takaosaan. (E. Ritola 2015.)

7 KUSTANNUKSET

Luonnonkivijulkisivun kustannukset riippuvat niin valitusta kivilajista, pintakäsittelystä, laatan mitoituksesta ja kiinnitystavasta sekä valitusta elementtityypistäkin. Kivilaatan kustannukset koko julkisivun hinnasta ovat 10–50 %. Kiven ominaisuudet, saatavuus ja kuljetusetäisyys, kysyntä ja tarve jatkomuokkaukselle vaikuttavat kiven hintaan. Lähtökohtaisesti esimerkiksi vapaamuotoinen, kotimaassa tuotettu, hyvin saatavilla oleva liuskekivi on edullisempaa kuin samasta kivistä tuotettu, mittatarkka laatta. (Mesimäki 1989, 44; Jokinen 2023.)

Betonielementtien käyttö laskee rakentamisen kustannuksia (KUVA 52). Elementtituotannon etuja ovat aikataulutuksen etukäteissuunnittelu, vakioidut, mittatarkat ratkaisut, rakennusajan lyheneminen, materiaalihävikin väheneminen, korkea esivalmiusaste sekä valmistusvaiheen riippumattomuus sääolosuhteista. Luonnonkivilaattojen sovitus betonielementin moduulimitoitukseen nopeuttaa tuotantoa entisestään ja laskee kustannuksia. Mitä yksinkertaisempi ja nopeampi kiviladonta on, sitä edullisempaa elementtituotanto on. (Betonielementit n.d.; Jokinen 2023.)

Liuskekivipintainen kuorielementti, saumanleveys 2-4cm, ilman kiveä	134-150 €/m ²
Luonnonkivilaattapintainen kuorielementti, laattakoko 300x600, saumanleveys 5mm, ilman kiveä	120-150 €/m ²
Mosaiikkibetoni, kuorielementti	ei tietoa
Graafinen betoni, kuorielementti	145-155 €/m ²
Muotobetoni, kuorielementti	145-155 €/m ²
Sileä betonipinta, maalattavissa työmaalla, kuorielementti	110-114 €/m ²

KUVA 52. Betonielementtien hinnat eri pintakäsittelyillä, vuosi 2023, alv. 0 % (Stonegroup Finland Oy 2023.)

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota suurelta osin käytännön kokemusperäinen tieto, selkeäksi ja kattavaksi ohjeeksi, jolla helpotetaan suunnittelijan työtä ja edistetään luonnonkiven käyttöä betonielementin pintaverhoiluna. Suunnitteluohje palvelee niin suunnittelijoita kuin muitakin kivialan ammattilaisia ja suunnitteluprosessiin osallistuvia henkilöitä. Ohjeistuksen neuvot ja ohjeet perustuvat ammattilaisten vankkaan kokemukseen useiden vuosien ajalta. Ohjeistusta on pyritty tukemaan selkeyttävin kuvin.

Opinnäytetyön rinnalla muodostui lisäksi molemminpuolinen – suunnittelijan, valmistajan ja asentajan – välinen ymmärrys, siitä mitä suunnittelijalta edellytetään ja mitä ei. Suunnittelijan tulee osata valita kohteeseen soveltuva kivilaji ja päättää kivilaatan koosta ja muodosta, saumojen väristä sekä leveydestä. Lisäksi tulee suunnitella ladonta sekä oikeanlainen, kivilaatalle ja kohteelle sopiva kiinnitystapa. Kivilajia valitessa tulee huomioida kivilajin ulkonäkö, väri vaihteluiden vaikutus ladontatapoihin, vaikutus toteutettaviin kivilaattakokoihin sekä kivilajin säänkestävyys. Suunnittelijan sekä valmistajan yhdessä toteuttamasta malliladonnasta, suunnittelija voi nähdä, millainen pinnasta tulee ja tarvittaessa muuttaa valintoja. Suunnittelijalta edellytetään siis perehtymistä moniin seikkoihin, jotka ulottuvat kivilajin valintaa pidemmälle.

Tarkoituksena oli myös edistää luonnonkivialan kehitystä, tukea Stonegroup Finland Oy:n visiota kivialan näkemyksellisenä uudistajana sekä omalta osaltaan muuttaa käsitystä siitä, että luonnonkivipintainen betonielementti on kallis ja vaikea toteuttaa.

Tulevaisuudessa rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen merkitys tulee kasvamaan ja tämän myötä voidaan olettaa luonnonkivilaattojen suosion kasvua julkisivumateriaalina. Luonnonkivipintaisille betonielementeille ei ole voimassa olevaa standardia. Tätä opinnäytetyötä voidaankin käyttää yhteisen standardin luomisen pohjana. Ohjeistusten, menetelmien ja kiinnitystapojen kehittyessä ja muuttuessa, sekä mahdollisen standardin valmistuessa, tämä suunnitteluohje tulee todennäköisesti vaatimaan päivitystä. Uusiksi tutkimuskysymyksiksi ovat nousseet

betonielementtien koko elinkaaren kattava korjauksen ja uudelleenkäytön suunnittelu, minkä huomioiminen vaatii ohjeistukseen lisätutkimusta ja päivitystä. Ajankohtaisinta oli kuitenkin vastata ensin ajantasaisen ohjeistuksen puutteeseen.

LÄHTEET

Alapurainen, J. Toimitusjohtaja, Ylitornion betoni. 2023. Haastattelu 9.3.2023. Tampere.

Betonielementit. n.d. Kivifakta. Verkkosivu. Viitattu 7.5.2023. <https://kivifaktaa.fi/suomea-rakentamassa/betonielementit/>

Betoniteollisuus ry. 2020. Elementtirakentamisen historia. Verkkosivu. Viitattu 22.5.2023. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>

Brozinski, A. 2018. Mitä ovat metamorfiset kivet? Geologia 25.6.2018. Viitattu 7.5.2023. <https://www.geologia.fi/2018/06/25/mita-ovat-metamorfiset-kivet/>

Eriytetyt julkisivut. 2023. Betoniteollisuus ry. Verkkosivu. Viitattu 19.5.2023. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/eriytetyt-julkisivut>

Jakowleff, R. & Jakowleff, C. 2017. Kolmiulotteiset betonipinnat tulevat. Betoni, 34–37. Pdf-tiedosto. Viitattu 27.5.2023. https://betoni.com/wp-content/uploads/2017/03/BET1701_34-37.pdf

Jokinen, A. 2023. Liuskekiven ladonta betonielementtiin. Orivesi: Stonegroup Finland Oy.

Jokinen, A. Myyntijohtaja, Stonegroup Finland Oy. 2023. Haastattelu 30.5.2023. Tampere.

Keraamiset Tonality-julkisivulaatat. n.d. Muotolevy Oy. Verkkosivu. Viitattu 19.5.2023. <https://muotolevy.fi/julkisivulaatat/>

Kestävämpiä julkisivupinnoitteita betonijulkisivuihin. n.d. Findur HT Oy. Verkkosivu. Viitattu 13.5.2023. <https://www.findur.fi/betonijulkisivut>

Leinonen, S. 2018. Luonnonkivihankinnat -ohje julkiselle hankkijalle. Pdf-tiedosto. Helsinki: Kiviteollisuusliitto ry. Viitattu 25.4.2023. <https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fkivi.info%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F10%2FLuonnonkiven-hankintaopas.pdf>

Liuskemestarit hinnasto. 2022. Liuskemestarit Oy. Verkkosivu. Viitattu 13.5.2023. <https://liuskemestarit.fi/hinnasto/>

Mesimäki, P. 1994. Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Kiviteollisuusliitto ry.

Mesimäki, P. 2002. Kiviteknologia 4. Luonnonkivituotteiden asennustekniikka. Pdf-tiedosto. Viitattu 18.4.2023. https://docs.google.com/document/d/1nddyEz-riiHp-XPzRQ9gxuu-hUgfqlr1iv_G-55FoE0/edit?usp=drive_web&oid=113087443368495058558&usp=embed_facebook

Mesimäki, P. 2006. Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje. Luku 3- Julkisivun luonnonkivirakenteet. Pdf-tiedosto. Helsinki: Kiviteollisuusliitto ry. Viitattu 25.4.2023. <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.suomalainenkivi.fi%2Fvanha%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F03%2Fluonnonkivirakenteiden-suunnitteluohje-osa3.pdf>

Mesimäki, P. & Harmaajärvi, R. 1989. Luonnonkivet ja julkisivut. Helsinki: Rakennuskirja Oy.

Pesubetonin valmistusohje. n.d. Finnsementti. Verkkosivu. Viitattu 13.5.2023. <https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Ffinnsementti.fi%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F01%2FPesubetonin-valmistusohje.pdf>

Piironen, T., Saastamoinen, U., Leskinen, P., Oinonen, K., Malmi, P., Strandell, A., Rehunen, A., Vartiainen, K., Saarela, S., Sankelo, P., Kangas, H., Peltomaa, J., Ruokamo, E. & Rummukainen, M. 2021. Maankäyttö- ja rakennuslain kokonaisuudistuksen ilmastovaikutusten arviointi. Pdf-tiedosto. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 27.4.2023. https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fmrluudistus.fi%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F01%2FMRL_ilmastovaikutusten_arviointi_raportti_taitettu_150121.pdf

Rakennusfakta. 2019. Tiiliverhouksen uusi ulottuvuus: Stobrick-tiililaatta. Verkkosivu. Viitattu. 19.5.2023. <https://www.rakennusfakta.fi/tiiliverhouksen-uusi-ulottuvuus-stobrick-tiililaatta-138145/uutiset.html>

RT 34-10997 Keraamiset laatat. 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 19.5.2023. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/resource/juha/content/3243#page=1>

RT 38-833 Luonnonkivilaatat, -muurit ja -paanut. 2016. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 20.5.2023. <https://liuskemestarit.fi/rt-kortti/>

RT 88-11015 Luonnonkivijulkisivut. 2010. Helsinki: Rakennustieto Oy. Viitattu 20.5.2023. <https://kortistot-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/resource/juha/content/4555#page=1>

Rudus ja muotobetoni yhteistyöhön. 2020. Rudus 22.9.2022. Viitattu 27.5.2023. <https://www.rudus.fi/ajankohtaista/2020/09/22/rudus-ja-muotobetoni-yhteistyohon>

Sandwich-julkisivut. 2023. Betoniteollisuus ry. Verkkosivu. Viitattu 11.5.2023. <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/julkisivujarjestelmat/sandwich-julkisivut>

Schröck, T. 2021. Mohs Scale & the Hardness of gemstones. The Natural Gem 1.4.2021. Viitattu 7.5.2023. <https://thenaturalgem.com/en/on-the-hardness-of-gemstones/>

Selonen, O., Jauhiainen, P. & Härmä, P. 2018. Luonnonkiviteollisuuden eurooppalaiset standardit ja CE-merkintä. Tekninen tiedote nro. 5. Pdf-tiedosto. Helsinki: Kiviteollisuusliitto ry. Viitattu 25.4.2023. https://docs.google.com/viewer?url=https%3A%2F%2Fkivi.info%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F04%2Ftekninen_tiedote_5_web2.pdf

Stonegroup Finland Oy. 2023. Liuskemestarit. Verkkosivu. Viitattu 1.6.2023. <https://liuskemestarit.fi/>

Tuoreen betonipinnan käsittelyt. n.d. Betoniteollisuus ry. Verkkosivu. Viitattu 13.5.2023. <https://betoni.com/suunnittelu/arkkitehtisuunnittelu/betonipinnat/tuoreen-betonipinnan-kasittelyt/>

Virtanen, J. Hallituksen puheenjohtaja, Porin elementtitehdas. 2023. Haastattelu 23.2.2023. Tampere.

Vänni, M. Laatupäällikkö, Valkeakosken betoni. 2023. Haastattelu 8.3.2023. Tampere.

LIITTEET

Liite 1. Ladontamalli moduulimitoitetulle, Bernardos-kivilaatalle.

LADONTAMALLI

Bernardos kivilaatta

Laattojen paksuus: 10 mm

Laattojen korkeus: 75-95-115 mm

Laattojen leveys: 595-1195 mm,
paikoittain 295-595 mm

Laattasauma: 5 mm

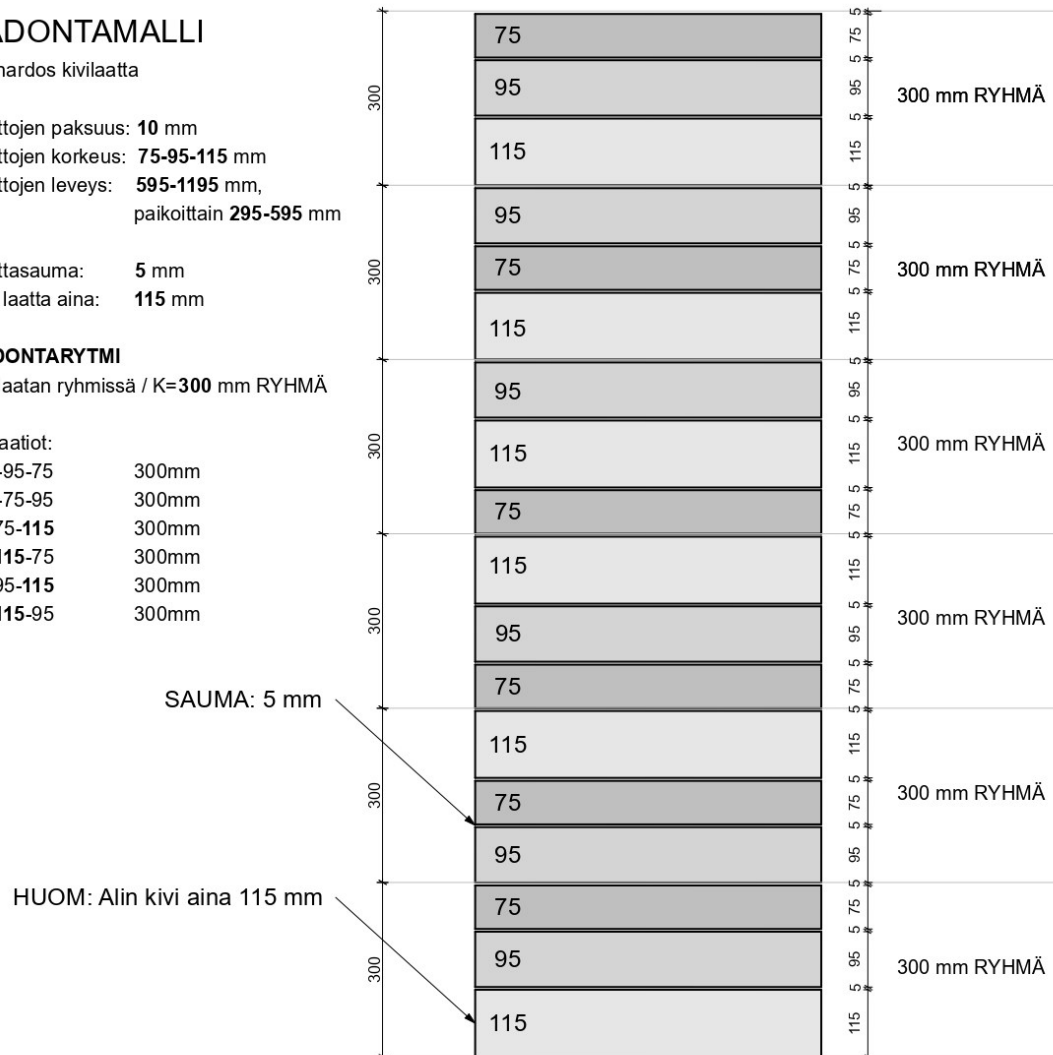
Alin laatta aina: 115 mm

LADONTARYTMI

3:n laatan ryhmissä / K=300 mm RYHMÄ

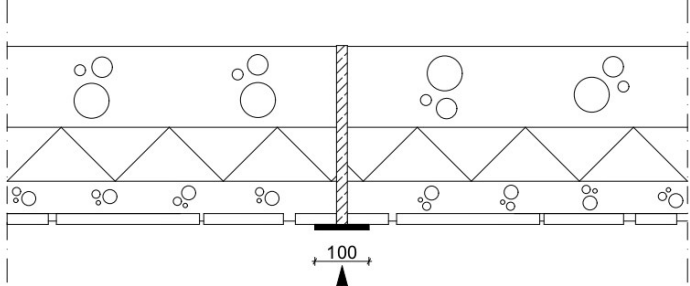
Variaatiot:

115-95-75	300mm
115-75-95	300mm
95-75-115	300mm
95-115-75	300mm
75-95-115	300mm
75-115-95	300mm



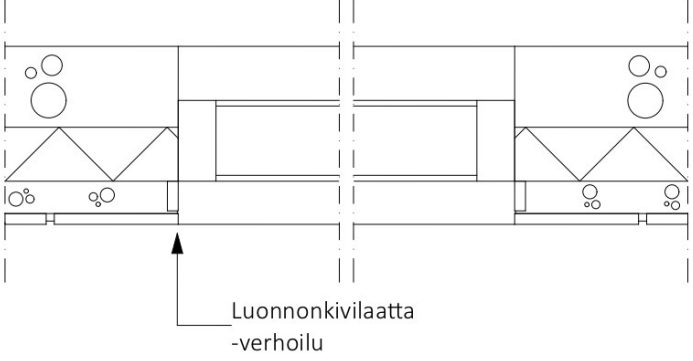
Liite 2. Rakennedetalji 01

ARCHICAD-OPISKELIJAVERSIO

DETALJI DET 01	
SISÄLTÖ Verhoiltu elementtien liikuntasäuma	MITTAKAAVA 1:10
SUUNNITTELIJA Keinänen E.	PVM. 7.6.2023
Periaatedetalji-suunnittelija suunnittelee rakenteet tapauskohtaisesti-periaatedetalji	
	
<p>Verhoilu laudalla, kivilevyllä, keraamisella verhouksella tai peltistalla.</p>	

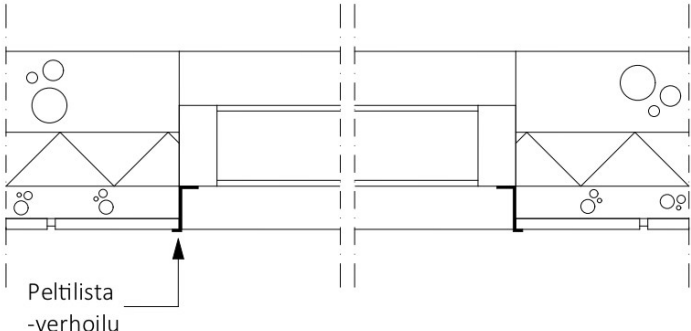
Liite 3. Rakennedetalji 02

ARCHICAD-OPISKELIJAVERSIO

DETAILI DET 02	
SISÄLTÖ Luonnonkivilaatala verhoiltu ikkuna-aukon pieli	MITTAKAAVA 1:10
SUUNNITTELIJA Keinänen E.	PVM. 7.6.2023
Periaatedetalji-suunnittelija suunnittelee rakenteet tapauskohtaisesti-periaatedetalji	
 <p>Luonnonkivilaatta -verhoilu</p>	

Liite 4. Rakennedetalji 03

ARCHICAD-OPISKELIJAVERSIO

DETALJI DET 03	
SISÄLTÖ Peltilistalla verhoiltu ikkuna-aukon pieli	MITTAKAAVA 1:10
SUUNNITTELIJA Keinänen E.	PVM. 7.6.2023
Periaatedetalji-suunnittelija suunnittelee rakenteet tapauskohtaisesti -periaatedetalji	
 <p>Peltilista -verhoilu</p>	

Liite 5. Rakennedetalji 04

ARCHICAD-OPISKELIJAVERSIO

DETALJI DET 04	
SISÄLTÖ Puskusaumalla toteutettu rakennuksen kulma	MITTAKAAVA 1:10
SUUNNITTELIJA Keinänen E.	PVM. 7.6.2023
Periaatedetalji-suunnittelija suunnittelee rakenteet tapauskohtaisesti-periaatedetalji	
<p>The drawing shows a cross-section of a corner joint between a vertical wall and a horizontal base. The wall is on the left, and the base is on the bottom. The joint is labeled 'Elastinen saumaus' (elastic joint) and 'Puskusauma' (push joint). A dimension of 350 is indicated for the vertical section. The drawing shows various layers, including insulation (indicated by wavy lines), structural layers, and a joint. The joint is formed by a vertical member and a horizontal member, with a diagonal member connecting them. The drawing is a technical drawing of a building detail.</p>	

Liite 5. Rakennedetalji 05

ARCHICAD-OPISKELIJAVERSIO

DETALJI DET 05	
SISÄLTÖ Levyllä verhoiltu rakennuksen kulma	MITTAKAAVA 1:10
SUUNNITTELIJA Keinänen E.	PVM. 7.6.2023
Periaatedetalji-suunnittelija suunnittelee rakenteet tapauskohtaisesti-periaatedetalji	
<p>Elastinen saumaus</p> <p>100</p> <p>100</p> <p>Verhous: keraaminen levy, puu- tai kivilista</p>	

Liite 6. Hintataulukko

BETONIELEMENTTIEN HINNAT ERI
PINTAKÄSITTELYILLÄ v. 2023 alv. 0%

Liuskekivipintainen kuorielementti, saumanleveys 2-4cm, ilman kiveä	134-150 €/m ²
Luonnonkivilaattapintainen kuorielementti, laattakoko 300x600, saumanleveys 5mm, ilman kiveä	120-150 €/m ²
Mosaiikkibetoni, kuorielementti	ei tietoa
Graafinen betoni, kuorielementti	145-155 €/m ²
Muotobetoni, kuorielementti	145-155 €/m ²
Sileä betonipinta, maalattavissa työmaalla, kuorielementti	110-114 €/m ²