

Veera Manninen

**LUONNONKIVITUOTANNON SIVUKIVEN
HYÖDYNTÄMINEN**
Case Ekograniitti

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Pirjo Kuula
Lokakuu 2020

TIIVISTELMÄ

Veera Manninen: Luonnonkivituotannon sivukiven hyödyntäminen, Case Ekograniitti
(Utilization of by-products in natural stone production, Case study Ecogranite)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikan TkK-tutkinto-ohjelma

Lokakuu 2020

Luonnonkivi on kestävä ja ekologinen luonnon raaka-aine, jota louhitaan kallioperästä. Ihminen on koko historiansa ajan käyttänyt luonnonkiveä hyväkseen rakentamisessa. Jotta rakentamisessa käytettävä luonnonkivi on riittävän ehjää, sen louhinnassa joudutaan irrottamaan kiveä paljon enemmän kuin tuotettava määrä. Rikkonainen, käyttötarkoitukseen kelpaamaton kivi on sivukiveä, jota on syntynyt suuria määriä vuosikymmenten aikana. Tässä kandidaatintyössä perehdyttiin luonnonkivituotannon sivukiven hyödyntämismahdollisuuksiin eri osa-alueilla ja jatkojalostustekniikoihin kuten murskaukseen ja lohkomiseen. Kandidaatintyö on toteutettu kirjallisuus- ja haastattelututkimuksena.

Luonnonkiviteollisuudessa tuotetaan laadukkaita ja ympäristöystävällisiä tuotteita, joilla on tarkat laatukriteerit. Tuotannon ohella syntyy sivukiveä 70-90%, jota ei hyödynnetä välittömästi. Suurin osa sivukivestä syntyy jo louhintavaiheessa. Materiaalina se on samaa kuin luonnonkivituote, mutta siinä esiintyy muun muassa värivirheitä, jonka takia sivukivi ei täytä luonnonkiven laatukriteereitä. Tällä hetkellä sivukivi luokitellaan pysyväksi jätteeksi. Suomalainen sivukivi on kuitenkin puhdas luonnon raaka-aine, jonka hyötykäytössä korostuvat kestävä kehitys ja matala hiilijalanjälki. Sivukivi soveltuu hyötykäyttöön useisiin kohteisiin sekä perustuotteiksi että erikoistuotteiksi erityisesti ympäristörakentamisessa.

Edistynyt teknologia näkyy kivikonekannoissa. Suuria blokkeja ja lohkareita voidaan rikottaa pienemmiksi kappaleiksi iskuvasaroilla ja näin hyödyntää kivet murskaamoilla tai hydraulisilla puristimilla. Mursketta voidaan hyödyntää maa- ja vesirakentamisessa muun muassa pengerryksissä ja tienpohjissa. Hydraulipuristimilla valmistetut lohkopintaiset erikoistuotteet ovat käyttövalmiita niin urakoitsijoille kuin yksityisasiakkaille. Lohkopintaisia tuotteita sivukivestä ovat muun muassa muurikivet sekä klassiset noppa- ja nupukivet. Sivukiven tuotteistamiselle on monia mahdollisuuksia ja yhteistyöt eri yritysten kanssa edistävät hyödyntämisen toteutumista.

Kandidaatin työn taustalla on edistysaskeleen ottanut suomalainen perheyritys Ikikivi Oy, joka on jatkojalostanut sivukivituotteita jo 20 vuoden ajan. He ovat laajentaneet omaa tuotantoaan muiden toimijoiden graniitti raaka-aineisiin ja luoneet laajan tuotesarjan niin kuluttaja-asiakkaiden kuin ammattiyrittäjien käytettäväksi. Uudesta liiketoiminnasta on syntynyt Ekograniitti tuoteperhe, joka tarjoaa lohkopintaisia, asennus- ja käyttövalmiita tuotteita sivukivestä.

Avainsanat: luonnonkivi, sivukivi, jatkojalostaminen, murskaus, lohkominen, ympäristörakentaminen, kestävä kehitys, hiilijalanjälki, vastuullisuus, kotimainen kivi, ekologisuus, kierrätettävyys, ekograniitti

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. LUONNONKIVITEOLLISUUS SUOMESSA	2
2.1 Luonnonkiviteollisuus osana kaivannaisteollisuutta	2
2.2 Luonnonkiven luokittelu	3
2.3 Louhinta ja jalostus	5
2.4 Luonnonkivituotannon ympäristövaikutukset	10
2.5 Luonnonkiviteollisuuden tuotteet ja käyttökohteet	12
3. LUONNONKIVITEOLLISUUDEN SIVUKIVI	15
3.1 Sivukivi	15
3.2 Sivukiven hyötykäyttöön vaikuttavat lait, asetukset ja ohjeet	16
3.3 Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi jätteeksi	18
4. SIVUKIVEN JATKOJALOSTAMINEN	22
4.1 Sivukiven hyötykäyttö ja tuotteistus	22
4.2 Sivukiven käyttökohteet	24
4.3 Mekaaniset jatkojalostusmenetelmät	26
4.4 Sivukivi maa- ja vesirakentamisessa	28
4.5 Sivukivi erikoistuotteina ympäristörakentamisessa	30
5. CASE EKOGRANIITTI	33
6. YHTEENVETO	35
LÄHTEET	36

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Kaivannaisteollisuuteen liittyvät toimijat ja toimialat</i>	2
Kuva 2.	<i>Suomalaisia lohko- tai liuskepintaisia luonnonkiviä A) Nilsiä kvartsiitti, liuskekivi B) Paljakan pronssi, liuskekivi C) Ylämaan spektroliitti, graniitti D) Savon helmi, graniitti E) Kurun harmaa, graniitti F) Taivassalon punainen, graniitti</i>	4
Kuva 3.	<i>Luonnonkivilouhimot vuonna 2017 (Romu et al. 2017)</i>	5
Kuva 4.	<i>Louhimon suunnitelma-alue (Romu et al. 2017)</i>	6
Kuva 5.	<i>Graniittilouhimon ottoalue, Mäntsälä</i>	7
Kuva 6.	<i>Liuskelouhimon ottoalue ja louhekasat, Nilsiä</i>	7
Kuva 7.	<i>Luonnonkivien tuotanto vuonna 2014 (Kaiva.fi)</i>	8
Kuva 8.	<i>Luonnonkivituotteiden viennin ja tuonnin määrä vuosina 2000- 2019 (Kainila & Laine 2020)</i>	9
Kuva 9.	<i>Luonnonkivien ja niihin liittyvien sivukivien louhinta Suomessa vuosina 1983-2014 (Kaiva.fi)</i>	9
Kuva 10.	<i>CO₂-päästöt neliometriä kohden eri katulaattavaihtoehdoille (kgCO₂/m²) (Kainila & Laine 2020)</i>	11
Kuva 11.	<i>Nilsiä kvartsiitti liuskeen käyttökohde referenssi A) Pihakivi B) Palaporras ja tukimuuri C) Sisustuskivet (Kuvat: Ikkivi Oy)</i>	12
Kuva 12.	<i>Graniitin käyttökohteita A) Perustus- ja rakennuskivi B) Puisto kalusteet ja rajaus C) Keittiötasot ja -välitilat</i>	13
Kuva 13.	<i>A) Suljetun graniittilouhimon sivukivikasa Myrskylässä B) Sivukivessä havaittava kvartsiitti virhe</i>	15
Kuva 14.	<i>Sivukivi A) vaikutus kiviyrityksen toimintaan B) mahdolliset aiheutuvat ongelmat C) halukkuus tuotteiden jalostamiseen (Räisänen et al. 2007)</i>	23
Kuva 15.	<i>Sivukiven potentiaaliset käyttökohteet raakoittain (Räisänen et al. 2007)</i>	25
Kuva 16.	<i>A) Lohkareita B) Koristerouhetta ja reunakiveä</i>	25
Kuva 17.	<i>Sivukiven kaato- ja murskausalue, Mäntsälä</i>	27
Kuva 18.	<i>A) Sivukivi louhetäyttö B) Mursketuotannon sivutuotteina syntyneitä seulanpääkiviä sekä mursketta</i>	29
Kuva 19.	<i>Sivukivistä valmistettuja lohkopintaisia graniitti tuotteita A) noppia B) muurikiviä</i>	31
Kuva 20.	<i>Puisto- ja kaupunkirakentaminen A) Poskikivet, Mäntsälä B) Hulevesien imeytysalue, Tuusula</i>	31
Kuva 21.	<i>Ekograniitti noppia ja nupuja Mäntsälän punaisesta A) Rajausta B) Pihakiveys</i>	33
Kuva 22.	<i>A) Sivukivi raaka-aine B) Valmistetut nuotiopesät</i>	34

1. JOHDANTO

Suomalainen kiviteollisuus on yli 130 vuotta vanhaa. Nykyaikainen teollinen kiven louhinta ja jalostus on alkanut jo 1800-luvun loppupuolella. Kivi kuuluu katukuvaan ja niistä voidaan havaita rakentamisen perinteet ja rakentamisajankohdan työtekniset ratkaisut. Vuosisadan vaihteessa tarvittiin rakentamiseen rakennuskiveä ja kadun päällyskiveä sekä Suomessa että ulkomailla. Suomesta on viety kiviteollisuuden historian aikana muun muassa graniittia Venäjälle ja USA:han. Ammattitaito on kehittynyt vuosikymmenillä ja nykyisin kiviteollisuudessa käytetään monipuolisesti uudenaikaisia tekniikoita louhinnassa sekä tuotteiden jalostuksessa. (Romu 2014; Selonen 2016 & 2017)

Luonnonkivi on arvostettu ja kestävä rakennusmateriaali. Suomessa tuotetaan luonnonkivituotteita graniitista, liuskeesta ja vuolukivestä. Suomalaista luonnonkiveä jalostetaan sekä kotimaassa että ulkomailla. Luonnonkiveä käytetään rakennus- ja ympäristökivinä sekä sisustuksessa. Käyttökohteita ovat muun muassa rakennusten perustukset ja julkisivut sekä ympäristössä muurit ja pihakiveykset. Luonnonkivi kestää sään rasituksia, kulutusta ja kuormia. (Kivi ry 2018)

Luonnonkivien louhinnassa tavoitteena on tuottaa useiden tonnien painoisia kiviblokkeja, joka täyttää laatukriteerit. Jotta haluttua luonnonkiven raaka-ainetta saadaan louhittua kivituotantoon ja lopulta valmistettua haluttu tuote, prosessissa syntyy sivutuotteena vaihtelevan kokoista sivukiveä. Sivukiven määrä on noin 80% kokonaislouhinnasta. Sivukiveä voidaan hyötykäyttää, koska se on samaa materiaalia kuin laatukriteerit täyttävä kivi. Sivukiven hyötykäyttämistä hidastavat logistiset kustannukset ja kannattavat liiketoimintamallit. (Räisänen et al. 2007)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä luonnonkivituotannossa syntyvään sivukiveen ja sen hyödyntämiseen jatkojalostettuina tuotteina. Sivukiven hyödyntäminen edistää kestävästä kehitystä. Sivukivellä on suuri potentiaali kivimarkkinoilla, kunhan hyötykäyttö on taloudellista ja logistisesti mahdollista. Työssä tuodaan esille sivukiven hyödyntämisen ongelmat. Lisäksi käsitellään nykyiset jatkojalostusmahdollisuudet sekä esitellään referenssikohteita sivukiven hyötykäytöstä. Opinnäytetyö perustuu kirjallisuustutkimukseen, haastatteluihin sekä tutustumiskäynteihin.

2. LUONNONKIVITEOLLISUUS SUOMESSA

2.1 Luonnonkiviteollisuus osana kaivannaisteollisuutta

Luonnonkiviteollisuus louhii luonnonkiveä ja valmistaa erilaisia luonnonkivituotteita. Luonnonkivi on luonnossa syntynyttä kiveä, jota voidaan louhia ja muotoilla haluttuihin määrämittäisiin rakennusalan käyttöön. Luonnonkiveä kutsutaan myös tarvekiveksi sekä rakennuskiveksi. Luonnonkiviteollisuuteen eivät kuulu tekokivituotteet, kuten betoni. (Selonen 2017)

Luonnonkiviteollisuus kuuluu kaivannaisteollisuuteen, johon kuuluvat myös kaivosteollisuus, kiviainesala, kone- ja laitevalmistus sekä kaivannaisteollisuutta tukevat palvelut. Kaivannaisteollisuuteen vaikuttavat monet eri tekijät, joista osa on havaittavissa kuvassa 1. Kaivostoimintaan kuuluvat malmien ja mineraalien louhinta sekä jalostus. Kiviainesteollisuus käsittää rakentamiseen tarvittavat rakeiset materiaalit ja tuotteet. Luonnonkivien tuotannossa valmistetaan muotoiltuja kivilohkareita ja tuotteita. Kaivannaisteollisuudella on merkityksellisyyttä aluetalouteen, ja sillä on positiivinen vaikutus kansantalouteen. (Ympäristöministeriö 2011; Selonen 2017)



Kuva 1. Kaivannaisteollisuuteen liittyvät toimijat ja toimialat

Kaivannaisteollisuuden toimintaa säädellään ympäristölainsäädännöllä. Toiminta on aina luvanvaraista, ja toimintaan vaaditaan muun muassa ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014) mukainen ympäristölupa. Kaivannaisteollisuuden jätteitä säädellään kaivannaisjäteasetuksella. (Ympäristöministeriö 2011)

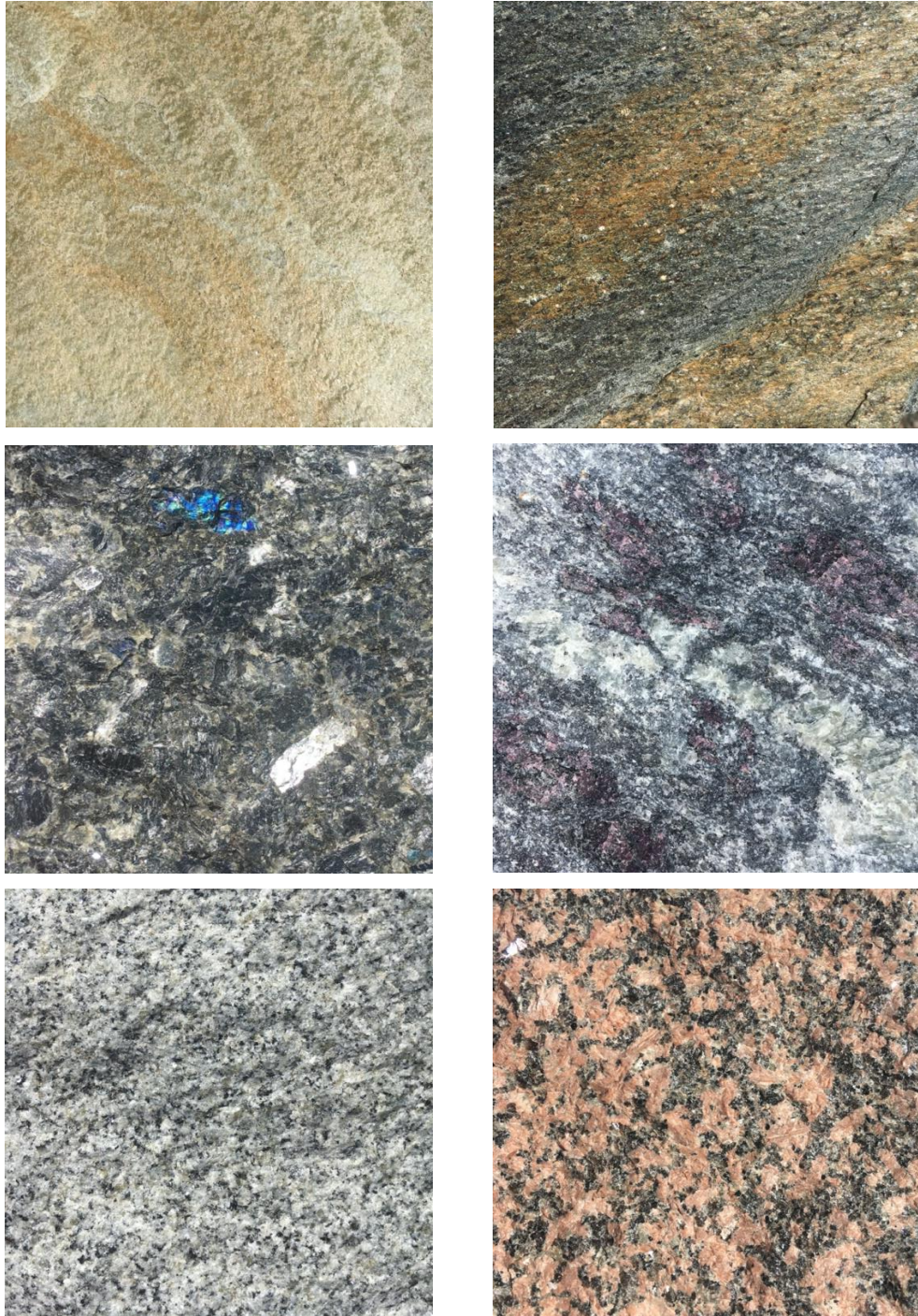
Kaivannaisteollisuudessa syntyy paljon sivukiveä, joka on käytöstä poistettua kivimateriaalia tai erotettu malmista. Sivukiveä syntyy kaikilla kaivannaisteollisuuden osa-alueilla. Sivukiven määrä kasvaa samassa suhteessa louhinnan ja tuotteiden valmistuksen kanssa. Sivukivi jää yleisesti käsittelemättä toiminnassa, mutta sitä voidaan hyödyntää kehittyneillä tekniikoilla. Sivukiven koko vaihtelee lietteestä lohkareisiin, jotka läjitetään sivukivikasoiksi odottamaan mahdollista hyötykäyttöä. Sivukiveä syntyy jopa 80 % luonnonkiviteollisuuden tuotannossa. (Ympäristöministeriö 2011; Kesäläinen 2017)

2.2 Luonnonkiven luokittelu

Kallioperä koostuu erilaisista kivilajeista, jotka eroavat iältään, syntyhistorialtaan, mineraalikoostumukseltaan ja rakenteeltaan. Luonnonkivi on luonnon prosessissa syntynttä kiveä. Kiviteollisuus hyödyntää vain korkealaatuisia kallioperän kivilajeja, joita voidaan louhia ja muotoilla tarkkoihin mittoihin. (Selonen 2017)

Kivilajit muodostuvat eri mineraaleista, joiden kemiallinen koostumus vaihtelee. Kivilajit jaetaan koostumuksensa mukaan kolmeen pääluokkaan: magmaattiset, sedimenttiset ja metamorfiset kivet. Sedimenttikivet syntyvät, kun rapautunut kiviaines kerrostuu ja kovettuu kerrostuneeksi kiveksi ajan kuluessa. Sedimenttikiven painuessa syvälle maan sisään mannerlaattojen liikkeen johdosta kiviaines joutuu maapallon sisäisten voimien puristukseen ja korkeaan lämpötilaan. Mineraalit kiteytyvät uudelleen ja syntyy metamorfisia kiviä, kuten gneissia. Jos kiviaines sulaa kokonaan uudeksi kivisulaksi eli magmaksi, se on jäähtymisen ja kiteytymisen jälkeen magmaattinen kivi. Magmakivet voidaan jakaa syntysyvyden ja rakenteen perusteella syväkiviin, juonikiviin ja pintakiviin. Suomessa esiintyy paljon tyypillistä syväkiveä eli graniittia. (Selonen 2017)

Edellä esitetty kiven geologinen luokittelu eroaa luonnonkiven kaupallisesta luokittelusta, joka perustuu louhinta- ja jalostusteknisiin ominaisuuksiin sekä kiven kovuuteen. Geologian kivilajeja käsitellään kiviteollisuudessa kivityypeinä. Niitä ovat muun muassa graniitti, vuolukivi, liuske ja marmori. Kuvassa 2 on esitetty esimerkkejä eri kivilajeista ja niiden ulkonäöstä. Kivet luokitellaan kiviteollisuudessa koviin, pehmeisiin ja liuskeisiin. Graniiteiksi kutsutaan kovia kiviä. Graniitti on geologisen määritelmän mukaan syväkivi, mutta kiviteollisuudessa graniitteihin luokitellaan sekä magmaattisia syväkiviä että metamorfisia kiviä, esimerkiksi graniitti, dioriitti, gabro, diabaasi sekä gneissi ja migmatiitti. Vuolukivet ja marmorit ovat pehmeitä kiviä. Liuskeet ovat suuntautuneita metamorfisia kiviä, jotka lohkeavat helposti laatoiksi. (Pokki et al. 2014; Selonen 2017)



Kuva 2. *Suomalaisia lohko- tai liuskepintaisia luonnonkiviä A) Nilsin kvartsiitti, liuskekivi B) Paljakan pronssi, liuskekivi C) Ylämaan spektroliitti, graniitti D) Savon helmi, graniitti E) Kurun harmaa, graniitti F) Taivassalon punainen, graniitti*

Kuten kuvasta 2 huomataan, luonnonkivien kaupalliseen nimeen liittyy usein louhintapaikka tai väri. Luonnonkivituotteiden nimeämisen peruseriaatteen on esitetty EN-standardissa SFS-EN 12440 (2017). Eurooppalaisten harmonisoidujen tuotestandardien mukaan jokaisesta markkinoilla olevasta luonnonkivestä on tiedettävä kyseisen kiven kauppanimi sekä geologinen kivilaji. (Selonen 2017)

2.3 Louhinta ja jalostus

Luonnonkivien toimiala jaetaan louhintaan ja tuotteiden valmistukseen. Suomessa toimii noin 200 luonnonkiviyritystä, jotka työllistävät louhintaan noin 250 henkilöä ja jalostukseen 1 200 henkilöä. Louhinnan ja jalostuksen määrä vaihtelee markkinatilanteen mukaan. Suomi on kansainvälisessä kiviteollisuudessa erittäin tunnettu ja arvostettu. Suomalaisen korkealaatuisen kiven lisäksi arvostetaan yritysten luotettavuutta. (Romu 2014; Kivi ry 2018)

Kivilouhimo on luonnonkiven louhintapaikka. Suomi on kansainvälisesti rikas kivimaa ja louhimoita sijaitsee ympäri Suomea (kuva 3). Suomessa sijaitsee laajoja kivi esiintymiä, joten luonnonkivilouhimot ovat yleisesti melko suuria. Suurin osa Suomen luonnonkiviyrityksistä on perheyriä. (Romu et al. 2017)

Luonnonkivilouhimot 2017



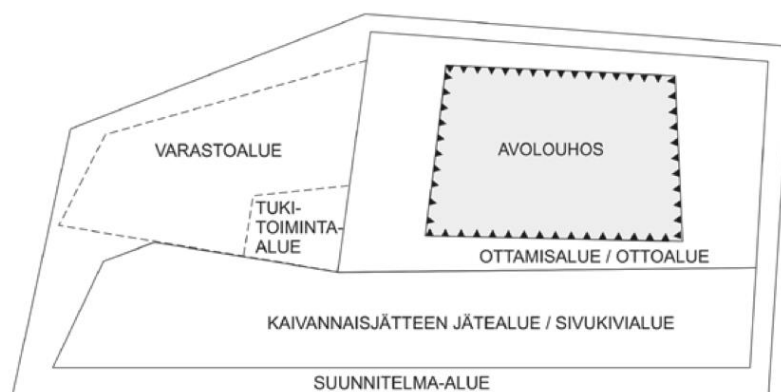
Kuva 3. Luonnonkivilouhimot vuonna 2017 (Romu et al. 2017)

Kivilouhimon toimintaan kuuluvat hyvän esiintymän etsintä, lupaprosessi viranomaisten kanssa, materiaalin louhinta, alueen maisemointi ja jälkikäyttö toiminnan loputtua. Luonnonkiveä louhitaan kalliosta isoina kappaleina ja jalostetaan mekaanisesti

lopputuotteiksi. Luonnonkiven louhintamenetelmät ovat mekaanisia ja niihin ei liity kemiallisia aineita. Korkeiden laatuvaatimusten vuoksi luonnonkiven louhinnassa syntyy yleisesti paljon sivukiveä. (Romu et al. 2017)

Kiviesiintymän soveltuvuutta arvioitaessa huomioidaan geologiset, infrastruktuuriset, kaupalliset ja tekniset tekijät. Tekijöihin kuuluvat esiintymän eheys ja koko, kiven ulkonäkö sekä mekaaniset ja fysikaaliset ominaisuudet, jotka vaikuttavat kiven kestävyYTEEN. Kuten kuvasta 3 huomataan, tärkeimmät louhinta-alueet sijaitsevat Kaakkois- ja Lounais-Suomen rapakivialueilla sekä Itä-Suomen vuolukivialueella. Louhintatoiminta tulee olla ympäristöllisesti kestävä, joten toiminnassa on huomioitava muun muassa asuttu elinympäristö ja luonnonsuojelu sekä sivukiven varastointi- ja käyttömahdollisuus. (Romu et al. 2017; Selonen 2017)

Luonnonkiven louhinta vaatii aina luvan, jonka lainsäädäntöpohjaan vaikuttaa louhittava kivityyppi. Louhintaan tarvitaan yleensä maa-ainesten ottolupa ja ympäristölupa. Poikkeuksena vuolukiven ja marmorin louhinta kuuluvat kaivoslain alaisuuteen, mutta niidenkin louhintaan vaaditaan ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa. Ennen kuin maa-ainesten ottolupaa voi hakea, yrityksellä täytyy olla maanomistajan kanssa sopimus kallion louhimisesta, joka on yleensä vuokrasopimus. Maa-aineslain mukaan louhinta-alue tulee olla toiminnanharjoittajan hallussa. Louhimon lupahakuprosessissa tulee esittää louhimon suunnitelma-alue (kuva 4). Luonnonkiven ottoapaikan alueisiin kuuluvat tukitoiminta-, otto-, varasto- ja sivukivialue sekä suojavyöhyke. (Kivi ry 2004; Selonen 2017)



Kuva 4. Louhimon suunnitelma-alue (Romu et al. 2017)

Kallion laatu vaikuttaa merkittävästi luonnonkiven louhintaan ja syntyvän sivukiven määrään. Kiviteollisuuden raaka-aineilla on laatuvaatimuksia, joten mikä tahansa kallio ei sovellu teollisuuden käyttöön. Kuten kuvasta 4 huomataan kaivannaisjätteen eli sivukiven alue vie huomattavan osan louhimon suunnitellusta alueen käytöstä. Jotta luonnonkiveä voidaan louhia mahdollisimman isoina lohkeina ja vähentää sivukiven

määrää, tulee esiintymän rakoilu olla harvaa ja säännöllistä. Rikkonaisen kallion louhinnasta syntyy enemmän sivukiveä kuin ehjän kallion. Riittävä eheys määräytyy muun muassa graniittituotannon louhinnan tavoitteellisesta blokkikoosta (kuva 5). Blokkikoko vaikuttaa lopullisten kivilaattojen kokoon. Liusketuotannossa kiveä ei louhita blokkeina vaan isoina lohkareina. Mitä parempi kallioesiintymä on, sitä vähemmän sivukiveä syntyy. Myös tuotantomenetelmät vaikuttavat sivukiven määrään. (Romu et al. 2017; Huhta K. & Huhta T. 2020)



Kuva 5. Graniittilouhimon ottoalue, Mäntsälä

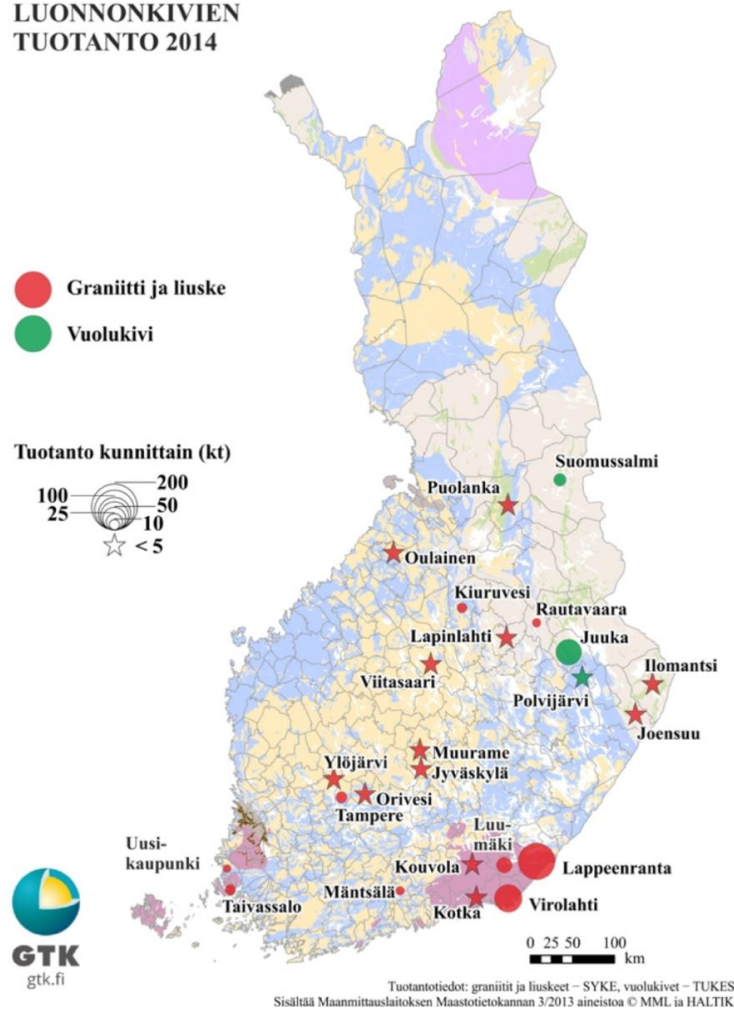
Vuosilouhinnan suuruus vaikuttaa siihen onko kiviesiintymä tarpeeksi iso luonnonkivituotannon tarpeisiin. Kuvassa 6 on esitetty liuskekivi louhimon ottoalue Nilsistä. Ottoalueen seinämistä louhitaan ehjää uutta materiaalia, jota otetaan tuotantoon tilauskannan mukaisesti. Valmiiksi irrotettua louhetta eli sivukiveä hyödynnetään myös tuotannossa muun muassa tukimuuri ja koristerouhe tuotteiden raaka-aineena. Kaikki louhittu materiaali pystytään hyödyntämään kehittyneen konetekniikan ja yhteistyökumppaneiden avulla. (Huhta K. & Huhta T. 2020)



Kuva 6. Liuskelouhimon ottoalue ja louhekasat, Nilsä

Luonnonkiven louhinta on luonteeltaan pitkäaikaista, mutta katkoja saattaa syntyä markkinatilanteen vaihteluista. Kuvassa 7 on esitetty luonnonkivituotanto kunnittain. Kaakkois-Suomessa tuotetaan jopa yli 90% Suomen rapakivituotannosta. (Pokki et al. 2014)

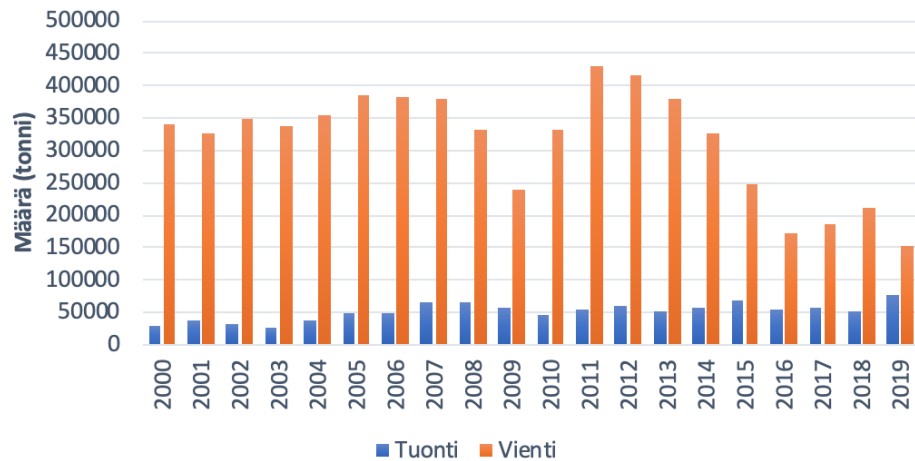
LUONNONKIVIEN TUOTANTO 2014



Kuva 7. Luonnonkivien tuotanto vuonna 2014 (Kaiva.fi)

Luonnonkivituotteiden valmistus sijaitsee yleensä lähellä tärkeimpiä louhinta-alueita. Luonnonkiven tuotantomäärissä on suuria eroja kuten paikkakunta-kohtaisesta kartasta huomataan (kuva 7).

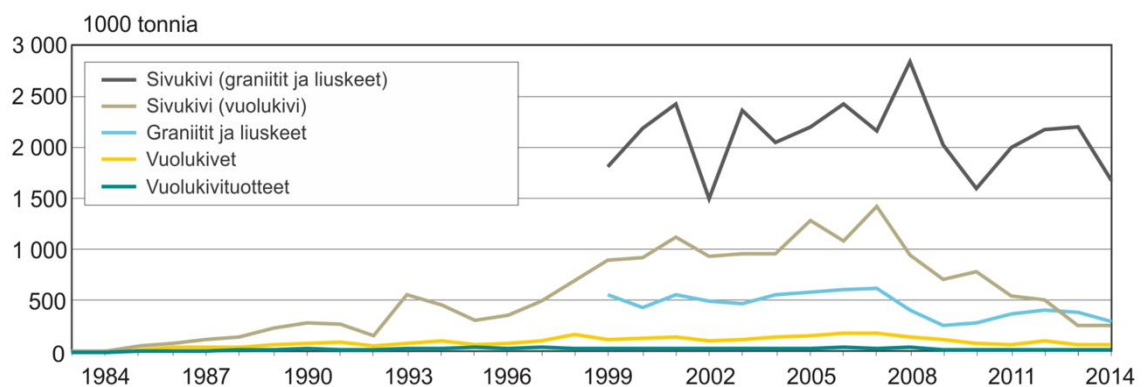
Suomilaisen kiven etuja ovat muun muassa matala hiilijalanjälki kotimaassa jalostettuna, ekologisuus, kestävyys Pohjoismaisissa olosuhteissa, materiaalin puhtaus, kierrätettävyys sekä saatavuus nyt ja tulevaisuudessa. Suomalaista kiveä viedäänkin sen etujen vuoksi myös maailmalle, kuten kuvasta 8 huomataan. Selvästi tärkein vientimaa on Kiina, joka jatkojalostaa kivit tuotteita. Kotimaan markkinoilla suomalaisen kiven kysyntä on noussut. Perinteisesti hyödynnetään paikallisia kivimateriaaleja, mutta erilaiset tuontituotteet ovat myös yleistyneet. Vanhoissa luonnonkivirakenteissa näkyvät paikalliset kivilaadut ja värit massiivisina lohkareina. (Romu 2014; Loukola-Ruskeeniemi et al. 2015; Kivi ry 2018; Kainila & Laine 2020)



Kuva 8. Luonnonkivituotteiden viennin ja tuonnin määrä vuosina 2000-2019 (Kainila & Laine 2020)

Maailman markkinatilanteen vaihtelu vaikuttaa myös luonnonkivialaan ja on havaittavissa viennin ja tuonnin määristä (kuva 8). Luonnonkiviteollisuuden liikevaihto on keskimäärin 230 miljoonaa euroa. Kiviteollisuudella on suuri merkitys paikallisessa taloudessa erityisesti Kaakkois- ja Itä-Suomessa. (Loukola-Ruskeeniemi et al. 2015)

Suurin osa luonnonkivien kokonaislouhinnasta koostuu sivukivien louhinnasta. Luonnonkivien louhintatilastot (kuvat 9) eivät ole täysin luotettavia muun muassa raportoinnin käsitteellisten eroavaisuuksien vuoksi. Tilastoihin syntyy virheellisyyttä myös siitä, jos sivukiven määrä luokitellaan virheellisesti luonnonkiven tuotannon lukuun. Suomessa tuotetaan eniten luonnonkivi tuotteita graniiteista, vuolukivistä sekä liuskeista. (Pokki et al. 2014)



Kuva 9. Luonnonkivien ja niihin liittyvien sivukivien louhinta Suomessa vuosina 1983-2014 (Kaiva.fi)

Louhinnassa huomataan suuria vaihteluita. Sivukiven määrä on huomattavasti suurempi verrattuna haluttuun materiaaliin. Näin ollen alkutuotantoon sidotaan paljon pääomaa, jotta jalostus olisi louhitusta tuotteesta mahdollista.

2.4 Luonnonkivituotannon ympäristövaikutukset

Luonnonkivituotannon ympäristövaikutuksia ovat muun muassa louhinnasta syntyvät haitat kuten melu ja tärinä sekä erilaiset päästöt. Luonnonkiven louhinnan ympäristövaikutukset ovat pääosin pieniä ja paikallisia, jotka rajoittuvat louhimoalueelle tai sen välittömään läheisyyteen. Luonnonkiven louhinnasta ei ole terveyshaittoja ympäristön asukkaille tai luonnolle. (Kivi ry 2004)

Louhimon työn äänet ovat melunlähteitä. Melun määrälle on annettu ohjearvot ja se voidaan selvittää meluselvityksen avulla. Ohjearvot ovat lähimmässä asuinalossa 55 desibeliä ja loma-asunnossa 45 desibeliä. Melun voimakkuuteen ja leviämiseen vaikuttavat louhimon koko, louhinnan työvaihe ja louhinnan eteneminen. Kehittyneet työtekniikat ja laitteet ovat vähentäneet melun määrää louhimoilla. Melun kuuluvuuteen vaikuttavat myös ympäristön maastonmuodot ja sää. Louhimon aluesuunnitelmalla voidaan vaikuttaa melun leviämiseen ympäristöön, esimerkiksi sivukivikasojen sijoittaminen meluvalleiksi voi parhaimmillaan alentaa melun äänitasoa ympäristössä 20 dB:llä. Myös sivukiven kaato sijoitusalueelle aiheuttaa melua, mutta on louhimon kokonaisäänitasoon nähden pientä. Yhden sivukivikaadon äänialtistus on keskimäärin 135 dB(A). Sivukivestä rakennetut melusteet ovat korvattavissa maa-aineksilla tai erilaisilla aitarakenteilla. (Kivi ry 2004; Romu 2014)

Kivilouhimolla räjäytettäessä ympäristöön leviää tärinää ja ilmanpaineaalto. Ihminen havaitsee herkästi nämä räjäytyksestä seuraavat vaikutukset. Tärinän määrä pystytään mittaamaan tärinämittareilla ja yleisesti louhinnan tärinä tai ei leviä kauas eikä aiheuta vaurioitumisriskiä lähiympäristön rakennuksille. Tarvittaessa voidaan tehdä kiinteistökatselmuksia. Toiminnanharjoittaja on vastuussa mahdollisista lähirakennusten vaurioista. Myös louhimon liikennöinti voi aiheuttaa häiritsevää tärinää lähialueelle. (Kivi ry 2004; Romu 2014)

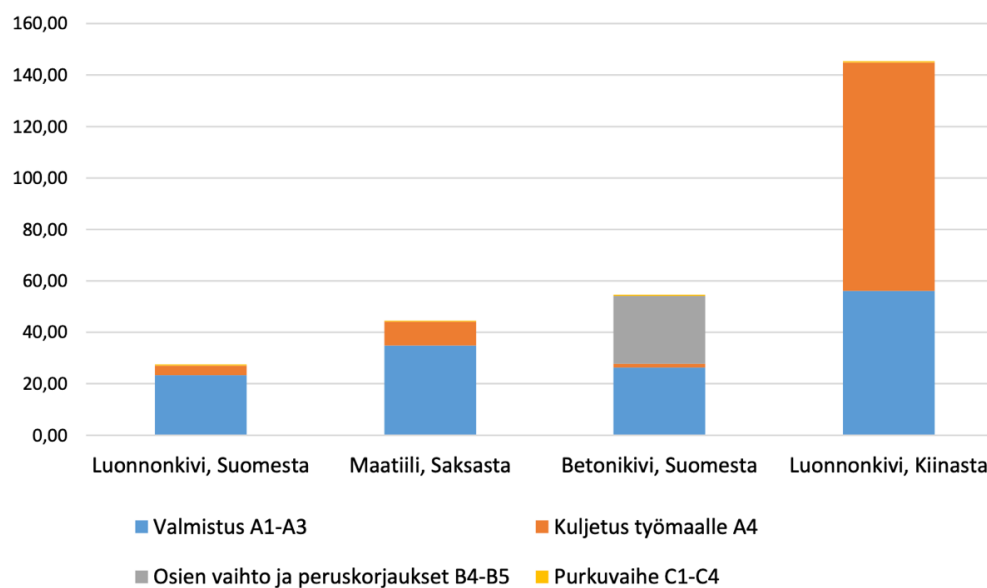
Kivilouhimolla ja tuotteiden jalostuksessa syntyy pölyä. Karkeista hiukkasista muodostuvaa pölyä syntyy muun muassa porauksesta. Porauslaitteissa on imurit, jotka keräävät pölyä. Luonnonkivituotannossa ei juurikaan synny pienhiukkaspäästöjä muuta kuin työkoneiden pakokaasuista. Pölyn määrä vähenee nopeasti poistuttaessa louhimon alueelta ja sen läheisyydestä. Pölyn määrää rajoitetaan muun muassa kastelulla. (Kivi ry 2004; Romu 2014)

Luonnonkiven louhinta ei yleensä vaikuta pohjaveden laatuun tai korkeuteen, koska kivilouhimot ja kallion pohjavesivarastot sijaitsevat eri alueilla. Pohjavesivarastot sijaitsevat rikkonaisilla kallioalueilla, jotka eivät sovellu luonnonkiviteollisuuteen. Luonnonkivituotantoon halutaan mahdollisimman tiivistä kalliota, jotta suuret blokkikoot

ovat mahdolliset ja kivi täyttää laatuvaatimukset. Louhimoiden kallion ehjyyden takia, louhimon pintavedet eivät myöskään imeydy pohjaveteen. (Kivi ry 2004; Romu 2014)

Luonnonkivituotantoon eivät yleensä sovellu kivet, joiden mineraaleihin sisältyy metalleja kuten rautaa. Koska ruostuvat kivet eivät sovellu luonnonkivituotantoon, niiden louhinta ja erityisesti varastoitava sivukivi on puhdasta eikä aiheuta ympäristölle kemiallista kuormitusta. Poikkeuksena ovat esimerkiksi liuskeet ja tummat kivet, joissa voi esiintyä rautaa, rikkiä tai arseenia. Mahdollisten metallimineraalien vaikutusta ympäristöön pyritään hallitsemaan ja rajaamaan mahdollisimman pienelle alueelle. (Kivi ry 2004; Romu 2014)

Luonnonkiviteollisuuden lopputuotteissa ei tapahdu fyysikaalisia eikä kemiallisia muutoksia tai aiheudu päästöjä. Tuotteet eivät tarvitse juurikaan huoltoa, eivätkä ne homehdu. Kotimaisen luonnonkiven hiilijalanjälki on huomattavasti pienempi kuin tuontikivien. (Selonen 2017). Kuvassa 10 on esitetty hiilidioksidipäästöjen määrä sekä kotimaisille että ulkomaisille eri materiaaleista valmistetuille katulaatoille vuoden 2020 tutkimuksen perusteella. Luonnonkivien SFS-EN 15804 -standardin mukaiset EPD:t eli ympäristöselosteet on julkaistu 23.4.2020 Rakennustietosäätiön RTS-EPD -järjestelmässä.



Kuva 10. CO₂-päästöt neliometriä kohden eri katulaattovaihtoehtoille (kgCO₂/m²) (Kainila & Laine 2020)

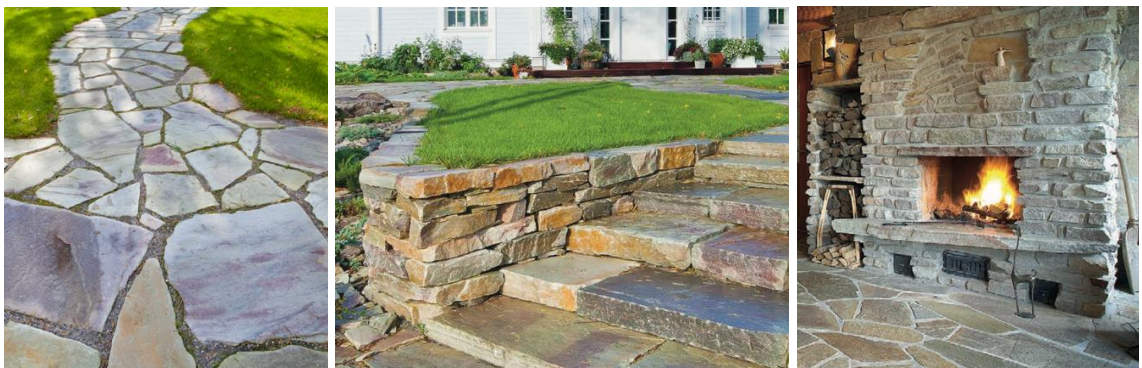
Kuvasta 10 huomataan, että kotimaisen tuotteen suosiminen edistää ilmastotavoitteiden saavuttamista huomattavasti pienemmillä CO₂-päästöillä. Tutkimuksessa on arvioitu keskimääräiseksi kuljetusmatkaksi 200 km suomalaiselle luonnonkivelle, jolloin tonnin painoinen kuorma aiheuttaa noin 8 kgCO₂e-päästöjä. Vastaava luonnonkivikuorma Kiinasta aiheuttaa noin 412 kgCO₂e-päästöjä, jolloin päästömäärä on yli 50-kertainen.

Vaikka ulkomainen kivi olisikin kustannuksiltaan halvempi vaihtoehto kuin kotimainen, on kotimaisen luonnonkiven kannattaminen ympäristöystävällisempää ja asiakkaalle kannattavampaa. Näin varmistutaan teknisten ominaisuuksien luotettavuudesta, kiven kestävydestä Pohjoismaisissa olosuhteissa sekä alhaisesta ympäristön kuormituksesta. Luonnonkivituotteiden ympäristöluokitusjärjestelmissä, kuten yhdysvaltalaisessa LEED- tai brittiläisessä BREEAM -järjestelmissä, voidaan arvioida ympäristövaikutusten myönteistä kehittämistä. Järjestelmissä tarkastellaan tuotteen koko elinkaarta louhinnasta asennetun tuotteen purkamiseen. (Kivi ry 2018; Kainila & Laine 2020)

Tuotteiden ekologisuus riippuu niiden elinkaaresta ja tuotannon ympäristövaikutuksista. Luonnonkivi on kierrätettävää materiaalia, josta aiheutuu ympäristölle vain pieniä hiilidioksidikuormia tuotteen jalostuksesta ja kuljetuksesta. Tuotteet ovat korkealaatuisia. Louhinnassa huomioidaan ympäristövaikutukset ja tuotteiden valmistuksen olosuhteet. Rakentamisessa luonnonkiven käyttö on ekologisesti kestävä, koska kivenlouhinnan ympäristövaikutukset ovat vähäisiä kiven pitkään käyttöikänsä suhteutettuna. Luonnonkivirakenteilla on pienet ylläpitokustannukset materiaalin kestävyuden ansiosta. (Lonka et al. 2015; Selonen 2017; Kivi ry 2018)

2.5 Luonnonkiviteollisuuden tuotteet ja käyttökohteet

Luonnonkivituotannon tuotteet ovat rakentamiseen käytettävää kiveä muun muassa ulko- ja sisäverhouksiin, lattioihin ja tulisijoihin sekä erilaisiin ympäristökohteisiin (kuvat 11 ja 12). Luonnonkivi tuotteiden kirjo on valtava ja niitä tehdään myös mittatilaustyönä käyttökohteeseen räätälöitynä. Kivien valinnassa rakennettuun ympäristöön huomioidaan kestävän rakentamisen periaatteet, pitkä käyttöikä, helppohoitoisuus, uudelleen asennettavuus sekä kierrätettävyys. (Kivi ry 2018)



Kuva 11. Nilsin kvartsiitti liuskeen käyttökohteet referenssi A) Pihakivi B) Palaporras ja tukimuuri C) Sisustuskivet (Kuvat: Ikikivi Oy)



Kuva 12. Graniitin käyttökohteita A) Perustus- ja rakennuskivi B) Puisto kalusteet ja rajaus C) Keittiötasot ja -välitilat

Pintakäsittelyllä on vaikutusta kivituohteen ulkonäköön sekä teknisiin ominaisuuksiin. Luonnonkivillä on useita pintakäsittelyvaihtoehtoja, kuten kiillotus, hionta, poltto, ristipäähakkaus, kuulapuhallus ja lohkonta. Kiiltävä pinta on väriältään voimakkain ja karkea pinta vaalein. Pintakäsittelyllä voidaan korostaa materiaalin olemusta ja sopivuutta muihin kohteissa käytettäviin materiaaleihin. Tuotteen käyttökohde voi asettaa tiettyjä ehtoja pintakäsittelylle, kuten esimerkiksi liukastumisvaaran vuoksi ulkoportaisiin ei voida valita kiillotettua tuotetta. (Selonen 2017; Kivi ry 2018)

Luonnonkivituotteet tukevat kestäväää rakentamista, koska luonnonkivellä on matalat elinkaarikustannukset ja hyvät kierrätettävyyismahdollisuudet. Kestävän rakentamisen periaatteita tukee myös raaka-aineen alkuperän ja tuottajan tietojen ilmoittaminen tuotteen myynnin yhteydessä. Raaka-aineesta vaaditaan kiven geologinen nimi, kaupp nimi ja tekniset tiedot. Raaka-aineen alkuperätiedot kuten louhimon paikkakunta, nimi ja koordinaatit ovat tärkeitä. (Kivi ry 2018)

CE-merkinnän avulla luonnonkivituotteen valmistaja takaa tuotteen täyttävän rakennustuoteasetuksen ja yhdenmukaisten tuotestandardien vaatimukset. CE-merkinnän saamiseksi tulee tuotantoa valvoa tuottajan laadunvalvontajärjestelmän mukaisesti ja tuotteesta tulee testata standardeissa määritellyillä testausmenetelmillä. CE-merkintää varten laaditaan rakennustuoteasetuksen mukainen suoritusasoilmoitus. Vaatimusten mukainen tuote on CE-merkitty ja näin ollen voi liikkua vapaasti EU:n alueella. Myös EU:n alueelle tuotavat tuotteet on CE-merkittävä. (Tukes)

Luonnonkivituotteilta vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia ja niihin liittyviä vaatimustasoja muun muassa kestävyden osalta. Säänkestävyydellä tarkoitetaan, että kiven tulee käytön aikaisissa olosuhteissa säilyttää alkuperäinen ulkonäkö koko rakennuksen suunnitellun käyttöiän ajan. Säärasituksia ovat muun muassa lämpötilavaihtelu, sade, jäätyminen ja auringon UV-säteily. Suomessa vaaditaan pakkas-suolarasituksen kestävyden testausta. (Kivi ry 2018)

Kivirakenteelta odotetaan yli 100 vuoden käyttöikä. Käyttökohteen haluttu laatu ja rakenne saavutetaan oikealla kivilajivalinnalla, jolloin taataan tuotteen toimivuus kohteessa pitkällä tähtäimellä. Kivivalinnat vaikuttavat merkittävästi hankkeiden kustannuksiin. Kivi ry on julkaissut luonnonkivien hankintaohjeen, joka koskee erityisesti julkisia hankkeita. Ohjeella pyritään vaikuttamaan muun muassa hankintojen vastuullisuuteen sekä hiilijalanjäljen huomiointiin materiaalin valinnoissa käyttökohteisiin. Kotimaisilla luonnonkivituotteilla on matalan hiilijalanjälki ja hyvä kulutuskestävyys. (Kivi ry 2018)

Kivituotteiden käyttökohteissa on vaatimuksia eri ominaisuuksista, kuten lujuudesta. Tärkeimpänä valintaperusteena käyttökohteeseen kuitenkin pidetään ulkonäköä ja väriä. Kivilajit ovat ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan erilaisia. Jokainen kivilaji antaa omanlaisen esteettisen vaikutuksen käyttökohteessaan. Ajalliset ja alueelliset trendit ohjaavat kiven käyttöä. Luonnonkiven rakenne, raekoko ja väritys vaikuttaa sen ulkonäköön. Luonnonkivituotannossa käytettävissä kivissä ei saisi olla liikaa ulkonäöllistä vaihtelua. Kivi on kuitenkin luonnonmateriaali, jossa on luonnollista värin ja ulkonäön vaihtelua, jolla ei yleisesti ole vaikutusta muun muassa kestävyteen. (Selonen 2017; Kivi ry 2018)

3. LUONNONKIVITEOLLISUUDEN SIVUKIVI

3.1 Sivukivi

Kuten aiemmin on todettu, luonnonkiviteollisuudessa syntyy haluttujen tuotteiden lisäksi sivukiveä. Sivukiveä muodostuu koko prosessin aikana louhinnasta aina kiviblokkien työstämiseen ja jatkojalostukseen. Suurin osa sivukivestä syntyy louhinnan yhteydessä. Sitä ei pystytä käyttämään välittömästi tuotannossa. Sivukiven koko vaihtelee metrien kokoisista kivilohkareista hienorakeiseen kiviainekseen (kuva 13).

Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportin mukaan Suomessa luonnonkiven kokonaislouhinta oli 3,2 Mt vuonna 2012. Kokonaislouhinnasta sivukiveä oli 2,7 Mt, joka tarkoittaa, että luonnonkiven louhinnassa sivukiven osuus oli 84%. Luonnonkivituotannon 0,5 Mt:stä oli 65% rapakivigraniittia, 14% muita graniitteja sekä liuskeita ja 21% vuolukiveä. Luonnonkivistä syntyy myös pienehköjä määriä sivukiveä jalostusprosessin aikana. (Pokki et al. 2014)



Kuva 13. A) Suljetun graniittilouhimon sivukivikasa Myrskylässä B) Sivukivessä havaittava kvartsiitti virhe

Sivukivi on periaatteessa ympäristökelpoinen rakennusmateriaali, mutta sivukivi luokitellaan nykyisen lainsäädännön mukaan jätteeksi (luku 3.3). Se on ulkonäöllisesti vaihtelevaa (kuva 13) tai kooltaan liian pientä tuotannon tarpeisiin. Sivukivi ei täytä vaadittuja laatu- tai kokovaatimuksia, vaikka se on koostumukseltaan samaa materiaalia kuin varsinaiset luonnonkivituotannon tuotteet. Sivukiveen ei ole lisätty ihmiselle tai luonnolle haitallista ainetta. Se on luontaisesti pysyvää ja liukenematonta materiaalia, joten sivukivestä tai sen varastoinnista ei synny kemiallista kuormitusta maaperään tai

pohjaveteen. Se varastoidaan louhimon toiminta-alueelle. (Kivi ry; Kivi ry 2004; Selonen 2017)

Paikallinen maisema muuttuu sivukiven varastoinnista. Kuten kuvista 4 ja 13A huomataan, sivukiven varastointialue vie huomattavan osan louhoksen suunnitellusta alueen käytöstä. Sivukiveä jatkojalostaessa voidaan samalla pienentää louhoksen pintaa ja säästää alueen olemuksen muuttumista, joka aiheutuu sivukiven läjityksestä. Nykyiset sivukivien varastokasat ovat heterogeenisiä eli niissä ilmenee lohkokeroon vaihtelua. Kun louhimon toiminta lopetetaan, sivukiven varastointialueet maisemoidaan siten, että mahdolliselle sivukiven hyötykäytölle ei ole haittaa tulevaisuudessa. Vanhoissa suljetuissa louhimoissa voidaan havainta maisemointitapoja, joista on haittaa mahdolliselle sivukiven hyötykäytölle. Orgaaniset aineet heikentävät sivukivien laatua, jos sivukiviä ei ole lajiteltu. Lajittelu olisi harkittavissa oleva tapa lupakäytäntöihin, jos selkeä hyötykäyttökohde olisi tiedossa, jolloin maisemoinnin aloitusta voitaisiin pitkittää. (Räisänen 2007; Romu et al. 2017)

3.2 Sivukiven hyötykäyttöön vaikuttavat lait, asetukset ja ohjeet

Luonnonkiven louhintaa, ottamista ja jalostusta säädellään Suomessa monin tavoin. Sovellettava lainsäädäntö riippuu kivityypistä. Luonnonkiven ottamis- ja jalostustoimintaa säätelevät ja ohjaavat muun muassa seuraavat lait ja asetukset:

- Maa-ainelaki (MAL 555/1981) ja -asetus (MAA 926/2005)
- Ympäristönsuojelulaki (YSL 527/2014) ja -asetus (YSA 713/2014)
- Ympäristönvaikutusten arviointimenettelu laki (YVAL 468/1994) ja -asetus (713/2006)
- Vesilaki (VL 587/2011)
- Jätelaki (JL 646/2011) ja -asetus (JäteA 1390/1993)
- Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL 132/1999) ja -asetus (895/1999)
- Kaivoslaki (KaivosL 621/2011)
- Ympäristövahinkolaki (YVL 737/1994)
- Valtioneuvoston asetukset kaivannaisjätteistä (VnA 190/2013) sekä kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristösuojelusta (VnA 800/2010 ns. MURAU-asetus)
- Rakennustuoteasetus (305/2011)

- Luonnonsuojelulaki (LSL 1096/1996). (Räisänen 2007; Romu 2014; Lonka 2015)

Sivukivi on luokiteltu EY:n tuomioistuimessa sekä Suomen korkeimman hallinto-oikeuden päätöksessä jätteeksi. Nykyisin Suomessa määrävänä tekijänä on kaivannaisjäteasetuksen (VnA 190/2013) ja muun jätelainsäädännön mukainen jäteluokitus. ”Jätelain mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä (JL 3§). EU:ssa luokitellaan lainsäädännöllisesti useat sivutuotteet jätteiksi, vaikka niillä olisikin taloudellista arvoa ja hyötykäyttömahdollisuuksia.” Sivukiven jätestatusta on mahdollista muuttaa esimerkiksi vapaaehtoisella End of Waste –menettelyllä (EoW). Menettely vaatii tuotteen ympäristökriteerien tarkkaa määrittelyä yhteistyössä viranomaisten kanssa. (Räisänen et al. 2007)

Sivukivi on nykyisissä luokituksissa vielä jäte, jonka ammattimaiseen ja laitospäin käsittelyyn tarvitaan viranomaislupa. Tavanomainen kotitarvekäyttö ei kuulu luvanvaraisuuden alaisuuteen. Tapauskohtaisesti on sovittavat sivukiven omistusoikeus maanomistajan ja toiminnanharjoittajan välillä. Suomessa luonnonkivituotantoa säätelee erityisesti maa-aineslaki, ympäristösuojelulaki sekä lupakohtaiset määräykset. Louhimoille myönnettyt louhintaluvat ovat määräaikaista. (Ympäristöministeriö 2009; Romu 2014; Lonka et al. 2015; Romu et al. 2017)

Maa-aineslupa säätelee tuotannon sijoittumista sekä louhintaa. Lupaa ei voida myöntää, jos toiminnasta aiheutuu haitallisia vaikutuksia (MAL 3§, 1. momentti). Ympäristöluvassa säännellään toiminnan vaikutukset, jotta estetään ympäristön pilaantumien. Ympäristönsuojelulain mukaiseen ympäristölupaan tulee liittää lupaharkinnan kannalta oleelliset tiedot muun muassa toiminnasta, sen vaikutuksista ja asianosaisista. Kunnan ympäristöviranomaisen käsittelee maa-ainestenottoluvan sekä ympäristöluvan hakemukset ja voi myöntää louhinnalle luvan enintään 10, 15 tai 20 vuoden ajaksi, jos louhimon toiminta täyttää vaatimukset. Maa-aineslain ja ympäristönsuojelulain lupamenettelyt ovat yhdistyneet 1.7.2016, joten lupa voidaan hakea yhdellä hakemuksella. (Ympäristöministeriö 2009; Romu 2014; Lonka et al. 2015; Romu et al. 2017)

Valtioneuvoston asetus kivilouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta määrittelee kivilouhimoiden ympäristönsuojelun tason niille louhimoille, jotka eivät ole kaivoslain alaisia. Asetuksen mukaan luonnonkivituotantoa harjoitetaan arkipäivisin yhdessä työvuorossa, pääsääntöisesti klo 6 ja 22 välisenä aikana, jotta mahdolliset meluhaitat lähiympäristössä minimoidaan. Asetuksessa määritellään muun muassa vähimmäisetäisyydet louhimon läheisyydessä oleviin

rakennuksiin. Louhinnan ympäristövaikutuksista kerrottiin luvussa 2.4 ja niitä tarkkaillaan koko toiminnan ajan. Melu rajoittuu louhimon seinämiin ja automatisoiduissa tuotannon laitteissa on pölynkeräimiä. Sivukiveä hyödyntäessä aluetta rajaavat ja suojaavat sivukivikasat pienenevät, jolloin louhintasuuntien suunnittelun merkitys korostuu louhimoilla. Tarvittaessa pölyn leviämistä vähennetään louhimon kastelulla. (Ympäristöministeriö 2009; Romu 2014; Lonka et al. 2015; Romu et al. 2017)

Lupiin sisältyy louhimon maisemointisuunnitelma. Maisemoinnilla pyritään takaamaan turvallinen ympäristö suljetuissa louhimoissa, minkä toiminnanharjoittaja vakuuttaa kunnalle. Maisemoinnissa tulee huomioida mahdollinen sivukiven käyttäminen myöhemmin. Sivukivikasoja ei tule peittää. Louhimon alueelta tulee poistaa vaaralliset kohdat ja sortumisvaarat. (Ympäristöministeriö 2009; Lonka et al. 2015; Romu et al. 2017)

Kaivannaistoiminnassa tulee laatia kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma valtioneuvoston asetuksen mukaisesti. Jätehuoltosuunnitelma toimitetaan kunnan valvontaviranomaisille. Jätehuoltosuunnitelmassa tulee esittää kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittely. Ympäristöministeriö on julkaissut oppaan kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittelystä (Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi), josta kerrotaan lisää luvussa 3.3. Kaivannaisjätteiden sijoitusalueet voivat aiheuttaa suuronnettomuuden vaaraa. (Ympäristöministeriö 2011; Romu et al. 2017; Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu)

3.3 Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi jätteeksi

Kaivannaisjätteeksi luokitellaan käytöstä poistettu maa-aines, sivukivi ja rikastushiekka. Kaivannaisjätettä syntyy paljon louhostoiminnassa, jopa yli 75% koko Suomen jätemäärästä. Kaivannaisjätteet sijoitetaan yleensä kasoiksi louhimon sisällä, vaikka jäte olisi käyttökelpoista muihin tarkoituksiin kuin varsinainen tuotannon tuote. Kaivannaisjätteisiin liittyy useita lakeja, säädöksiä sekä asetuksia, jotka säätelevät kaivannaisteollisuuden jätehuoltoa. Laissa ja -asetuksissa määritellään kaivannaisjätteen luokitteluperusteet, jotka ovat pysyvä, tavanomainen tai vaarallinen jäte. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu)

Geologian tutkimuskeskus ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus ovat laatineet oppaan kaivannaisjätteiden pysyväksi luokittelusta. Opas on laadittu ministeriöiden toimeksiantona. Luokitteluopasta käytetään sovellettaessa valtioneuvoston asetusta kaivannaisjätteistä (190/2013). Sen tavoitteena on kaivannaisjätteen

ympäristökelpoisuuden osoittaminen sekä kestäväällä tavalla loppusijoittaminen. (Ympäristöministeriö 2011)

Kaivannaisteollisuuden sivukiveä syntyy eniten kaivosteollisuudessa ja vähiten kiviainesteollisuudessa. Jos sivukiven määrä suhteutetaan kokonaislouhintaan, luonnonkiviteollisuuden sivukiven prosentuaalinen määrä on suurempi kuin kaivosteollisuuden. Vain osa kaivannaisteollisuuden sivukivestä täyttää pysyvän kaivannaisjätteen kriteerit. (Ympäristöministeriö 2011)

Kaivannaisjätteen täyttäessä kaivannaisjäteasetuksen kriteerit, se voidaan luokitella pysyväksi. Kivilaji vaikuttaa siihen, onko louhinnassa syntyvä sivukivi pysyvää kaivannaisjätettä jo ilman erillisiä testausmenettelyitä. Kaivannaisjätteitä voidaan testata eri menetelmin, jotta varmistutaan asetuksen kriteerien täyttymisestä. Testausmenettelyillä varmistutaan pysyvyyoluokittelun perusteista, jos aikaisempi tieto on puutteellista. (Ympäristöministeriö 2011)

Ilman testausta kaivannaisjätettä voidaan osoittaa pysyväksi, jos jäte täyttää seuraavat vaatimukset lyhyellä tai pitkällä aikavälillä valtioneuvoston kaivannaisjäte asetuksen mukaisesti:

- Jäte ei hajoa eikä liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle ja ihmisten terveydelle
- Jätteen sulfidirikkipitoisuus on enintään 0,1 % tai
- Sulfidirikkipitoisuus on enintään 1 prosentti ja neutraloimispotentiaalisuhde menetelmällä EN 15875 määritettynä suurempi kuin 3
- Jätteestä ei aiheudu itsesyttymisen vaaraa eikä se pala
- Jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien mahdollisesti haitallisten aineiden pitoisuudet eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (PIMA) annetussa VNa:ssa (214/2007) esitettyjä kynnyksarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia. Tällaisia aineita ovat erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy, vanadiini ja sinkki.
- Jäte ei sisällä louhinnassa tai rikastuksessa käytettyjä haitallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle. (Ympäristöministeriö 2011)

Taulukossa 1 on esitetty pysyvien kaivannaisjätteiden kriteerit täyttävät kivilajit. Kivilajeissa esiintyy luonnollista vaihtelua. Kivilajien luokittelu pysyväksi jätteeksi perustuu päämineraalien paljoussuhteeseen.

Taulukko 1 Kivilajit, jotka täyttävät pysyvän kaivannaisjätteen kriteerit. (Ympäristöministeriö 2011)

Kivilaji	Tarkennus (sisältää kivilajit)
Kvartsiitti	
Arkoosi	
Graniitti	graniitti, gneissigraniitti, graniittinen pegmatiitti
Syenitoidi	syeniitti, (kvartsi)montsoniitti
Granodioriitti	granodioriitti, gneissigranodioriitti, granodioriittineosomi
Tonaliitti	tonaliitti, gneissitonaliitti, tonaliittineosomi, trondhjemiiitti
Hapan/vaalea gneissi	hapan/vaalea gneissi, granodioriittigneissi, graniittigneissi, kvartsimaaälpägneissi, tonaliittigneissi
Hapan/vaalea migmatiitti	
Anortosiitti	Anortosiitti, gabroanortosiitti
Kalkkikivi	

Kaivannaisjätteen pysyväksi luokitteluun tarvittavien tietojen hankintaprosessiin osallistuu jätteen tuottaja, asiantuntija, viranomainen sekä tarvittaessa analyysilaboratorio. Prosessin tarkoituksena on varmistaa tietojen kattavuus ja luotettavuus sekä niiden perusteella luoda laadunhallintajärjestelmä. Kansallisen luettelon perusteella kaivannaisjäte voidaan osoittaa pysyväksi, kun kerätään taustatiedot, selvitetään sivukiven kivilaji ja osoitetaan sen yhdenmukaisuus pysyviin kaivannaisjäte kivilajeihin sekä kaivannaisjätteen kriteereihin. Tapauskohtainen tarkastelu tehdään, jos sivukivi ei kuulu taulukon 1 kivilajeihin. (Ympäristöministeriö 2011)

Jos ympäristölle tai ihmisen terveydelle haitallisten aineiden PIMA-kynnysarvo ylittyy tai alueen maaperässä havaitaan taustapitoisuuksia, sivukivi luokitellaan ei-pysyväksi jätteeksi. Tällöin edellytetään lisätutkimuksia kivilajia käytettäessä ja sijoitettaessa. Taulukossa 2 on esitetty haitallisten aineiden kynnysarvot. Lisäksi tarkastellaan rikkipitoisuutta ja neutraloimispotentiaalisuhdetta sekä louhinnan räjähdysainejäämiä. (Ympäristöministeriö 2011)

Taulukko 2 Haitallisten metallien ja puolimetallien PIMA-kynnysarvot (Ympäristöministeriö 2011)

Alkuaine	Kynnysarvo, mg/kg
Antimoni, Sb	2
Arseeni, As	5
Elohopea, Hg	0,5
Kadmium, Cd	1
Koboltti, Co	20
Kromi, Cr	100
Kupari, Cu	100
Lyijy, Pb	60
Nikkeli, Ni	50
Sinkki, Zn	200
Vanadiini, V	100

Näytteet tulee ottaa kaikista kaivannaistoiminnan alueella sijaitsevista kivilajeista, joita louhitaan, tullaan louhimaan tai on jo loppusijoitettu. Näytemäärä riippuu jätemäärästä. Suoritettavan tutkimuksen laajuus riippuu louhostoiminnan tilanteesta. Tuleva tai jo läjitetty sivukivi tulee vastata ympäristöluvan laatutietoja. Sivukiven laadunhallintaan voidaan soveltaa normaalia laadunhallintajärjestelmä, jos sellainen on sivukiventuottajalla käytössä. Laadunvalvontaan kuuluu tutkimuksia, päteviä vastuuhenkilöitä, ohjeita, seuranta ja raportointia. (Ympäristöministeriö 2011)

4. SIVUKIVEN JATKOJALOSTAMINEN

4.1 Sivukiven hyötykäyttö ja tuotteistus

Sivukivi on hyvä esimerkki materiaalista, joka toteuttaa kestäväen kehityksen periaatteet, kun se saatetaan hyötykäytettäväksi. Sivukiveä voidaan hyödyntää sellaisenaan tai jatkojalostettuna tuotteena. Sivukivi on ekologinen valinta ja sen hyötykäyttöä tulisi edistää, koska sivukiveä syntyy noin 80% luonnonkivien kokonaislouhinnasta ja niillä voitaisiin korvata tavallisia kiviaineksia ja säästää kiviainesvarantoja tuleville sukupolville. Sivukivi on puhdas luonnonmateriaali, joka ei aiheuta haitallisia päästöjä ympäristölle. Sen ympäristölliset vaikutukset rajoittuvat lähinnä maisemallisiin muutoksiin sivukiven läjityksen takia. Sivukiveä kutsutaankin ”vihreäksi kiviainekseksi”, joka tehostaa luonnonkivialan ekotehokkuutta ja vähentää jätettä. Sivukiveä hyödyntämällä säästytään uusien kallioalueiden louhimiselta. (Räisänen et al. 2007)

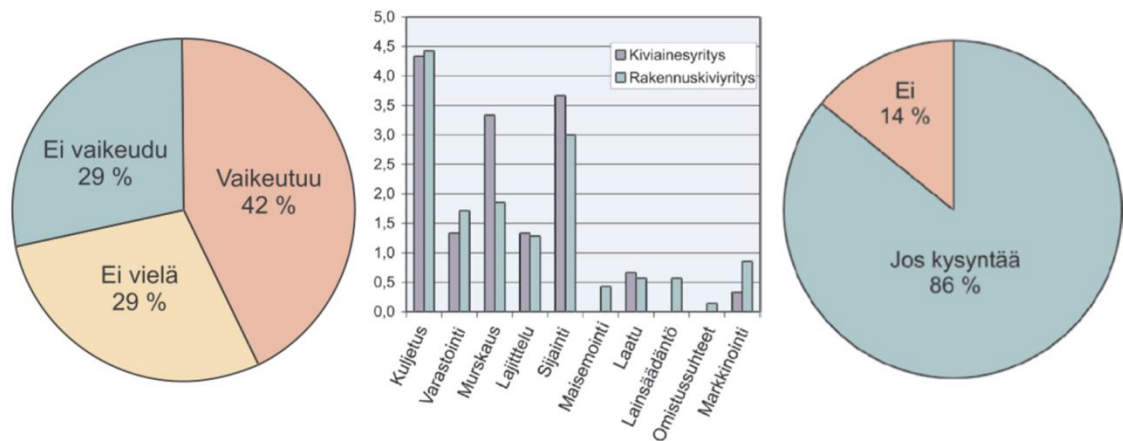
Sivukiven hyötykäytön kehittämistä parantaa kiven esteettisyyden ja kestävyys suosio. Sivukivi soveltuu vesi- ja ympäristörakentamiseen esim. aallonmurtajiksi ja piharakenteisiin. Sivukiveä voidaan hyödyntää mekaanisesti jalostettuna tai suoraan sellaisenaan. Tuotteita voi olla muun muassa murskeet, muuri- ja pihakivet. Mursketuotteena sivukivellä voidaan korvata harjusoraa sen varojen vähentyessä. Vuolukiven ja graniitin louhinnan sivukiveä voidaan hyödyntää esim. keramiikan raaka-aineena. (Kivi ry 2004; Räisänen et al. 2007)

Sivukivien tuotteistamista edistää siitä valmistettujen tuotteiden CE-merkintä. CE-merkinnän tarkoituksena on poistaa kauppaesteet tuotteilta Euroopan alueella. Sivukivituotteiden CE-merkinnälle ei ole esteitä, mutta se vaatii erityistoimenpiteitä, jotta valmistettavan tuotteen laatu on hallittua. CE-merkitty sivukivituote testataan samoilla menetelmillä kuin luonnonkivituote, jolloin saadut ominaisuudet ovat verrattavissa toisiinsa. Näin varmistutaan, että tuote täyttää ominaisuuksiin liittyvät vaatimukset. CE-merkityllä tuotteella tulee olla määriteltynä myyjä, joka saattaa tuotteen markkinoille ja vastaa laadun määrittelemisestä ja testaamisesta. (Räisänen et al. 2007; Lonka et al. 2015)

Sivukiven tuotteistus on tärkeää, koska tuotteilla olisi kivimarkkinoilla kilpailukyky. Sivukivituotteiden markkina-arvoa nostaa ympäristöystävällisyys. CE-merkintä edistää myynnin ja erityisesti viennin mahdollisuuksia. Sivukivituotteiden myönteistä julkisuutta ja kysyntää voidaan kasvattaa muun muassa referenssikohteilla ja mallirakennelmilla. Yhteistyöverkostojen luominen auttaa sivukiven hyödyntämisessä, mikä vaatii

sitoutumista ja johdonmukaisuutta. Sivukivituotteiden markkinoinnissa ja myynnissä voidaan hyödyntää suoraa hankintaa tai välittäjiä. Markkinointi on tärkeä osa liiketoimintaa, jolla saadaan lisättyä tietoisuutta asiakasryhmille. Internet-pohjaisten materiaalipankkien hyödyntäminen edistäisi materiaalien markkinointia ja välittämistä. (Räisänen et al. 2007; Lonka et al. 2015)

Kaakkois-Suomessa on tehty tutkimusraportti sivukivien hyötykäytöstä. Tutkimuksessa toteutettuun kyselyyn on vastannut 7 luonnonkiviyrittäystä. Tutkimuksen kyselyn tuloksia on esitetty kuvassa 14, josta huomataan, että yli puolelle ei ole aiheutunut ongelmia sivukivestä. Tarkemmin eriteltynä kuljetus ja sijainti ovat suurimmat ongelmat hyötykäytössä. Osa yrityksistä uskoo haittojen lisääntyvän tulevaisuudessa. Kuvassa mainitut ongelmat pahimmassa tapauksessa estävät hyötykäytön toteutumisen. Vaikka ongelmia on havaittavissa, positiivista asennetta löytyy jatkojalostamista kohtaan. (Räisänen et al. 2007)



Kuva 14. Sivukivi A) vaikutus kiviyrityksen toimintaan B) mahdolliset aiheutuvat ongelmat C) halukkuus tuotteiden jalostamiseen (Räisänen et al. 2007)

”Hyötykäytön laajamittaiset ongelmat ovat samankaltaisia useilla alueilla niin Suomessa kuin kansainvälisesti, mutta paikallistasolla hyötykäytössä on suuria eroja.” (Räisänen et al. 2007) Sivukivien hyötykäyttö ja lajittelu on yrityskohtaista, koska hyödyntämisen tulee perustua taloudellisiin reunaehtoihin sekä koko louhimotoiminnan vaikutuksiin. Toiminnanharjoittajat sijoittavat yleisesti sivukivet samaan kasaan, jotta kustannukset ovat mahdollisimman pieniä. Kyselyn mukaan yrittäjät ovat valmiita lajittelemaan sivukiviä eri kasoihin jalostusta varten, jos lähitulevaisuudessa on havaittavissa sivukiven hyötykäyttökohteita. Hyötykäytön tulee olla taloudellisesti kannattavaa. Lajittelu helpottaa sivukiven hyödyntämismahdollisuuksia, kun sivukivi on valmiiksi lohkokoon mukaisissa kasoissa. Kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti sivukiven ylijalostaminen ei ole hyvää toimintaa koska siitä aiheutuu ylimääräisiä päästöjä ja kustannuksia. (Räisänen et al. 2007)

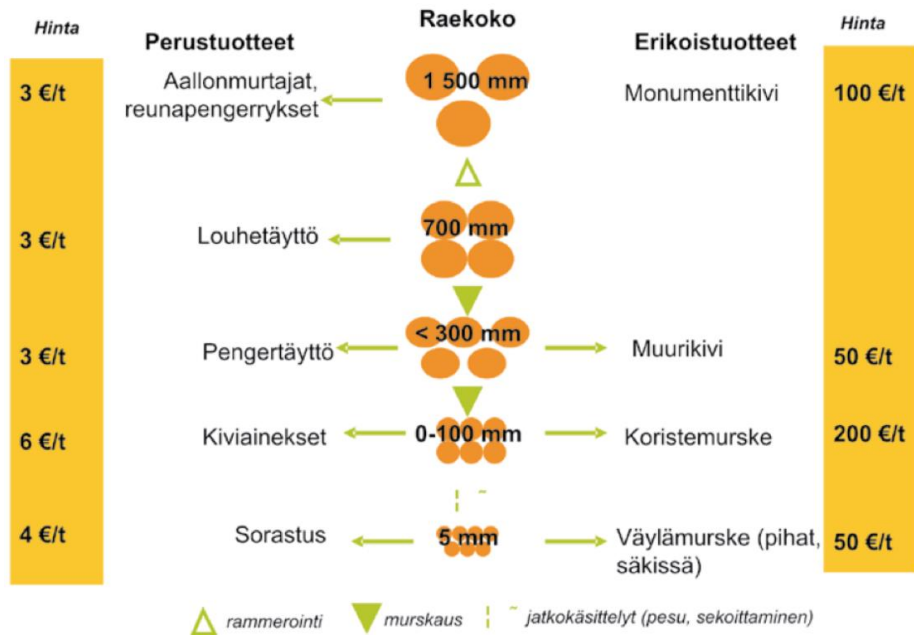
Sivukiven hyödyntämistä haittaa louhimoiden syrjäinen sijainti ja siitä johtuvat kuljetuskustannukset. Sivukivien varastot sijaitsevat usein kaukana kuljetuskeskuksista, jolloin kuljetuskustannukset nousevat. (Kivi ry 2004) Suuret volyymit mahdollistaisivat kuljetuskustannusten vähenemisen, mutta vaativat markkinointia ja jakelua, joka saattaa muodostua investointien osalta joillekin pienyrittäjille kynnyskysymykseksi. Viimeaikaisen hinnoittelun mukaisesti kuormaus on noin 0,3-0,5 €/tonni. Kuljetuskustannukset nousevat kuljetusetäisyyteen nähden. Kuljetuskustannukset ovat 50 km:lle noin 3,9 €/tonni. Kuljetusetäisyyden kasvaessa kaksinkertaiseksi, myös kustannukset lähes tuplaantuvat. (Räisänen et al. 2007)

Puutteellinen kalusto sivukiven jatkojalostukseen heikentää nykyistä hyödyntämistä. Vaikka osa yrittäjistä kokee sivukiven ongelmaksi, sen hyödyntäminen edistäisi ekologisuutta ja yritykset saisivat kaiken louhittavan materiaalin hyötykäyttöön, joten luonnonkivi esiintymien kallioita säästyisi louhinnalta. Alueellisia selvityksiä ja tutkimuksia voisi suorittaa myös vanhoille suljetuille louhoksille. Tällä hetkellä on halvempaa avata uusi louhos lähelle hyödyntämiskohdetta kuin hyödyntää sivukiveä tuotuna pitkillä kuljetuksilla. Ajatuksen kääntäminen sivukiven kannalta hyödylliseksi vaatii markkinointia, sivukiven hinnan nousua ja kuljetuksista muodostuvien kustannusten laskua. (Räisänen et al. 2007)

Korkeiden sivukivikasojen hyödyntämisessä esiintyy turvallisuusriskejä. Sivukivikasoissa ilmenee sortumisvaara. Sivukivien läjityskasoissa on useiden tonnien painoisia kiviblokkeja, jotka aiheuttavat vakavia tapaturmia liikkuessaan hallitsemattomasti purettavasta kivikasasta. Sivukivien kuljettamiseen käytetään yleisesti normaaleja kuljetuskalustoja. Sivukivien jalostuksessa tulee huolehtia ja valvoa työturvallisuuden toteutumista. (Räisänen et al. 2007)

4.2 Sivukiven käyttökohteet

Sivukivi soveltuu rakentamismateriaaliksi ympäristörakentamiseen. Sivukivelle on useita mahdollisia käyttökohteita ja tuotteille on asetettu erilaisia käyttövaatimuksia käyttökohteen mukaan. Kuvassa 15 on esitetty sivukiven potentiaaliset käyttökohteet ja niiden hinnat raekoittain. (Räisänen et al. 2007)



Kuva 15. Sivukiven potentiaaliset käyttökohteet raekoittain (Räisänen et al. 2007)

Sivukivestä on mahdollista valmistaa infrarakentamisen perustuotteita ja ympäristörakentamisen erikoistuotteita. Erikoistuotteiden hinta on huomattavasti suurempi kuin perustuotteiden, kuten kuvasta 15 havaitaan. Infrarakentamisessa sivukiveä voidaan hyödyntää useista tonneja muun muassa louhepenkereissä, pohjanvahvistuksessa, massanvaihdossa, meluvälleissä sekä sorateiden ja asfaltin kiviaineksena. Sivukivestä murskattua kiviainesta voidaan käyttää myös betonin kiviaineksena. Pienemmät erikoistuote-erät voivat hyödyttää muun muassa alueellista taloutta ja työllisyyttä. Sivukivien yleisen hyödyntämättömyyden ongelma ei ratkea yksittäisillä pienillä myyntierillä. Erikoistuotteita käytetään usein maisemakuvan ja viihtyisyyden parantamisessa (kuvat 16). (Räisänen et al. 2007)



Kuva 16. A) Lohkareita B) Koristerouhetta ja reunakiveä

Kun sivukiveä hyödynnetään kiviaineksena, sen laatu pitää määrittää käyttökohteen kriteerien perusteella. Kun sivukiven laatu tunnetaan, materiaalia voidaan hyödyntää mahdollisimman laajasti eri käyttökohteisiin kuvan 15 mukaisesti. Laadun määrittely ja

tuotteiden luokittelu pohjautuu yhteiseurooppalaisiin testausmenetelmä- ja tuotestandardeihin. Käyttökelpoisuus aiottuun käyttökohteeseen todetaan tuotestandardin alkutestauksella. Näytteistä määritetään käyttökohteen kriteerien perusteella kiintotiheys, lujuusominaisuudet, iskunkestävyys ja nastarengaskulutuskestävyys. Määritettävään lujuusarvoon vaikuttavat geologiset ominaisuudet kuten kivilaji ja mineraalikoostumus sekä tuotteen valmistuksesta johtuvat ominaisuudet kuten raemuoto. Tuotteen ominaisuudet määritetään aina tuotantoaikaisella testauksella. (Räisänen et al. 2007)

Sivukiveä hyödyntäessä tulee huomioida mahdollisten radioaktiivisten alkuaineiden pitoisuudet materiaalissa, koska sillä on vaikutusta käyttökohteen valintaan. Kiven radioaktiivisuus ei yleisti aiheuta ongelmia ympäristörakentamisen kohteissa, mutta käytettäessä esimerkiksi betonin kiviaineksena radioaktiivisuudella on merkitystä. Tarkemmat ohjeet radioaktiivisuuden mittaamisesta ja raja-arvoista on saatavissa Säteilyturvakeskukselta (STUK). (Räisänen et al. 2007)

4.3 Mekaaniset jatkojalostusmenetelmät

Sivukivien koko vaihtelee suurista blokeista hienorakeiseen pölyyn. Sivukivistä voidaan jalostaa useita eri tuotteita, kunhan jatkojalostukseen käytettävät laitteet ja oikeat liiketoimintamallit löytyvät.

Sivukivet rikkoutuvat murskatessa heikkousvyöhykkeitä pitkin, mikä on luonnollista luonnonkivelle halkeamien takia. Rikotussa kiviaineksessa on vähemmän halkeamia, jolloin lujuusominaisuudet paranevat. Ylisuurien sivukivi lohcareiden rikotus aiheuttaa lisäkustannuksia, koska kivet ovat yleisesti rakenteeltaan ehjiä ja tasapintaisia kuten varsinaiset halutut tuotannon materiaalit. Ehjien sivukivien murskaaminen kuluttaa enemmän energiaa kuin normaalin kalliolouheen. Ylisuurien lohcareiden rikkomiseen voidaan hyödyntää muun muassa Rammer-iskuvasaraa, jotta sivukivi mahtuu esimurskaaminen. Hydraulinen iskuvasara on kiinnitettävissä tela-alustaiseen kaivinkoneeseen. Murskaamisessa voidaan hyödyntää erillistä urakoitsijaa ja tehdä yhteistyösopimuksia (kuva 17). (Räisänen et al. 2007, Palin Granit Oy 2011)



Kuva 17. Sivukiven kaato- ja murskausalue, Mäntsälä

Murskatussa sivukivessä on hienoainesvaje, jota voidaan tasoittaa sekoittamalla se normaaliin kalliolouheeseen, jos tavoitellaan nollapohjaista kiviainesta. Hienoainesvajeista sivukivimursketta voidaan kuitenkin hyödyntää muun muassa hiekoitussepinä ja kapillaarikatkoissa. Ylisuuret sivukivet tulisikin hyödyntää mieluummin sellaisenaan ja hyödyntää murskattavaksi jo valmiiksi pienempiä sivukiviä. (Räisänen et al. 2007)

Sivukiveä voidaan hyödyntää erikoistuotteiksi mekaanisilla hydraulipuristimilla, joiden puristusvoiman ansiosta pystytään valmistamaan lohkopintaisia tuotteita. Hydraulipuristimella tehdyt tuotteet kuuluvat erikoistuotteisiin joiden markkinahinta on korkeampi kuin murskeen. Puristin on taloudellisempi sivukiven jalostuskeino kuin esimerkiksi sahaaminen. Hydraulipuristimen puristusvoiman suuruus vaikuttaa halkaistavan kiven maksimikokoon. Suuremmilla puristimilla pystytään sivukivilohkareista lohkomään kappaleita, joiden käsittelemiseen riittää ihmisvoimat, jolloin lopullinen tuotteeksi mitoittaminen on helpompi saavuttaa pienemmillä puristimilla. Lohkopintaisia tuotteita pystytään valmistamaan muutaman senttimetrin mittatoleranssilla. (Huhta K. & Huhta T. 2020)

Määrämittaisten erikoistuotteiden valmistus sivukivestä alkaa raaka-aine lohcareiden valinnasta. Raaka-aine kappaleen tulee olla riittävän suuri, jotta siitä pystytään jalostamaan tuotteita. Lohkareista tehdään aihioita poraamalla ja kiilaamalla tai hydraulipuristimen avulla, jolloin raaka-aineen käsiteltävyys helpottuu. Raaka-aineena voidaan myös hyödyntää muun muassa hautakiviveistämöiden sahattuja sivukivi aihioita. Jotta aihoiden lohkomisessa syntyisi mahdollisimman vähän epämääräisen kokoista louhetta, pyritään ahiot mitoittamaan tuotteelle sopivaksi. Jokaisesta ahiosta tulee noin yksi tai useampi kappale lopullista tuotetta, riippuen tuotteen koosta. (Huhta K. & Huhta T. 2020)

Olemassa oleva pinta pyritään säilyttämään sivukiven erikoistuotteilla. Ympäristölaatuilla tuotteilla laatuvaatimukset sallivat muun muassa elävän lohkopinnan, jolloin tuotteen tuotannolliset kustannukset pysyvät kurissa. Eri syistä epäonnistuneiden pintakäsittelyiden sivukivet hyödyntämällä sivukivi tuotteisiin tulee erilaisia pintakäsittely tekniikoiden pintoja esimerkiksi kiillotettua sahapintaa tai ristipäähakattua kiveä. Luonnonkiviä asennettaessa kivi asetetaan siten, että haluttu sivu jää näkyville. (Huhta K. & Huhta T. 2020)

4.4 Sivukivi maa- ja vesirakentamisessa

Suomen maarakentamisen projekteissa käytetään vuosittain noin 100 miljoonaa tonnia luonnon kiviaineksia. Tästä määrästä 60 % on murskattuja kiviaineksia. Sivutuotteilla voitaisiin korvata jopa 10% maarakentamiseen tarvittavasta kiviaineksesta. Kivituotannon sivutuotteiden käyttämisellä voidaan säästää merkittävästi uusiutumattomia luonnonvaroja kuten soraa ja hiekkaa, joiden saatavuus on rajoitettua ja osaa varannoista suojellaan jo muun muassa pohjavesien takia. (Räisänen et al. 2007)

Murskaus on yksi jalostusmahdollisuuksista murskeen suuren kysynnän vuoksi. Sivukivikasojen heterogeenisuuden ja laadun vaihtelun takia kustannusarviot materiaalin jalostamisesta tuotteeksi on hankalaa. Sivukivilohkareiden rikottamisen arvioidaan maksavan noin 1€/tonni (\pm 30 snt/tonni) ja sivukivikasojen purkamisen noin 50 snt/tonni. Sivukiven hyödyntämisessä syntyy säästöjä irrotuskuluihin, mutta murskaus on kallista lajittelun ja laitteiden kulumisen takia. Sivukivien hyödyntämisen suorat kustannukset on arvioitu olevan hieman korkeammat kuin kalliokiviainesten. Hyödyntämiseen vaikuttaa suorien kustannusten lisäksi muun muassa toimitusvarmuus ja kestävä kehitys. (Räisänen et al. 2007)

Kiertävä murskauslaitos ja yritysten välinen yhteistyö voi edistää pientä murskausurakointia. Mursketta hyödynnetään usein louhosten sisäisten teiden rakentamiseen. Murskeen koko vaihtelee halutun seulan mukaisesti (kuva 18). Myytävä murske vaatii enemmän panostusta ja investointeja kuin sisäisen käytön murske. (Räisänen et al. 2007)



Kuva 18. A) Sivukivi louhetäyttö B) Mursketuotannon sivutuotteina syntyneitä seulanpääkiviä sekä mursketta

Murskattu sivukivi soveltuu tien päällysrakenteisiin, jos murske läpäisee laatukriteerit erityisesti lujuuden osalta. Laatuvaatimuksia on esitetty muun muassa Asfalttinormissa 2007 ja InfraRYL 2018 ohjeessa, jossa muun muassa mainitaan, että sitomattoman kantavan kerroksen kiviaineksen iskunkestävyysarvo tulisi olla LA₃₀ luokkaa (vähemmän liikennöidyillä LA₃₅ tai LA₄₀). Vastaavasti asfalttikiviaineksen laatua arvioidaan kuulamylyarvon avulla. Kuulamylytysarvo vaaditaan tien liikennemäärän perusteella. Esimerkiksi vähäliikenteisillä päällystetyillä maanteilla kuulamyly vaatimus on $A_N \leq 19$. (Räisänen et al. 2007)

Sivukivestä tehty murske soveltuu yksityisteille sekä metsäautoteille, koska murske on yleensä epätasalaatuisempaa mitä pysyvän asutuksen sorateille vaaditaan. Suurella osalla Suomen yksityisteistä on oikeus ELY-keskusten ja kuntien avustuksiin. Yksi mahdollisuus sivukiven hyödyntämiseen olisi laajat sorateiden kunnostustehtävät, jolloin suuri murskemäärä tulisi olemaan taloudellisempi vaihtoehto yksittäisiin kunnostuksiin verrattuna. Näin kunnallistaloudessa voitaisiin myös tehdä suuria säästöjä, kun samalla ELY-keskusten avustusrahalla pystyttäisiin kunnostamaan useampi tie kerrallaan. Näin myös edistettäisiin kierrätystä ja materiaalien ekotehokkuutta. (Räisänen et al. 2007)

Väylävirasto edistää kestävä kehityksen mukaista rakentamista ympäristöohjelmilla ja ohjeilla. Näissä pyritään ekotehokkuuteen ja sivutuotteiden hyötykäyttöön tierakentamisessa. Kun infra hankkeissa huomioidaan koko elinkaaren kustannukset, voidaan huomata sivukiven taloudellinen kannattavuus, jos sivukiveä on alueella tarjolla lyhyellä kuljetusmatkalla. Hankkeiden kilpailutuksen pisteytyksessä tulisi huomioida hinnan lisäksi ympäristövaikutuksista, jotka ovat sivukiven kohdalla positiivisia. (Räisänen et al. 2007)

Tierakentamisen massanvaihdossa ja pengertäytöissä sivukiven maksimikoko yleisesti on 600 – 1000 mm, mutta suurempiakin lohkarkeitä käytetään muun muassa syvissä massanvaihdossa ja vesistöpenkerissä. Sivukivi soveltuu ominaisuuksiltaan

pengertäyttöihin. Sivukiven vaihteleva koko luo täytöstä tiiviin ja niitä voidaan tarvittaessa käyttää hienompien ainesten kiillaukseen. (Räisänen et al. 2007)

Sivukivi soveltuu myös ratarakentamisen penkereisiin. Pengerryksiin käytetään suuria määriä kiveä, jolla on alhaiset laatuvaatimukset. Ratarakenteisiin käytetään läheltä ja halvalla saatavaa kiveä, joten sivukivien kuljetus voi usein asettua kynnykseksi sivukiven käytölle. Ainesten vaatimukset ovat kuvattuna ratateknisissä määräyksissä ja ohjeissa. (Räisänen et al. 2007)

Rakennuskohteita pyritään suunnittelemaan niin, että kohteesta louhittava materiaali käytetään hyväksi. Tämä osittain vähentää sivukiven kysyntää muun muassa rata- ja tiehankkeissa, joissa joudutaan louhimaan linjauksilta kalliota. (Räisänen et al. 2007)

Satama-alueiden täyttöihin ja aallonmurtajien suojakiviksi voitaisiin hyödyntää sivukiveä. Suojakiville on asetettu laatuvaatimuksia, joten sivukiven tulisi täyttää niiden ehdot niitä käytettäessä. Luonnonkivituotannon sivukivet yleisesti soveltuvat vesirakentamiseen, koska sivukivissä on vähän mikrohalkeamia louhinnassa rajallisen räjähdäaineen käytön takia. Satamissa tehtävät laajennukset ovat usein suuria hankkeita, joten puhutaan useiden miljoonien kuutioiden kiven tarpeesta. (Räisänen et al. 2007)

4.5 Sivukivi erikoistuotteina ympäristörakentamisessa

Ympäristörakentamisen erikoistuotteilla on korkeampi yksikköhinta. Niitä voidaan jalostaa perustuotteita pidemmälle. Erikoistuotteiden korkean hinnan vuoksi, niitä on mahdollista kuljettaa laajemmalle alueelle louhimolta tai jalostus toimipisteestä. Kuljetuskustannusten suhteellinen osuus laskee kiven jalostusasteen kasvaessa. Sivukiven erikoistuotteita kehittäneet Katja ja Tom Huhta Ikikivi Oy:ltä ovat kertoneet haastatteluissa heidän näkemyksistään ja kokemuksiaan ympäristörakentamista.

Ympäristörakentamiseen soveltuvat sekä sivukivilohkareet että koneellisesti lohkotut sivukivituotteet. Mekaanisia jatkojalostusmenetelmiä on syntynyt muun muassa hydrauliiikan kehittyessä (luku 4.3). Koneellisesti lohkomalla saadaan valmistettua eri kokoisia ympäristörakentamisen tuotteita kuten reuna- ja muurikiviä sekä klassisia noppa- ja nupukiviä (kuva 19). Lohkareet soveltuvat parhaiten muureihin, portaisiin ja monumentteihin. Sivukivestä muodostetut muurit voidaan tehdä erikokoisista sivukivistä, jolloin pystytään hyödyntämään raaka-aine mahdollisimman hyvin ilman hukkapaloja. Isommilla lohcareilla pystytään rajaamaan maaston tasoeroja ja estämään maamassan sortuminen. Sivukivet voidaan asentaa sellaisenaan tai saumausaineen kanssa riippuen kohteesta. (Huhta K. & Huhta T. 2020)



Kuva 19. Sivukivistä valmistettuja lohkopintaisia graniitti tuotteita A) noppia B) muurikiviä

Sivukivi on yhtä kovaa ja kulutuksenkestävää kuin luonnonkivituotteet. Ympäristörakentamisessa näitä ominaisuuksia voidaan käyttää hyödyksi ja korvata muun muassa betonituotteilla tehtyjä alueita kestävämmällä sivukivellä (kuva 20). Sivukiveä käytettäessä tulee tuntee syyt, miksi kyseinen kappale on luonnonkivituotannon sivukiveä. Sivukivien jatkojalostuksessa huomioidaan kiven käyttökelpoisuus pienrakentamisen piha- ja ympäristökohteisiin. Ympäristörakentamisessa sivukivessä olevat värivirheet ja kiven halkeamat eivät aiheuta ongelmia käyttämiseen. Suurempien sivukivi kohteiden suunnitteluun sovelletaan normaalien luonnonkivituotteiden suunnitteluohjeita. Huhdan (2020) mukaan kuluttaja-asiakkaille tarkoitettuja sivukivituotteita ja -lohkareita pystytään käyttämään yleisen luonnonkivituotteen tavoin. (Huhta K. & Huhta T. 2020)



Kuva 20. Puisto- ja kaupunkirakentaminen A) Poskikivet, Mäntsälä B) Hulevesien imeytysalue, Tuusula

Maisema-arkkitehdin päätöksellä on suuri vaikutus paljonko ja millaista kiveä ympäristörakentamisessa hyödynnetään. Suunnittelijat haluavat usein jättää oman jälkensä lopputulokseen. Yhdistelemällä eri materiaaleja kiven kanssa, kuten puuta ja vettä, voidaan luoda harmoninen kokonaisuus. Haastetta sivukiven hyödyntämiselle aiheuttaa maisema-arkkitehdin päätös muun muassa hankkeeseen käytettävien kiven lohkarakoosta ja muodosta. Jotta sopiva sivukivimateriaali löydetään kohteeseen

hyödynnettäväksi, tulisi sivukivikasojen olla lajiteltuja mahdollisimman laajaa jatkohyödyntämistä ajatellen. Luonnonkivituotannon sivukivet ovat usein epäsäännöllisen muotoisia, joten niitä on jatkojalostettava, jotta saadaan haluttu kiven kokoluokka. (Räisänen et al. 2007)

Ympäristörakentamisessa tulisi huomioida luonnonkiven ehdot. Luonnonkivituotteita valmistetaan tietyillä toleransseilla ja erityisesti sivukivissä käyttöä helpottaisi, jos maisema-arkkitehdin suunnitelmat antaisivat tilaa luonnonkiven elävyydelle ja erikokoisille kappaleille. Suomalaisissa vanhoissa kaupunginosissa ja keskiaikaisissa rakennuksissa on huomattavissa, kuinka luonnonkivituotteille on annettu väljät mitat ja kivimateriaali on pystytty hyödyntämään mahdollisimman tehokkaasti. (Huhta K. & Huhta T. 2020)

Sivukiven hyödyntämiseen ympäristörakentamisessa pystyvät osallistumaan sekä kuluttaja asiakkaat kuin urakoitsijatkin. Persoonalliseen puutarhaan sopivat vapaamuotoisemmat sivukivet, kun taas viimeisteltyyn taloyhtiön pihaan mitoitettut sivukivituotteet. Huhdan (2020) mukaan käyttö ja jatkojalostus mahdollisuuksia on rajattomasti. (Huhta K. & Huhta T. 2020)

5. CASE EKOGRANIITTI

Nilsialäinen Ikikivi Oy on edelläkävijä sivukiven hyödyntämisessä sekä perus- että erikoistuotteina. Ikikivi Oy hyödyntää oman louhimonsa kvartsiittikiven sataprosenttisesti, joten sivukiveä ei synny. Vuosikymmenten ajalta kertyneitä kvartsiitti sivukivikasoja on käytetty jo 20 vuoden ajan ja vielä on materiaalia jatkojalostettavaksi. Uutena kehityskohteena ovat kotimaisen graniitin louhinnan sekä hautakiviveistämöiden sivukiven hyödyntäminen. Tuoteperheen nimi on Ekograniitti, jonka kaikki tuotteet ovat valmistettu kotimaisista sivukivistä (kuva 21). Ikikiven kivenlohkontaan räätälöity kivikonekanta on mahdollistanut sivukiven hyödyntämisen ja Ekograniitti -tuotteet. Nykyaikainen teknologia ja hydraulikka parantavat tuotteistusmahdollisuuksia (ks. luku 4.3). (Ikikivi Oy 2020)

Uusi liiketoimintamalli muiden luonnonkivitoimijoiden sivukiven hyödyntämisestä lähti liikkeelle tuotantokauden pidentämisestä ja olemassa olevasta konekannasta. Ikikiven oma kvartsiitti ei sovellu työstettäväksi alle nollan asteen lämpötiloissa epäsuotuisan lohkeilun takia. Kvartsiitti tuotteita kuten pihaliuskeita ja muurikiviä valmistetaan valmiiksi pakattuina varastoon kevät-, kesä- ja syyskautena. Talvikauden hyödyntäminen graniittituotantoon lisää perheyriksen kokonaistuotantomäärää ja avaa uusia asiakasmarkkinoita. (Huhta K. & Huhta T. 2020)



Kuva 21. Ekograniitti noppia ja nupuja Mäntsälän punaisesta A) Rajaus B) Pihakiveys

Ikikiven käyttämien graniittilouhimöiden sekä hautakiviveistämöiden sivukivet ovat vaihtelevan kokoisia. Vaikka käytetyssä raaka-aineessa on kokovaihtelua, pystytään Ekograniitti -tuotteet valmistamaan pienillä mittatoleransseilla, jonka lohkopintaisuus vaatii. Tuotteissa esiintyy myös muita pintoja kuten sahattua tai kiillotettua pintaa, joka

on havaittavissa hautakiveistämöiden sivukivi raaka-aineissa. Lohkopintaisia tuotteita pystytään valmistamaan pienemmistä sivukivikappaleista alkaen (kuva 21 ja 22). (Ikikivi Oy 2020)



Kuva 22. A) Sivukivi raaka-aine B) Valmistetut nuotiopesät

Graniittia voidaan käyttää laaja-alaisesti rakennetussa ympäristössä. Ekograniitti pyrkii tarjoamaan monipuolisen valikoiman ja mahdollisuuden tuotteiden räätälöimiseen asiakkaalle. Tuotevalikoimaan sisältyy muun muassa perinteisiä noppa- ja nupukiviä, julkisivukiviä sekä perustuskiviä (ks. luku 4.5). Elävä luonnonkiven pinta tuo oman ilmeen tuotteelle. Graniiteilla on hyvä sään, kemikaalien ja kulutuksen kestävyys mineraalikoostumuksensa takia. Graniitin kestävyudeksi voidaan olettaa jopa tuhansia vuosia normaalissa ilmastossa. Huhdan (2020) mukaan Ekograniiteille on pystytty saavuttamaan kilpailukykyinen hinta oikeilla tuotantoprosessin valinnoilla. (Kivi ry 2004; Selonen 2017; Huhta K. & Huhta T. 2020)

6. YHTEENVETO

Luonnonkivi on puhdas luonnon materiaali, jota louhitaan kiintokalliosta. Luonnonkiven louhinta on luvanvaraista toimintaa, jota säädellään useilla laeilla ja asetuksilla. Luonnonkivituotteet ovat korkealaatuisia ja niitä käyttämällä rakentamisessa pystytään vähentämään päästöjä ja tukemaan ilmastotavoitteita. Kotimainen luonnonkivi kestää Pohjoismaiset olosuhteet ja omaa matalan hiilijalanjäljen. Luonnonkiven koko elinkaarta ajatellen ympäristövaikutuksia syntyy lähinnä tuotanto- ja kuljetusvaiheessa. Materiaalina luonnonkivi on lähes ikuinen, joten korjaustarpeita syntyy harvoin. Luonnonkivituotannon sivukiveä hyödynnettäessä korostuu ekologisuus ja edistetään vähähiilistä kestävästä rakentamista.

Luonnonkivituotannossa syntyy jopa 70-90 % sivukiveä halutun kiven louhinnan ja jatkojalostuksen yhteydessä. Sivukivi luokitellaan tällä hetkellä pysyväksi jätteeksi, ja se varastoidaan pääsääntöisesti kasoiksi tuotantoalueelle mahdollista hyötykäyttöä ajatellen. Kestävästä kehitystä ajatellen sivukiven hyötykäyttöä tulisi edistää, koska materiaali on puhdasta luonnon raaka-ainetta. Sivukivellä on suomalaisen kiven edut kuten matala hiilijalanjälki, kestävyys ja kierrätettävyyttä. Sivukiven avulla voidaan korvata uusien luonnonkivi varantojen käyttöä. Sivukiven tuotteistaminen on tärkeää ja hyödyntämisen edistämiseksi tarvitaan yritysten yhteistyötä ja räätälöityjä konekantoja.

Sivukiveä voidaan hyödyntää sekä perus- että erikoistuotteina. Konekoneologia on edistynyt ja kiviteollisuuden olisi mahdollista hyödyntää tämä kivikonekannoissaan. Murskaaminen on yksi hyödyntämismahdollisuus, jolla voidaan korvata luonnonsoraa muun muassa infrahankkeissa. Erilaisilla mekaanisilla menetelmillä, kuten räätälöidyillä hydraulisilla puristimilla, voidaan valmistaa lohkopintaisia mittilaustuotteita kohteiden tarpeiden mukaan. Lohkopintaisten erikoistuotteiden pinta on elävä ja ne soveltuvat ympäristörakentamiseen. Sivukivi tuotteita voivat käyttää sekä yksityisasiakkaat että yritykset. Kotimaisen kiven valitsemisella voidaan tukea paikallisia yrityksiä.

Suomen markkinoilla Ikikivi Oy on edistynyt sivukiven hyödyntämisessä sekä liuskeen että graniittien osalta. Kivikonekanta on mahdollistanut sivukivien hyödyntämisen jo 20 vuoden ajan. Ikikivi hyödyntää muiden graniittilouhimoiden ja hautakiviveistämöiden graniittisia sivukiviä, joista on syntynyt ekograniitti tuoteperhe. Rohkeus laajentaa liiketoimintaansa sivukiviin on saanut positiivisen vastaanoton ja Ekograniitti -tuotteet ovat saavuttaneet kilpailukyvyn luonnonkivimarkkinoilla. Konekanta mahdollistaa lohkopintaisten tuotteiden räätälöinnin asiakkaan tarpeita vastaavaksi.

LÄHTEET

Huhta, K. & Huhta, T. (2020). Keskustelu

Ikikivi Oy (2020), Ikikiven Ekograniitti on kotimaista, kestävä ja ekologista, 7.4.2020. Viitattu 6.7.2020. Saatavissa: <https://ikikivi.fi/ikikiven-ekograniitti-on-kotimaista-kestavaa-ja-ekologista/>

Kainila, V. & Laine, S. (2020). KIVI käsikirja, Ohjeita kivituoiteiden valintaan ympäristönäkökulmasta sekä valittujen tuotteiden vertailua. Julkaisematon lähde, saatu sähköpostilla 13.7.2020 Sini Laineelta. Viitattu 20.7.2020.

Kaiva.fi, Kaivannaisala, Luonnonkiviteollisuus, Raaka-aineet. Viitattu 26.4.2020. Saatavissa: <https://kaiva.fi/kaivannaisala/luonnonkiviteollisuus/raaka-aineet/>

Kaiva.fi, Kaivannaisala, Tilastointi. Viitattu 26.4.2020. Saatavissa: <https://kaiva.fi/kaivannaisala/tilastointi/>

Kesäläinen, T. (2017), "Jos kävelee Manhattanilla, törmää jatkuvasti kyseiseen kiveen" – täältä tulee Taivassalon punainen, graniittien klassikko, Maaseudun tulevaisuus, 23.5.2017. Viitattu 24.4.2020. Saatavissa: <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/kantri/jos-kävelee-manhattanilla-törmää-jatkuvasti-kyseiseen-kiveen-täältä-tulee-taivassalon-punainen-graniittien-klassikko-1.190221>

Kivi ry (2004). Luonnonkivien louhinta ja sen vaikutus ympäristöön. Viitattu 5.5.2020. Saatavissa: <https://kivi.info/wp/wp-content/uploads/2019/10/Luonnonkiven-louhinta.pdf>

Kivi ry (2018). Luonnonkivihankinnat, Ohje julkiselle hankkijalle. Viitattu 28.4.2020. Saatavissa: <https://kivi.info/wp/wp-content/uploads/2019/10/Luonnonkiven-hankintaopas.pdf>

Kivi ry, Luonnonkivilouhimoiden sivukivi. Viitattu 24.4.2020. Saatavissa: <https://kivi.info/louhinta/vastuullinen-louhinta/luonnonkivilouhimoiden-sivukivi/>

Loukola-Ruskeeniemi, K. (Toimittaja), Lonka, H. (Toimittaja), Ehrukainen, E., Gustafsson, J., Honkanen, M., Härmä, P., Jauhiainen, P., Kuula, P., Nenonen, K., Pellinen, T., Rintala, J., Selonen, O., Martikainen, M. & Aalto, M. (2015). Kiviaines- ja luonnonkiviteollisuuden kehitysnäkymät. (Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu; Vuosikerta 2015, Nro 54). Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 28.4.2020. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2851374/Kiviaines->

[+ja+luonnonkiviteollisuuden+kehitysnäkymät+2015.pdf/7134fc82-5f2d-4a0e-8621-141ea1fb5045/Kiviaines-+ja+luonnonkiviteollisuuden+kehitysnäkymät+2015.pdf](#)

Palin Granit Oy (2011). Mäntsälän tarvekiven louhinta-alueen ympäristövaikutusten arviointimenettely. Viitattu 3.5.2020. Saatavissa:

<https://www.environment.fi/download/noname/%7B02129C69-6279-4BA9-BBCD-2E6A45ACAD3B%7D/93654>

Pokki, J., Aumo, R., Kananoja, T., Ahtola, T., Hyvärinen, J., Kallio, J., Kinnunen, K., Luodes, H., Sarapää, O., Selonen, O., Tuusjärvi, M., Törmänen, T. & Virtanen, K. (2014). Geologisten luonnonvarojen hyödyntäminen Suomessa vuonna 2012, Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 210. Viitattu 28.4.2020. Saatavissa:

http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_210.pdf

Romu, I. (2014). Parhaat ympäristökäytännöt (BEP) luonnonkivituotannossa, Ympäristöministeriö, Helsinki. Viitattu 27.4.2020. Saatavissa:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/152750/SY_5_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romu, I., Selonen, O. & Härmä, P. (2017). Luonnonkivilouhimon toiminta ja parhaat ympäristökäytännöt, Kivi ry. Viitattu 3.5.2020. Saatavissa:

<https://kivi.info/wp/wp-content/uploads/2019/10/LUONNONKIVILOUHIMON-TOIMINTA-JA-PARHAAT-YMPÄRISTÖKÄYTÄNNÖT.pdf>

Räisänen, M., Venäläinen, P., Lehto, H., Härmä, P., Ojalainen, J., Kuula-Väisänen, P., Komulainen, H., Kauppinen-Räisänen, H., Vallius, P. & Vuori, S. (2007). Rakennuskivilouhinnassa syntyvän sivukiven hyötykäyttö Kaakkois-Suomessa. Kaakkois-Suomen Ympäristökeskus, Geologian tutkimuskeskus, Helsinki. Viitattu 30.4.2020. Saatavissa:

http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_169.pdf

Selonen, O. (2016). Suomalainen kiviteollisuus 130.v, kivilehti.fi. Viitattu 24.4.2020.

Saatavissa: [http://www.kivilehti.fi/Yritykset-ja-markkinat/Suomalainen-kiviteollisuus-130-v/\(offset\)/9](http://www.kivilehti.fi/Yritykset-ja-markkinat/Suomalainen-kiviteollisuus-130-v/(offset)/9)

Selonen, O. (2017). Suomalaiset luonnonkivimateriaalit, Kivi ry. Viitattu 30.4.2020.

Saatavissa: <https://kivi.info/wp/wp-content/uploads/2019/10/Materiaaliopas-2017.pdf>

Tukes. Tuotteet ja palvelut, CE-merkintä. Viitattu 8.9.2020. Saatavissa:

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/ce-merkinta#d8c34afe>

Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, Kaivannaisjätteet. Saatavissa:

<https://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Kulutus ja tuotanto/Jatteet ja jatehuolto/Jatehuollon vastuut ja järjestäminen/Kaivannaisjätteet](#)

Ympäristöministeriö (2009). Maa-ainesten kestävä käyttö, Helsinki. Viitattu 3.5.2020.

Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/41538/OH_1_2009_Maa_ainesten_kestava_kaytto.pdf?sequence=2

Ympäristöministeriö (2011). Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi, Louhinnassa muodostuvat sivukivet, Helsinki. Viitattu 25.4.2020. Saatavissa:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37032/SY21_2011_Kaivannaisjätteen_luokittelu_pysyvaiksi.pdf?sequence=1