

LUONNONKIVIRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2006

LUKU 1 LUONNONKIVI RAKENTAMISESSA

1 LUONNONKIVI RAKENTAMISESSA

1.1 Luonnonkivirakentamisen historia

Muinaiset kivirakenteet

Mahdollisuutemme havainnoida ja tuntea menneiden aikojen kulttuuria ja ihmisoloa perustuu suurelta osin kiveen – koviin ja kestäviin kivisiin todistuskappaleisiin. Ihmisen jättämät merkit kiviin ja kallioihin, ihmisen muovaamat kivenkappaleet tarve-esineistä ja taideteoksista suuriin rakennuskiviin sekä ikuisiksi tarkoitetut monumentit ja kokonaiset kaupungit tai niiden jäänteet ovat useinkin ainoita viestejä ja todisteita historiastamme.

Etelä-Euroopan kiviluolien seinämiin 15 000...20 000 vuotta sitten piirretyt kuvat kertovat meille muinaisen ihmisen kyvystä hahmottaa maailmankuvaansa. Samalla ne kertovat tuolloisen ihmisen kyvystä valita tarkoituksenmukainen suoja elämiselleen. Luola-asumukset maailman eri puolilla - luonnon muovaamat tai ihmisen rakentamat - ovat antaneet pysyvän ja kestäväen suojan kuumalta tai kylmältä, luonnonvoimilta tai vihollisilta.

Luonnon muovaamien kiviluolien ohella rakennettiin suojia myös irtokivistä, nekin luonnon muovaamia kunnes ihminen oppi työstämään kiveä ja myöhemmin myös irrottamaan kiveä kallioista. Kiven muokkaamisessa on käytetty hyväksi myös luonnonelementtejä, tulta ja jäätymistä, joiden vaikutusta on edesautettu kivellä hakkaamalla. Menetelmät ovat säilyneet lähes sellaisinaan käytössä meidän päiviimme asti. Metallien käyttöönotto ja työkalujen kehittäminen eri kulttuureissa mahdollisti monimuotoisemman kivirakentamisen.

Alusta lähtien on kivi merkinnyt ihmiselle jotain pysyvämpää kuin muu elollinen maailma. Vainajille rakennetut suojat sekä henkiseen elämään tai uskoihin liittyneet huomio- ja muistomerkit - pelosta tai kunnioituksesta pystytetyt - ovat kivistä tehtyinä säilyneet ajan, jonka pituudesta niiden pystyttäjillä ei ole voinut olla minkäänlaista käsitystä. Euroopan eri puolilta löydetyt suhteellisen vaatimattomat hautarakennelmat, kupuhaudat, megaliittihaudat ja ns. dolmit, joista varhaisimpien iäksi on arvioitu 4000...5000 vuotta, ovat todennäköisesti pienten yhteisöjen ja yksityisten ihmisten rakentamia. Alkuperältään ja tarkoitukseltaan mystisempiä ovat suuret monoliitit ja kivehät, joiden pystyttämiseen on selvästikin tarvittu laajemman yhteisön ponnisteluja tai suuremman vallan tahdonilmaisua.

Kivistä rakentamisella, kuten rakentamisella yleensäkin, on

jo muinaisissa kulttuureissa ollut kiinteä kytkentä myös vallan käyttöön ja näyttöön. Meillä ns. länsimaissa omaksutun rakennuskulttuurin alkulähteet sijoittuvat Pohjois-Afrikkaan, lähinnä Egyptiin, ja Länsi-Aasiaan, joilla alueilla on löytöjen perusteella todettu harjoitetun järjestelmällistä ja ohjattua rakentamista ainakin 4000 vuotta ennen ajanlaskumme alkua. Egyptin pyramidit, temppelit ja sfinksit ovat vieläkin säilyttäneet asemansa kivirakentamisen ylittämättömänä saavutuksena. Kiinnostuksemme ja ihmetyksemme kohdistuvat niihin menetelmiin, joilla valtavia kiviä on käsitelty ja kuljetettu rakennuskohteisiin, ja siihen tietämykseen, jolla valtavien rakennushankkeiden suunnittelu on hallittu. Kiven louhintaa, erityisesti graniitin louhintaa, muotoutui jo tuolloin Egyptissä järjestelmälliseksi louhos-toiminnaksi.



Kuva 1-1 Leijonaportti, Mykene, noin v. 1250 e.Kr.

Historiallinen luonnonkivi

Klassinen aika, Kreikka ja Rooma

Muinainen egyptiläinen rakennuskulttuuri tuotti kivirakenteisen pilari-palkkijärjestelmän, joka omaksuttiin aikojen kuluessa muissakin kehittyneissä kulttuureissa. Kreikkalaiset loivat antiikin aikana sisällön käsitteelle arkkitehtuuri ja muotoilivat jo rakennusperinteeseen kuuluneet jähmeät kivipilaristot ju-

malaisiksi pylväiköiksi, joiden varaan - kuvaannollisesti - on koko ns. länsimainen kulttuurimme rakentunut. Kreikkalaiset rakennuskulttuurin merkittävimmät saavutukset, suurenmoiset tempplerakennukset, kehittyivät vähitellen puu- ja savitiilira-kenteista lähes kokonaan kivirakenteisiksi taidelomuiksi. Tyyliiltään valmiita kivirakenteisia temppeleitä tiedetään olleen jo 7. vuosisadalla e. KR. Temppeleiden kivirakenteille oli ominaista hienosti tehdyt kiviliitokset ja kiinnitykset. Seinien kiviharkot ja pylväiden osat kiinnitettiin toisiinsa taidokkain metalliankkurein ilman laastia. Pylväiden ja palkkien tärkeiden osien rakenteellista toimintaa korostettiin erilaisin muodoin ja koristeaihein. Tempplerakentamisen ohella kukoisti Kreikassa muukin julkinen rakentaminen. Taidokkaasti toteutetut kokonaan kivirakenteiset teatterit, urheilustadionit ja hallintorakennukset sekä julkiset katuaukiot ovat tästä tunnetuimpia esimerkkejä.

Rooman valtakunnan rakennustaiteella oli kivinen perusta. Se sai vaikutteensa muinaisesta Etelä-italian rakennusperinteestä, arkaaisesta etruskikulttuurin kivirakentamisesta ja suurkreikkalaisen rakennuskulttuurista, joista molemmat viimeksi mainitut olivat maahanmuuttajien mukanaan tuomia. Rooman valtakunnan laajeneminen ja kehittyminen näkyivät luonnollisesti myös rakentamisessa. Ajanlaskumme alussa hallinnut keisari Augustus saattoikin todeta vastaanottaneensa tiilisen pääkaupungin mutta jättävänsä sen jälkeensä marmorista hohtavana. Näinä aikoina luotiin perusta myös italialaisen marmorin tuotannolle ja maailmanlaajuiselle käytölle. Omien kivilajiensa käytön ohella roomalaiset toivat rakennuskiviä laajan valtakunnan kaikista osista.

Huolimatta runsaasta ja moninaisesta luonnonkiven käytöstä ovat roomalaisen rakennuskulttuurin merkittävimmät saavutukset syntyneet rakennustekniikan ja rakennesuunnittelun alueilla. Kivestä tehdyt ja muuratut kaaret ja holvit sekä valetut holvit ovat roomalaisten rakentajien kehittämiä. Julkisessa rakentamisessa roomalaiset ihailivat ja vaalivat uljaita pylväsrakenteita. Kaupunkikuvassa muodostuivat kuitenkin yhä merkittävämmiksi kylpylöiden, teatterien, sirkusareenoiden ja erilaisten muistomerkkien kaari- ja holvirakenteet puhumattakaan laajemmalle valtakuntaan toteutetuista vesijohto-, tie- ja siltarakenteista.

Muu maailma

Suurin tuntemamme rakennelma on Kiinan muuri, jonka rakentaminen aloitettiin 3. vuosisadalla eKr. Luonnonkivisen puolustusrakenteen toteuttaminen kesti 1500-luvulle asti. Aasian vanhasta rakennus-kulttuurista kertovat meille myös Indonesian ja Intian taidokkaat kivitemppelit, joista varhaisimmat säilyneet ovat yli tuhat vuotta vanhoja.

Huolimatta siitä, että tunnemme Egyptin rakennus-kulttuurin hyvinkin laajasti, on muu varhainen Afrikan mantereiden rakentaminen jäänyt tuntemattomaksi viime vuosikymmeniin asti. Suuri Zimbabwe on kivinen linnoitus, joka on Afrikan suurin kiviraken-

nelma pyramidienjälkeen. Linnoituksen rakentaminen aloitettiin 1100-luvulla ja sitä asutti 1400-luvulla yli 10 000 ihmistä. Inkojen vanhat kivirakennelmat Perussa, Etelä-Amerikan mantereella, ovat taidokkuudessaan hämmästyttäviä. Kivien käsittely ja liittäminen muurirakenteeksi ilman muurausta kertoo käden taitojen lisäksi merkittävästä luomiskyvystä. Mantereiden pohjoisemmissä osissa ja Väli-Amerikan alueella vallinnut Maya-kulttuuri käytti kiveä omaperäisten temppeleiden rakentamiseen ja kuvanveistotaiteessa. Näiden ikivanhojen kulttuurien perinne on aistittavissa nykyisissäkin paikallisissa arkkitehtuuri-ilmaisuissa.

Tyylihistoriat

Länsimaisen rakennustaiteen dokumentoitu historia koostuu tyylikausista. Tyylien historiat ovat yhtä kuin kivirakentamisen historia. Luonnonkivellä on aina ollut merkittävin tai oleellinen asema Euroopan rakennustaiteessa. Vain Skandinavian ja Itä-Euroopan metsävaltaisilla alueilla on puurakentaminen ollut alun perin vallitseva rakennustapa eikä kiven laajalle käytölle ole ollut luontaisia edellytyksiä. Täysin kivistä muuratut rakenteet väistyivät tiilimuurauksen yleistyessä, mutta luonnonkivirakenteet - varsinkin helposti työstettävistä hiekka- ja kalkkikivistä - ovat säilyttäneet asemansa itsenäisinä rakenteina tai verhouksirakenteina pilareissa, seinämuureissa ja erityisesti julkisivuissa. Lattioiden päällysrakenteena on luonnonkivi eri kausina ollut vallitseva.

Luonnonkivi suomalaisessa rakennushistoriassa

Esihistoriallinen aika

Käsityksemme maamme esihistoriallisten kausien elämästä ja ympäristöstä tukeutuu lähes yksinomaan maasta löydettyjen esineiden ja jäännösten antamaan tietoon ja mielikuviin. Kivikauden ajan ihmisen rakennusluomuksista tiedämme hyvin vähän - kivi-paasin arkuksi verhottu, maahan kaivettu hauta on eräs todiste rakentamisen olemuksesta 4000...6000 vuotta sitten. Säilyneet haudat, jotka kivistä tehtyinä lienee tarkoitettukin pysyviksi viesteiksi, täydentävät kuvaa kivikauden ja pronssikauden kulttuureista. Tunnetuimpia pronssikauden muinaisjään-nöksiä ovat rannikkoalueilla tavattavat hiidenkiukaat - kivistä kootut suurikokoiset hautamuistomerkit. Kiviröykkiöiden tarkempi tutkimus osoittaa, että ne ovat alun perin huolella tehtyjä kiviladelmia. muurimaisia rakenteita, jotka usein koostuvat sisäkäisistä kehistä. Asumusten, varustusten tai muiden rakenteiden jäänteitä on hyvin vähän säilynyt meidän päiviimme. Tiedämme, että pääasiallisena rakennusaineena on ollut puu erilaisissa luonnonmukaisissa muodoissaan sekä maa-ainekset turve ja savi. Rakennusten perustat ovat olleet kivistä tehtyjä. Rautakauden aikaisista rakennuksista tunnemme ahvenanmaalaiset muinaistalot, alkuperältään skandinaaviset muinaistalot,

joiden ulkoseinien vahvistuksena on käytetty kivivallia. Myöhemmältä rautakaudelta ovat peräisin myös muinaislinnat. Näissä kallio-linnoissa on varustuksen täydennyksenä käytetty muuri- ja vallirakenteita, joista osa on ollut korkeitakin maakivistä ladottuja muureja. Esihistoriallisen kauden loppupuolella, noin 600...800 j.Kr, on Manner Suomen alueella jo omaksuttu tyypilliseksi muodostuva puurakennustekniikka, hirsisalvos.

Keskiaika

Maamme keskiaikaisesta rakennuskannasta ovat säilyneet vain monumentit - kivirakenteiset kirkot ja linnat, jotka kertovat rakennustaitteen ja -tekniikan edellytyksistä sekä yhteiskunnallisen kehityksen piirteistä. Rakennuskannan pääosa on tuolloin koostunut hirsirakennuksista, joiden rakennustekniikka oli jo muotoutunut perinteeksi suurten havumetsien maassa. Puurakennusten yksinkertainen kansan-omainen rakennusperinne on tutkijoiden mielestä säilynyt samanluonteisena keskiajalta aina 1600- ja 1700-luvuille asti. Kivirakennusten rakentamisessa on tarvittu ulkomailla tuotua tietämystä ja käden taitoa. Muuramalla tehdyt kivirakennukset, etenkin luonnonkivestä tehdyt rakenteet, saivat kuitenkin omaperäisen olemuksen johtuen saatavilla olevasta kivimateriaalista. Käsittelemättömistä kivilohkareista ja osaksi sileäksi lohkotuista kivistä tehdyt harmaakivirakenteet ovat suomalaista keskiajan rakennustaidetta. Vaikkakin

1200-luvulla aloitettiin myös tulen valmistus ja tiilirakentaminen, oli luonnonkivellä lähes aina paikkansa rakennuksessa.

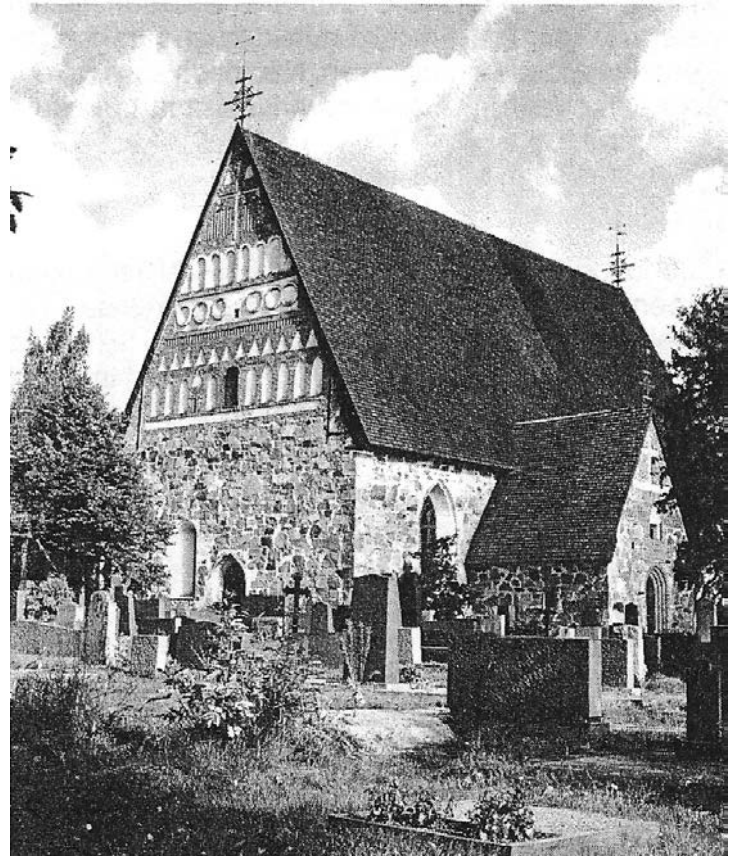
Kivikirkkojen ja linnojen rakentaminen on ollut monivaiheista läpi vuosisatojen kestävää uudis- ja korjausrakentamista. Lähes alkuperäisessä hahmossaan ovat säilyneet pienemmät harmaakivikirkot, joista useimmat rakennettiin Turun seudulle. Varhaisimmat kivikirkot sijaitsivat Ahvenanmaalla, ensimmäinen näistä oli Jomalan Pyhän Olavin kirkko, joka rakennettiin 1200-luvun jälkipuoliskolla. Tarvittava kiviaines kerättiin ja louhittiin rakennuspaikan lähistöltä, kivet työstettiin työmaalla.

Turun linnan ja Turun tuomiokirkon rakentaminen 1200-luvun lopulla merkitsivät varsinaisen kehityskauden alkamista rakennustekniikassa ja -taiteessa. Kahden suuren hankkeen toteuttaminen toi maamme lukuisia rakentamisen ammattialojen taitajia ja heidän maassaan ajankohtaiset näkemykset eurooppalaisesta rakennustavasta.

Turun linnan varhaisissa rakennusvaiheissa käytettiin harmaakiviteknikkaa. Visbystä tulleet muurimestarit, jotka olivat totuneet helposti muokattavan kalkkikiven käsittelyyn, ryhtyivät työstämään myös harmaakivestä säännöllisen muotoisia harkkoja. Tästä luovuttiin kuitenkin pian käsittelytavan ylenmääräisen työläyden vuoksi. Myöhemmissä vaiheissa muuraus yleistyi, edustavissa linnan osissa käytettiin myös kalkkikiveä.



Kuva 1-2. Hammarlandin kirkko Ahvenanmaalla, rakennettu 1200-luvun jälkipuoliskolla. Valokuva Suomen rakennustaitteen museo, K. Hakli.



Kuva 1-3. Hollolan kirkko, valmistunut noin v. 1480. Valokuva Suomen rakennustaitteen museo, I. Rácz.

Kaikissa maamme keskiaikaisissa linnoissa on luonnonkivi ollut alun perin vallitseva rakennusmateriaali, joka myöhemmissä laajennus- ja korjausvaiheissa on saanut väistyä tiilimuurauksen tieltä. Olavinlinnan kaikki keskiaikaiset rakennusvaiheet toteutettiin luonnonkivestä, tiiltä ei käytetty lainkaan rakenteissa eikä edes tulisijoissa. Keskiajalla rakennetut linnat olivat siinä määrin yksittäisiä hankkeita, joihin kuhunkin tuotettiin ammattityöntekijät pohjoismaista ja Euroopan mannermaalta, ettei yhtenäistä tyylillistä kehitys-linjaa ole näissä suurhankkeissa selvästi havaittavissa.

Keskiaikaisessa rakentamisessa on ilmeisesti vallinnut selvä arvojärjestys rakennusmateriaalien kesken. Harvinaisin ja arvokkain on ollut kalkkikivi, jota on käytetty lähes yksinomaan koristerakenteissa. Seuraavaksi arvokkain on ollut tiili, jota kalliin hintansa vuoksi käytettiin ensivaiheissa pääasiallisesti pintaverhouksissa ja holvauksissa. Lähes kaikkialta saatavissa oleva kova ja vaikeasti työstettävä luonnonkivi, harmaakivi, oli kuitenkin edullisin ja yleisimmin käytetty kivimateriaali. Perinteinen rakennusmateriaali puu oli luonnollisesti halvin ja tavallisin.

Uusi aika

Kustaa Vaasan ja hänen jälkeläistensä aikakausi valtakunnan hallitsijoina oli kaikkinaisen kehityksen ja muutoksen aikaa. Uskonpuhdistuksen myötä kirkko menetti taloudellisen valtansa ja maallinen valtio-valta ryhtyi voimallisesti ohjaamaan kehitystä. Muutokset heijastuivat myös rakentamiseen, kirkko menetti merkityksensä tärkeimpänä rakennuttajana ja sijaan nousi valtio. Alkoi voimallinen linnoitusten ja puolustusjärjestelmien kunnostus ja laajentaminen sekä kaupunkien rakentaminen.

Tämän kauden alkua ajoilta on aikakirjoihin jäänyt eräiden merkittävien rakentajien elämäntyö. Näistä Antonius Timmerman, hollantilainen kivenhakkaaja, oli luonnonkivituotannon uranuurtaja. Hän aloitti toimintansa maassamme johtamalla Perniössä kivenhakkaamo, jossa jalostettiin kalkkikiveä Turun linnan rakentamiseen. Myöhemmin hän siirsi kivenhakkaamonsa, joka oli 1500-luvun lopulla valtakunnan suurin, lounaisen yhteyteen Kemiöön. Timmerman harjoitti myös kiven tuontia ja vientiä. Timmermanin kuoltua kivenhakkaamo jatkoi toimintaansa saksalaisen ammatinharjoittajan johdolla, kunnes se ilmeisesti raaka-aineen ehtyessä lakkautettiin vuonna 1624.

Luonnonkiven käyttö rakentamisessa väheni tiilen tallessa pääasialliseksi kivirakennusmateriaaliksi. Yksityisessä rakentamisessa niin maaseudulla kuin kaupungeissakin oli puu yleisin rakennusaine. Yksittäisiä kartanolinnoja rakennettiin myös luonnonkivestä, ammattimiehinä käytettiin mm. Turun linnan rakentajia. Kaupunkien rakennuskulttuurissa ei esiintynyt vaativampaa tai loisteliaampaa renessanssiajan "palatsirakentamista",

koska valtakunnan varakkaampi aatelisto asui Tukholmassa. Näin ollen säilyi rakennustapa ja -laatu pääasiassa arkisena ja tarkoituksenmukaisena.

1700-luku

1700-luvun alkupuoli oli sotien ja miehityskausien jälkeen jälleenrakentamisen aikaa Suomessa. Talouselämän ja kulttuurin kehitykselle antoi leimansa ns. hyödyn aikakausi, jonka mukaiset pyrkimykset näkyivät myös rakennustoimen ohjaamisessa ja kehittämisessä.

Suomen alueella oli merkittävin rakennushanke Viaporin linnoituksen rakentaminen Helsingin edustan saarille. Linnoituksen rakentaminen kesti runsaat 40 vuotta. Viaporin rakennuskanta koostuu puolustusrakennuksista ja talorakennuksista. Puolustusrakennukset päätettiin toteuttaa graniitista, mistä johtuen - huolimatta yksinkertaisista rakennustavoista - kustannukset muodostuivat suuriksi. Graniitin lisäksi käytettiin kalkki- ja hiekkakiveä muuri- ja seinärakenteiden reunalistoissa.

Luonnonkivirakentamisen ja ennen kaikkea suoma-laisen luonnonkivituotannon kannalta oli Viaporin ohella merkittävintä Pietarin kaupungin ja sen linnoitusten rakentaminen. Kaupungin rakentamiseen käytettiin runsaasti luonnonkiveä, jota tuotettiin myös Vanhan Suomen alueelta. Ruskealassa aloitettiin marmorin louhinta ja jalostus vuonna 1767. Vuosisadan lopulla aloitettiin rapakiven louhinta Viipurin ympäristössä ja Virojoella Pyterlahden kylässä, josta myöhemmin tuotettiin jättiläismäinen monoliitti Pietariin Aleksanteri 1:n muistopatsaan jalustaksi sekä lisäksi kirkon pylväät.

Tavanomaisessakin rakentamisessa sai luonnonkivi 1700-luvulla uuden merkityksen, kun kansaa houkuteltiin verohelpotuksin käyttämään luonnonkiveä asuinrakennusten ja karjasuojien rakentamisessa jotta puuta säästyisi kehittyvän teollisuuden tarpeisiin. Sittemmin kivinavetat yleistyivät nopeasti eri puolilla maata. Puun käytön rajoittaminen ulotettiin luonnollisesti myös julkiseen rakentamiseen. Vuonna 1776 annetun määräyksen mukaan oli kaikki yleisin varoin toteutettavat julkiset rakennukset rakennettava kivistä. Määräystä ei noudatettu kovinkaan laajasti, kuitenkin useita kirkkoja rakennettiin, myös harmaakivikirkkoja, joiden suunnitelmat oli yleensä laadittu valtakunnan rakentamista johtavassa yli-intendentin virastossa.

1800-luku

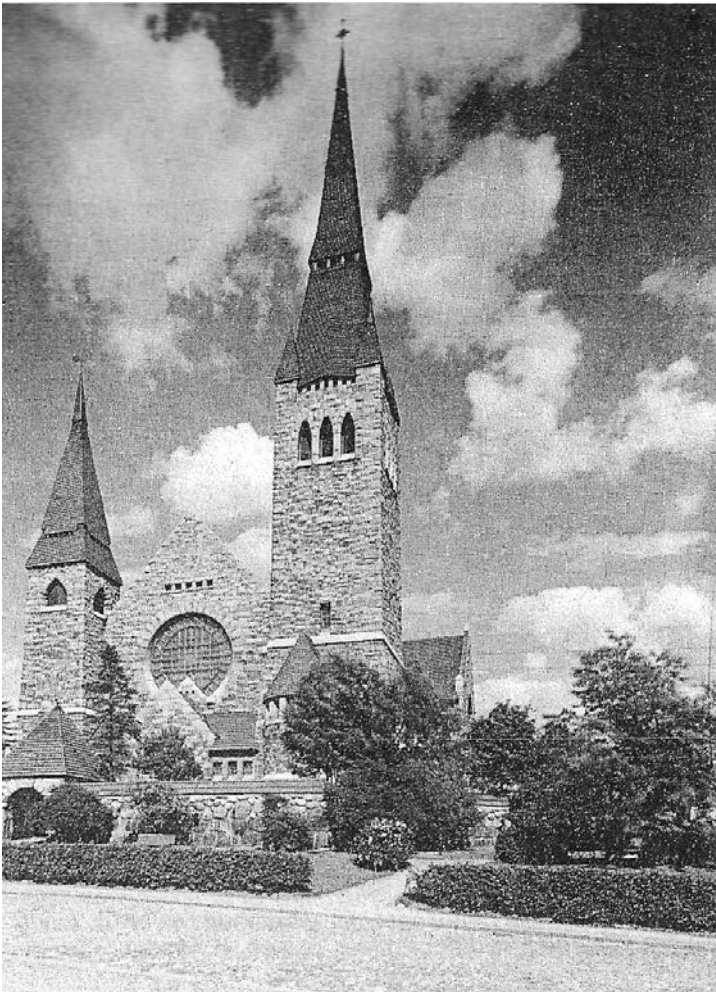
Suomalaisten saavuttama yhä suurempi hallinnollinen ja kulttuurinen itsenäisyys sekä teollisuuden ja sivistyksen kehittyminen kuvastuivat myös rakentamisessa varsinkin edettäessä kohti vuosisadan loppua. Vaikutteet ja opit saatiin Euroopan rakennustaiteesta osittain Pietarin tai Tukholman kautta suodatteltuina.

Vuosisadan alkuun ajoittuu kaksi toisiinsa liittyvää, rakennushistoriallisesti merkittävää hanketta. Turun akatemiatalon rakentaminen aloitettiin vuonna 1801, työ oli tuolloin yksi suurimmista ja arkkitehtonisesti kunnianhimoisimmista hankkeista maassamme. Akatemiatalon aulan ja juhlasalin massiivisten graniittipilareiden tuottamiseksi perusti Nils Stenstam vuonna 1805 ensimmäisen koneellisen kivijalostamon Turkuun Kakolanmäelle. Jalostamon toiminta jäi kuitenkin lyhytaikaiseksi perustajan kuoleman vuoksi.

Huolimatta tekniikan kehittymisestä, ei luonnonkivi saanut vielä vuosisadan alkupuolella mainittavampaa sijaa rakentamisessa. Tähän vaikutti myös vallitseva rakentamisen tyyliisuunta, em-

pirearkkitehtuuri, jota C.L. Engelin omaksumana ja hänen johdolla toteutettiin uuden pääkaupungin keskustan valtaisassa rakennushankkeessa. Tyylin mukaan rakennusten julkisivujen tuli olla vaaleita ja pinnoiltaan hillittyjä - tähän eivät suomalaiset rakennuskivet soveltuneet. Luonnonkiveä käytettiin toki uuden keskustan rakennusten jalustamuureissa ja myöhemmin rakennetuissa Nikolainkirkon (nykyisin tuomio-kirkko) portaissa. Rakennuskivet louhittiin ja muokattiin edelleen rakennuspaikalla tai sen läheisyydessä ensisijaisesti käsityönä. Turun Kakolanmäelle rakennettiin vuosisadan puolessavälissä vankilarakennus, jonka julkisivut ovat kokonaan säännölliseen muotoon työstettyä luonnonkiveä, kivet myös louhittiin rakennuspaikalta.

Vuosisadan puolivälin jälkeen voimistui kiinnostus luonnonkiven käyttämiseen rakennusmateriaalina. Luonnonkivivaroihin kohdistunut tutkimustyö ja tuotantotekniikan kehittäminen pohjustivat osaltaan myös vilkastuvaa arkkitehtuurikeskustelua, jossa julistettiin irtautumista erilaisista jäljennöstyyleistä ja irrallisen koristelun runsaudesta sekä asetettiin tavoitteeksi materiaalien aitous ja uusi oman aikakauden arkkitehtuuri. Suomalaiset geologit, insinöörit ja arkkitehdit saivat vaikutteensa ja



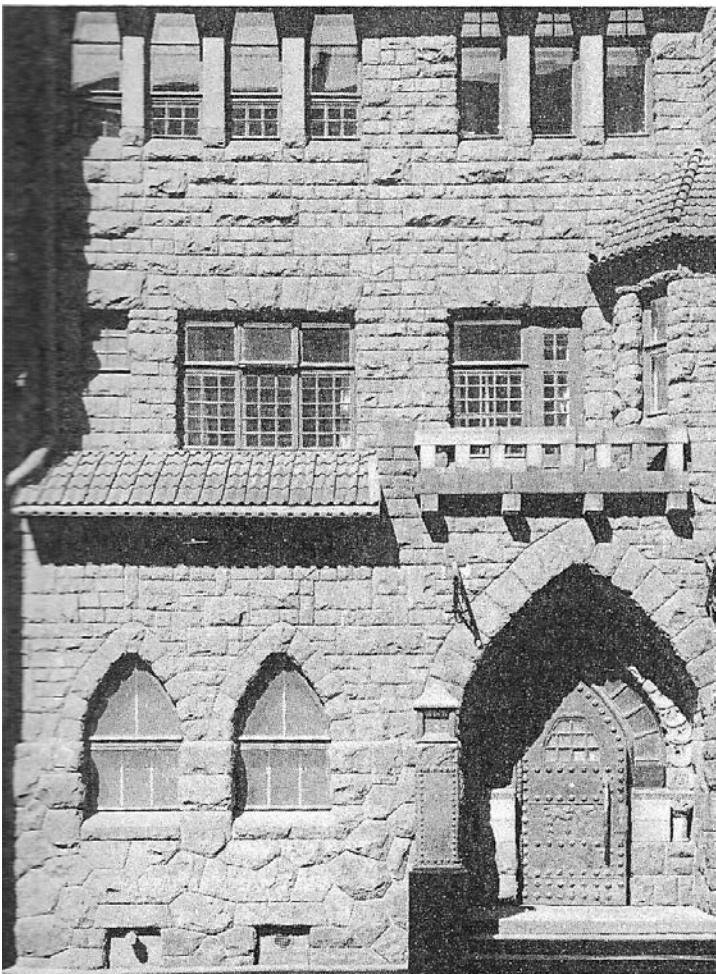
Kuva 1-5. Tampereen tuomiokirkko, arkkitehti Lars Sonck.
Valokuva Suomen rakennustaiteen museo, H. Iffland.



Kuva 1-6. Pörssitalo, Helsinki, arkkitehti Lars Sonck.
Valokuva Suomen rakennustaiteen museo, K. Hakli.

tietonsa pääasiassa kollegoiltaan Ruotsista, jossa keskustelu ja kehitystyö oli käynnistynyt jo aiemmin. Maahamme perustettiin kiviyrityksiä, jotka omaksuivat uudet koneelliset tuotantotekniikat ja pystyivät tuottamaan rakennuskiveä eri muodoissaan nopeasti kotimaan tarpeisiin sekä kehittämään vientiä, joka tosin jo silloin käsitti pääasiassa raakakiveä. Kiviyritysten markkinoinnissa olivat etusijalla viennin laajentaminen ja arkkitehtien rohkaiseminen kiven käyttämiseen.

Vuosikymmeniä vireillä säilynyt keskustelu uudesta arkkitehtuurista johti tavoitteisiinsa uuden vuosisadan, 1900-luvun, kynnyksellä. Ikään kuin teknisinä harjoitelmina kohta esiin nousevalle voimakkaalle luonnonkivi-ilmaisulle suunniteltiin ja rakennettiin vuosisadan viimeisinä vuosina Helsingissä ensimmäiset, osittain uusilla tekniikoilla toteutetut, kokonaan luonnonkiviset julkisivut. Näitä olivat Suomen Yhdyspankin talo ja Wasa Bank-talo sekä Nylands Nation-osakuntarakennus.



Kuva 1-4. Polyteknikkojen talo, Helsinki, arkkitehdit Karl Lindahl, Walter Thome. Valokuva Suomen rakennustaiteen museo, K. Hakli

1900-luku

Päätyneen vuosisadan lopulla elettiin kansallisen heräämisen aikaa, johon liittyi, varsinkin taiteen eri aloilla, voimakas tarve omaksua kansainvälisiä vaikutteita ja eristyneestä asemasta huolimatta tuntee kuuluvansa kansojen joukkoon. Näiden kansallisten ja kansainvälisten vaikuttimien sulautumana syntyi kansallisromanttinen tyyli, joka lyhytaikaisena mutta voimallisena leimasi vuosisadan alun arkkitehtuuria ja kuvataiteita. Tyyliässä oli olennaista symboliikka, jonka ilmaisijaksi arkkitehtuurissa muotoutui luonnonkivi. Tapa, jolla luonnonkiveä rakennuksissa käytettiin oli tosin enemmänkin skotlantilaista ja amerikkalaista alkuperää kuin suomalaiskansallista. Kansallisen aatteen ilmapiiirissä synnytettiin lukuisia määriä monumentaalisia rakennushankkeita, joiden asema rakennuskulttuurissamme on verrattavissa varhaisiin harmaakivikirkkoihin ja linnoihin. Suomalainen arkkitehtuuri nousi nyt myös ensimmäistä kertaa kansainväliseen tietouteen, kun Pariisin maailmannäyttelyssä vuonna 1900 Geselliuksen, Lindgrenin ja Saarisen suunnittelema Suomen paviljonki herätti laajaa huomiota.

Ensimmäisiä uutta kansallista tyyliä edustavia rakennuskohteita olivat Helsinkiin suunnitellut Vakuutusyhtiö Pohjolan rakennus, jonka julkisivut, portaikot ja sali-interiöörit olivat arkkitehtien Gesellius, Lindgren, Saarinen suunnittelemat, sekä Polyteknikkojen yh-distyksen talo, jonka suunnittelijoina olivat Valter Thome ja Karl Lindahl. Viime mainittu rakennus oli hallittu kokonaisuus, jota arvostettiin tyylipuhtaana uuden arkkitehtuurin airuena.

Merkittävin luonnonkiviarkkitehtuurin luoja oli Lars Sonck, jonka pääteos Tampereen tuomiokirkko on kansallisen tyyliunnon vaikuttavin luomus. Sonckin suunnittelemat lukuisat liikeraennukset ja kirkot myös kansallisromanttisen kauden jälkeen - kertovat erinomaisesta taidosta ja näkemyksestä luonnonkiven käsittelyssä.

Kansallisromanttisen arkkitehtuurin rinnalla eli myös alkuperäinen "art nouveau", pyrkimys kansainvälisempään, ajan henkeä ja kehitystä paremmin ilmaisevaan arkkitehtuuriin. Ammattikunnan piirissä harjoitetun julkisen kritiikin ja julistuksen myötä saivat uudet rationaalisemmat ja hillitymmät piirteet sijaa myös monumentaalirakennuksissa. Eräänä esimerkkinä on Helsingin rautatieasema, josta Gesellius, Lindgren ja Saarinen tuottivat aiemmasta kilpailuehdotuksestaan poikkeavat, uutta muotoajattelua ilmentävät suunnitelmat. Rautatieasema on edustava esimerkki materiaalien käsittelyn ja kivityön taidokkaasta hallitsemisesta.



Kuva 1-7. Helsingin rautatiesema, arkkitehdit Gesellius, Lindgren, Saarinen. Valokuva Suomen rakennustaiteen museo, H. Havas.

Siirryttäessä 1920-luvulle elettiin myös rakentamisessa niukkuuden aikaa. Rakentamisessa muodostui ensisijaiseksi tehtäväksi asuntojen ja sosiaalisten kohteiden tuottaminen, joiden myötä arkkitehtuurissa omaksuttiin yhä pelkistetyimmät ja hienovaraisimmat ilmaisut. Esikuvana oli pohjoismainen klassismi, joka kuitenkin pian sai rinnalleen kansainvälisemmän ja radikaalimman funktionalismin. Klassismin hengen mukainen viimeisin ja suurin rakennus-hanke oli J.S. Sirenin suunnittelema Eduskuntatalo, jonka laajuudessaan ja vaativuudessaan ennennäkemättömät kivityöt ovat osoitus ehkä maamme parhaasta alan ammattitaidosta.

Suomalaiset suunnittelijat omaksuivat varhain uuden rationaalisen arkkitehtuurin, funktionalismin. Alkuvaiheessaan pelkistämiseen, rakenteelliseen todenmukaisuuteen ja taloudellisuuteen pyrkivä muotoajattelu ei suonut paljon mahdollisuuksia luonnonkivirakenteiden käyttämiseen. Luonnonkiveä käytettiin pääasiassa sisäverhouksissa. Rakenteeltaan uutta ratkaisua edusti Helsinkiin 1930-luvulla rakennetun Bensowin liiketalon luonnonkivijulkisivu. Amerikasta omaksutun tekniikan mukaisesti ohuet, sileiksi hiotut kivilaatat, tässä kohteessa vuolukiveä, kiinnitettiin ulkoseinään ruostumattomin teräskiinnikkein.

1940-luvulla ja seuraavalla 50-luvulla sai sotien jälkeinen funktionalismi suvaitsevampaa ja herkempiä ilmiä taloudellisesta niukkuudesta huolimatta. Hienovaraisissa koristeluaiheissa saavutti suosion liuskekivi, jonka käyttö myös ympäristörakenteissa levisi laajalle.

Rakennustuotanto ja -teollisuus kasvoivat 1960-luvulta lähtien voimallisesti. Ympäristöämme muovaavat tavoitteet ja vaikutteet moninaistuivat ja sirpaloituivat. Rakentamisen kuvaa leimasi määrällisesti suuri ja ilmeeltään yhdenmukainen asuntotuotanto. Muussa rakentamisessa sai materiaalien ja keinojen runsaudesta huolimatta tyyllisen valta-aseman anonyymi kansainvälisyys. Luonnonkiveä käytettiin yleisimmin julkisissa rakennuksissa ja liikerakennuksissa, yleensä hillitysti ja taloudellisesti. Eräänä luonnonkivirakentamisen erityispiirteinä, tosin muodoltaan ”käänteisenä”, on mainittava 1970-luvulla suuresti kasvanut luolarakentaminen.

1980-luvulla kasvoi luonnonkiven käyttö liikerakentamisen voimakkaan laajenemisen myötä. Rakentamisessa vallinneet liikelatoudelliset pyrkimykset antoivat myös sijaa arkkitehtuurissa omaksutulle tyylien ja keinojen runsaudelle.



Kuva 1-8. Bensowin talo, Helsinki, arkkitehti Uno Ullberg.
Valokuva Suomen rakennustaiteen museo.

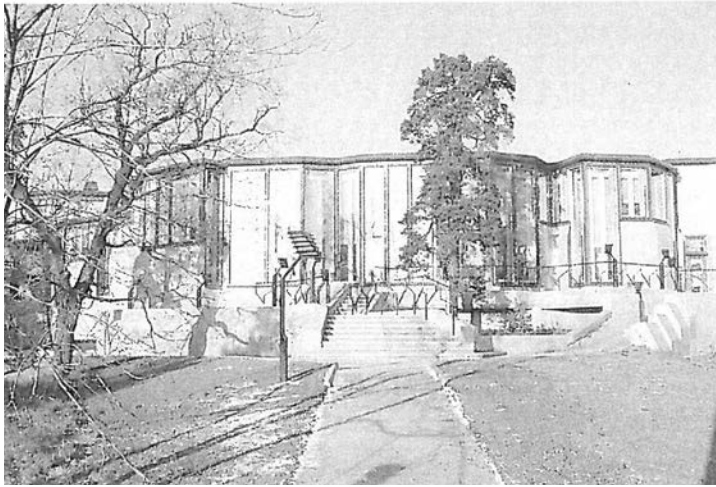
Viimeksi kuluneiden vuosikymmenien aikana on rakennustekniikoiden kehittyessä ja rakentamisen teollistuessa myös luonnonkivirakenteissa omaksuttu uudet vaatimukset. Julkisivurakenteissa on luonnonkivestä tullut ohut verhousrakenne, jonka tuotekehittelyssä on pääpaino ollut kivipinnan ohentamisen rinnalla kiven kiinnitystekniikoiden suunnittelussa. Yleisenä kehityspiirteenä on myös ollut kivikappaleiden, -laattojen, yhä suurempi mittatarkkuus ja hyvin pitkälle viety koneellistaminen jalosteiden tuotannossa. Pyrkimykset yhä kattavampaan rakennusosien esivalmistukseen ja tuotannon edullisuuteen ovat tuoneet markkinoille jopa kivit tuotteita, joissa luonnonkiveä on tuskin pintaa syvemmältä.

Luonnonkivi kuuluu edelleen suomalaisen rakentamisen ja arkkitehtuurin omimpaan materiaalivalikoimaan ja ilmaisuun. Luonnonkiviarkkitehtuurissa on yleisesti leimaa-antavana piirteenä pyrkimys aitouteen ja selkeyteen. Ratkaisut ilmentävät luonnonkiven kestävyyttä ja ajattomuutta - kiven viestiä.

1.2 Luonnonkivi suomalaisessa nykyarkkitehtuurissa

Tämän vuosisadan alussa luonnonkivi sai oleellisen merkityksen maamme rakennustaiteessa. Kivi rakennusmateriaalina sai myyttisen suomalaikansallisen arvon ja sellaisena sen nähtiin heijastavan voimistunutta kansallisaatetta. Tuolloin syntyneen korkeatasoisen arkkitehtuurin saavuttama asema on omiaan vieläkin ylläpitämään luonnonkiven symbolista kansallista arvoa. Tämän päivän uusi rakennettu ympäristö on monisärmäistä ja monivivahteista. Yh-denmukaista tai leimaa antavaa tyyllistä tavoitetta on vaikea nähdä. Nykyrakentamisessa ovat tunnetusti tekniset ja taloudelliset perusteet laajalti suunnitteluratkaisuja ohjaavia. Materiaalien käytöllä on keskeinen merkitys rakennuttajan ja suunnittelijan tahdon ja mielikuvien ilmaisussa.

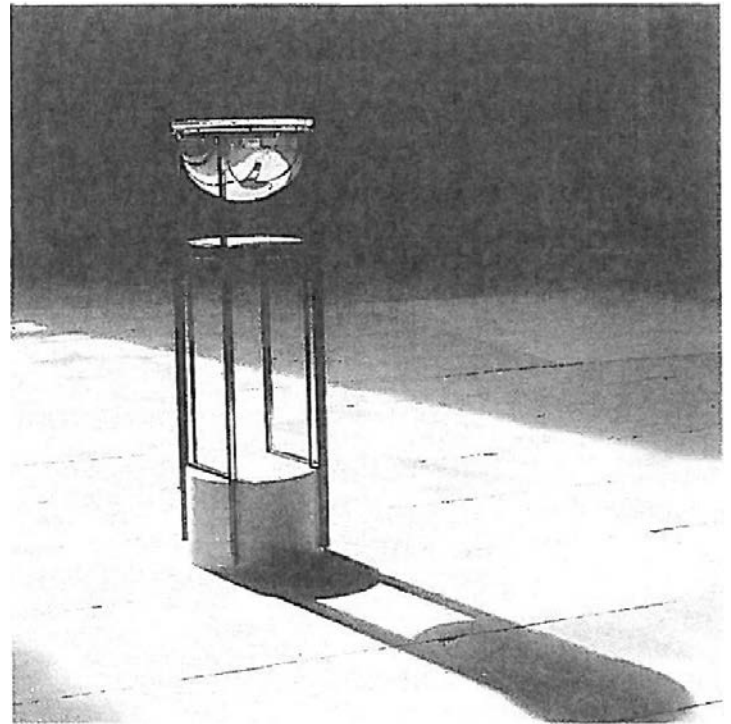
Käsikirjan laatijat pyysivät useita maamme nykyarkkitehtuurin tekijöitä kertomaan mitä luonnonkivi heille merkitsee, mikä on luonnonkiven rooli arkkitehtonisessa ilmaisussa, mitä luonnonkivi on.



Tasavallan presidentin virka-asunnossa, Mäntyniemessä, on käytetty suomalaisia luonnonkiviä varsinkin omaperäisesti ja monipuolisesti. Kivitoiden vaativuusaste on erittäin korkea. Vuonna 1993 valmistuneen kohteen suunnittelijat ovat arkkitehdit Raili ja Reima Pietilä.

Luonnon kivi - saako sitä yleensä käyttää vai haluaako luonto pitää omansa? Moottoritien raivausta katsellessa tajuaa ettei sitä ainakaan noin saa käyttää. Huittisten hirvenpään tekijältä ei tätä mahdollisuutta haluaisi kuitenkaan kieltää, eikä myöskään Kauppatorin kiveäjältä. Pyhittääkö tarkoitus keinot? Pyhittää. Akropoliilla kivi on arvoisessa tehtävässä eikä vasta pestyä Eduskuntataloakaan voisi kuvitella rapattuna, vaikka J. S. Siren vielä kilpailuehdotuksessaan niin esitti.

Kaupallinen rakentaminen kiiltävissä liikekeskuksissaan on profanoinut monet aikaisemmin arvokkaiksi koetut materiaalit, luonnonkivenkin "mikkään ei oo mittään". Kuitenkin kivikirkkoja rakennettiin samaan aikaan kavinavettojen ja -aittojen kanssa, kaikkia kaunein tuloksin. Jospa onnistuminen ei riipukaan materiaalista vaan käyttötavasta?



Kastemalja, Turun tuomikirkko, Ola Laiho.

Ola Laiho
Arkkitehti, SAFA

Kivi luonnossa ja käsiteltynä

Suomen maaperässä on näkyvillä maapallon vanhimpiin kuuluvaa kerrostumaa, mannerlaatan pintaa. Näitä kalliopintoja ja irtolohkareita ovat jääkaudet muotoilleet aikojen kuluessa. Juuri luonnontilassa kivi onkin kauneimmillaan: on suuri houkutus tarttua kiviin, joita silmä löytää. Luonnonkiven muoto on sopiva ja hyvän tuntuinen käteen. Usein myös taiteilijat yrittävät tavoittaa samantapaista vaikutusta veistoksiinsa jäljittelemällä luonnon muotoja tai jäljittelemällä teoksiinsa ajan patinaa. Luonnon kanssa on kuitenkin turha yrittää kilpailla herkkyydessä. Jo kalliopintojen ja irtokivien aikaperspektiivi on ihmiselle valtava.

Kiven pinnan alla on kuitenkin myös sen sisässä piilevä kauneus. Tämän sisäisen kauneuden ihminen on oppinut paljastamaan jo tuhansia vuosia sitten. Teoksia on muotoiltu seuraamalla luonnon työstämistapoja, hiomalla kiveä toisen kiven ja veden avulla. Joskus on hioutumista luultavasti nopeutettu laittamalla hiekkaa hiomakiven ja hiottavan kiven väliin.

Samoin periaattein tapahtui myös luonnon suuri muotoilu: jäämassojen alla painon vaikutuksesta alkoi lämpö nousta, jään alle kerääntyi vettä ja jää alkoi liikkua, irtokivet hioivat kallion pintaa ja hioutuivat itsekin. syntyi hiekkaa, joka jäämassan painosta omalta osaltaan sileytti kallioiden pinnat ja pyörästi irtolohkareet.

Omassa pienoismittakaavassaan ihmiskäsi toimii kuten jäämassakin painona kiveä työstäessä. Käden spontaani liike antaa hiomakivelle kulkureitin, mutta hiomakivi antaa hiottavalle teokselle kivelle ominaisen muodon. Näin syntyy ikään kuin luonnonmuotoja ihmiskäden kautta.

Tänä päivänä kiveä hyödynnetään materiaalina monilla tavoin. Sisäisen kauneutensa vuoksi kiveä on alettu myös käyttää yhä enemmän kiillotettuna ja yhä useammin myös sen ominaislaadulle sopimattomissa paikoissa. Vaikuttaa kuitenkin usein

siltä, että kivirakentamisessa olisi unohdettu kiven luonnolliset ominaisuudet. Katujen rakentamisessa kivi on tarkoituksenmukaista, sillä kuluessaan kivet kaunistuvat. Katukivet voi aina käyttää myös uudelleen, ja laatatkin ovat hiomisen jälkeen uuden veroisia. Kiven ominaisuuksiin perehtynyt rakentaja ei erehdy käyttämään teräviä kulmia, sillä kivi on varsin heikko ja hauras materiaali alle 45° kulmissa. Sen sijaan suora kulma ja ns. laiska kulma ovat kivessä tavattoman vahvoja ja kolhimista kestäviä. Kiven käsittelyn ammattilainen tietää myös, että laatoitettujen portaiden askelmien reunoissa ja kaiteiden päädyissä ja niiden päällä tulee käyttää umpikiveä. Kapeita kiiloja tulee myös välttää, ne voi aina korvata muotoilemalla viereisen laatan niin, ettei kiilaa tarvita. Suurien seinälaattojen käyristyminen estetään perinteisesti siten, että kivi käsitellään sekä etu- että takapinnaltaan samalla tavoin.

Maamme kallioperästä löytyy maailman parhaita kivilaatuja. Sen vuoksi myös kiven käyttäjän tulee suhtautua materiaaliinsa kunnioittavasti ja opetella tuntemaan sen ominaisuudet.

Pisaroita ja sirpaleita

Tuomo Siitonen
Arkkitehti SAFA

Kun piti löytää jotakin pehmeää ja kosketeltavaa valittiin Joensuun kirjaston lastenosastolle kivi. Kauko Kortelainen Juuasta veisti ”Pisaran” mustasta diabaasista. (1)

Pehmeys

Marmori toistaa naisen ihon kuulautta tai laskostuu tunikaksi antiikin veistoksissa. Jalka erottaa kalkkikiven graniitista askeleen alla. Kivi ei ole kuollut. Se elää monella tavalla.

Kiven pinta on pehmeämpi hionnan jälkeen. Kuten puukin se tulee kuivattaa ennen käyttöä. Kapillaari-ilmiö tuo pintaan ainesosat, jotka muodostavat kuoren. Sir Christopher Wren ei hyväksynyt St. Pauliin yhtäkään kiveä, jota ei oltu kuivattu vähintään kolme vuotta.

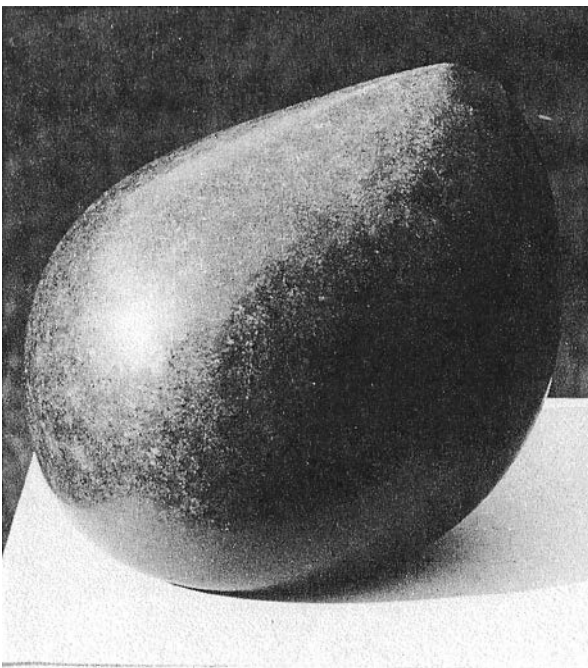
Valo

Jokaisella kivellä on sisäinen, rakeinen geometriansa. Kivi murtuu omien lakiensa mukaan.

Kiven pinta taittaa valoa eri tavoin. Hiotun marmorin pinta on omaalainen. Se hohtaa himmeästi myös varjossa ja loistaa pehmeää sinistä valoa. Hakatun graniitin ankara pinta muodostaa itsessään varjoja. Vaalean kiviaineksen pinnan oma tekstuuri luo tumman sävynsä. Vivahteikkaampaa taustaa täyteläiselle värikonaisuudelle tuskin löytyy kuin on vuolukiven harmaus?

Lämpö

Kivi syntyi kuumuudessa. Kivi varastoi lämpöä ja säteilee sitä pitkään. Veden hiomassa kalliassa viipyy kesäyössä päivän lämpö.



1) Kauko Kortelainen: *Pisara* (1986), Joensuun Kaupunginkirjasto

Palava puu siirtää hehkunsa kiukaan kiviin.

Aika

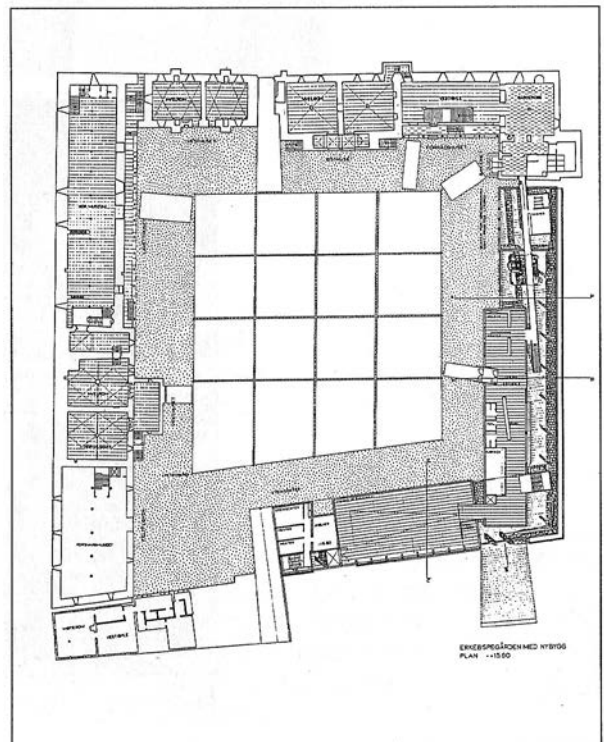
Kivi on tiivistynyttä aikaa. Uutta kiveä muodostuu hitaasti suuressa geologisessa kierrossa. Kiven käyttäminen merkitsee peruuttamatonta puuttumista luonnonvaroihin.

Arkeinen mannerlaatta muodostui yli kolme tuhatta miljoonaa vuotta sitten. Kun se repeili ja lopulta halkesi alkoi tapahtumaketju, jossa tulikuumat kiviainekset ja liukset muokkasivat Suomen kallioperää.

Luonnonkivi on tallentanut historiaa ja kertoo siitä. Kiven kuluminen ja patina liittävät arkkitehtuuriin ajan. Askelmat ovat hioutuneet kuopalle Engelin porrashuoneissa. Luodinjäljet Pitkäsillan kyljessä kuluvat vähitellen. Happaman ilman syövyttämät patsaat varoittavat uudesta vaarasta.

Luonnonkivi huokuu metafysisestä voimaa keskiajan Olavi-kultin pyhiinvaltajien pohjoisessa määränpäässä, Trondheimissä. Tuomiokirkkotyömaahan liittyvälle kivikeskukselle suunniteltiin siellä toimitiloja puisen, palaneen piharakennuksen tilalle. Tavoittelin arkkitehtikilpailussa keskiaikaisen piispanasunnon kiviarkkitehtuuriin verrattavaa, mutta nykytekniikalla saavutettava kiven käsittelytapaa (2).

Trondheimin ja Oslon välisen tien korkeinta kohtaa ympäröivät liuskekivikalliot. Ne ovat kuin ihmiskäden veistämiä ja koneen silottamia mutta luonnonvoimien murskaamia. Miten tällä tavoin tai kivenjalostuksessa syntyvää marginaalikiveä voitaisiin



2) Tuomo Siitonen: *Erkebispegården*, arkkitehtikilpailu 1992, nimim. ”RE-CREO”, jaettu 1. palkinto

järkevästi käyttää teollisesti?

Ehdotus perustui ajatukseen, jossa jännitettyjen lankojen väliin voitaisiin latoa erimuotoisia kiviliuskeita. Välit täytettäisiin hiekkalla joka valutetaan pois betonikuoren kovetuttua. Valmis pinta eläisi valossa kuten luonnonkivi on tehnyt kautta aikojen.

Arto Sipinen
Arkkitehti SAFA

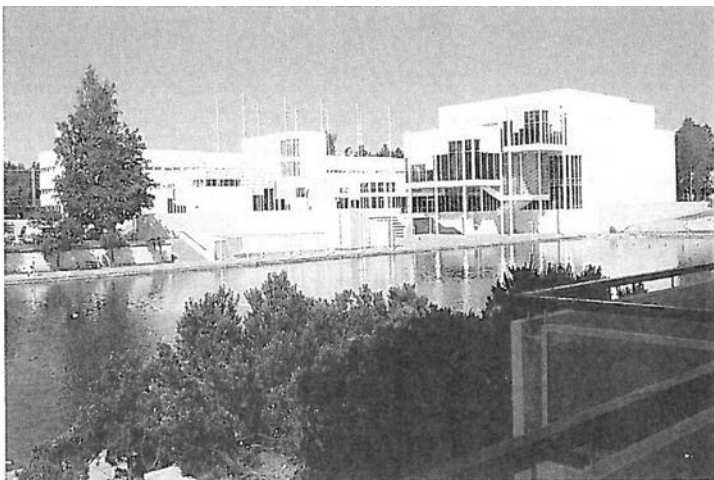
Julkiset rakennukset ovat perinteisesti näyttäneet suunnan aikansa arkkitehtuurista. Ne ovat usein kooltaan, mutta ennen muuta laadultaan omassa luokassaan. Parhaimmillaan julkinen rakennus jää oman aikansa pysyväksi symboliksi.

Pyrkiessäni julkisen rakennuksen suunnittelussa laadullisesti kestävään lopputulokseen huomaan nyt lähes aina käyttäneeni toteutukseen luonnonkiveä, mielellään paikkakunnan omaa kiveä, jos se on ollut mahdollista. Se on minulle sydämenajatus.

Ensimmäisessä, vuonna 1970 valmistuneessa Imatran kaupungintalossa toteutin valtuuston istuntosalin erillisenä kuutiona rakennuksen sisälle Imatran harmaasta graniitista.

Viimeisimmässä, viime vuonna valmistuneessa, Mäntsälän kunnantalossa Mäntsälän punaloimuinen graniitti kiiltää sisääntuloaulan lattiasa.

Keinotekoisiiin materiaaleihin verrattuna luonnonkivi rakennuksissa on aito ja kestävä. Kivi on myös valmiissa rakennuksessa hoito- ja huoltovapaa.



Espoon kulttuurikeskus 1989, Espoo, arkkitehti Arto Sipinen

Laman hellittäessä on helppo ennustaa rakentamisen jatkuvan entistä nopeampana, yhä pienemmin suunnittelu- ja materiaalipanoksin. Nopeus nähdään valttina, ei laatu. Rakennusten korjauskustannukset odottavat jo nurkan takana, mutta rakennusvaiheessa ajatellaan vain toteutuksen hintaa.

Juuri nyt, hiljaisen rakentamisen aikana, olisi kuitenkin oikea hetki opetella laadullisesti kestävä lopputuloksen suunnittelu.

Suunnittelu on yksi työn pienimmistä kustannuksista, mutta se ratkaisee rakennuksen tulevaisuuden, tuleeko siitä miljööseen istuva ”ikuinen” rakennus vai ei.

Eero Hyvämäki
Arkkitehti SAFA

Luonnonkiveä käyttämällä saavutan sen, mikä useimmilla tämän päivän materiaaleilla jää turhaksi tavoitteeksi, eheyden ja kokonaisuuden tunnun. Tämän päivän rakennetun ympäristön palapeleissä luonnonkivipinta edustaa pitkäjänteisyyttä, historian jatkuvuutta ja luonnonläheisyyttä.

Luonnonmateriaalina kivi on aina ilmeeltään elävä ja mielenkiintoinen sekä voi muodostua merkittäväksi paikalliseksi ympäristötekijäksi, onhan se niitä harvoja materiaaleja, jotka ovat käytettävissä sukupolvesta toiseen. Korkeasta hankintahinnasta huolimatta kiven kestävyys ja rakennustekninen ongelmattomuus tekee siitä todellisuudessa taloudellisen vaihtoehdon useimpiin kohteisiin, joissa käyttöikä muodostuu pitkäksi.

Erään projektin geologiaa
Mikko Heikkinen
Arkkitehti SAFA



Suomen kansallisooppera, 1993, Helsinki, Arkkitehtitoimisto Hyvämäki - Karhunen - Parkkinen

'I like common materials, whatever is to hand, but especially stones. I like the idea that stones are what the world is made of.'

Richard Long

Forte dei Marmi, nousemme kapeaa tietä ylös Carraran vuorille.

Alberton puhe käy katkeamatta, eikä syyttä, sillä hän yrittää myydä meille puolen miljoonan dollarin edestä brasilialaista graniittia. Aluksi tietä reunustaa kiviliikkeiden myymälät, kaikkea mahdollista marmorista on saatavilla, hautakivistä milonvenukseen. Sitten tulevat ensimmäiset louhokset. Pienimmät niistä ovat vain muutamien aarien laajuisia, mutta tontin syvyys on pohjaton: päätähuimaavia kaivoskuiluja, jotka näyttävät ulottuvan maan keskipisteeseen.

Tie päättyy yhdelle suurimmista louhoksista. Ihmisen tekemän ja koskemattoman luonnon välinen kontrasti ei voisi olla dramaattisempi. Vuorta peittävä iho on kuin terävällä veitsellä viilletty pois, leikkauspinta on hohtavaa marmorista ja täysin sileä, vain eri louhintakerrosten saumat näkyvät täsmällisenä ruudukkona. Nyt on pakko uskoa, että edessä oleva valtava vuori on kokonaan tätä jaloa ainetta. Koska vertailukohtia ei ole, mittakaavantaju häviää, onko lohko kymmenen vai sadan neliömetrin laajuinen. Seinämä saa rakennuksen hahmon, yhtäkkiä se muistuttaa Niilin rantakallioihin hakattuja temppeleitä. Rinteen valkeus sokaisee ja hienoa marmoripölyä leijuu kaikkialla.

Laskeudumme alas kaupunkiin. Alberton edellisenä iltana tarjoama ylenpalttinen kestitys palautuu mieleen, juottokaritsaa abbacchio ja keltajuovamulloja Ligurian tapan. Mutta miten kertoa, ettei kaupoista nyt tule mitään, hänen graniittinsa on väärästä vuoresta.

Kivilouhos oli rakennettu kivistä, kirkko oli rakennettu kivistä. Rakentajina luonto ja menneisyyden ihmiset. Mutta ihminen aukaisi luonnon rakennelman, ja luonto valtasi vähitellen ihmisten kirkon. Kun aika kului. Missä oikeastaan oli näiden aineen järjestämistapojen välinen raja?

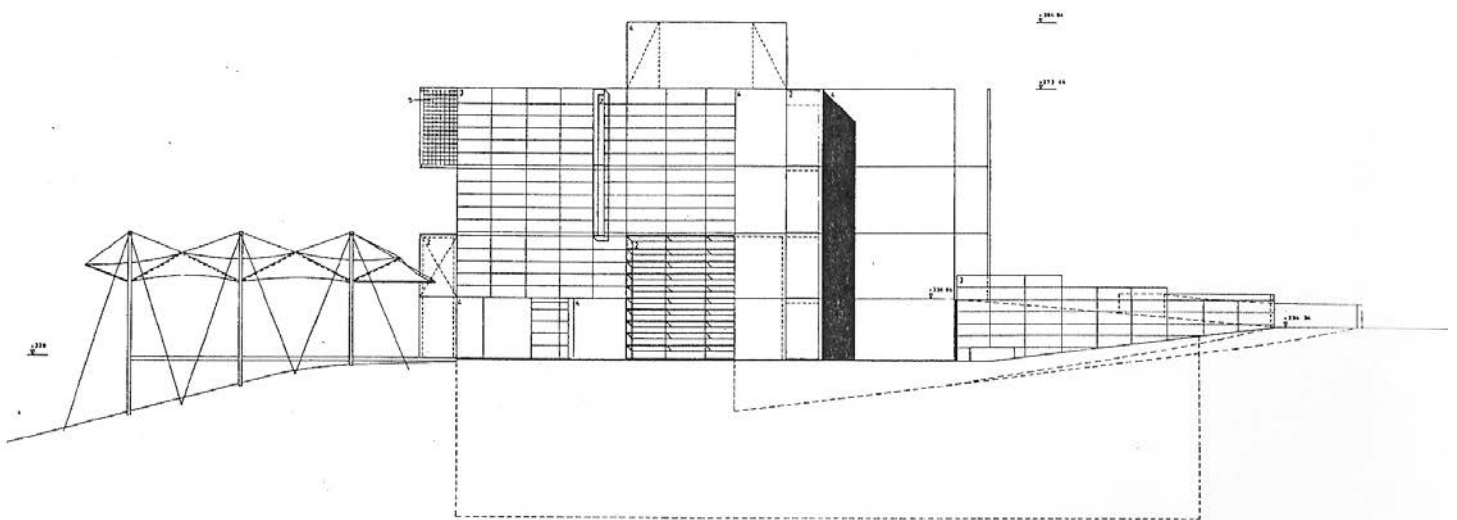
Välähdyksenä näin geologian maailmankatsomuksen, näkemyksenä joka ulottui kauas ohi minkään teknokraattis-ammattillisen. Valtaisana virtana energioita ja materiaaleja, jotka ajoittain kohtasivat kiteytyneinä struktuureina, vuorena, kirkkona, lyhyen hetken, hengähdyksen verran, aamusumuna ikuisesti virtaavan joen yllä. Per Kirkeby "Cézannesta"

United Tile & Marble, puolen tunnin ajomatkan päässä Washingtonin muistomerkistä - ja Vietnamin, mutta se olisikin jo oma tarinansa. Varastohallissa on näytteillä lähes kaikki se mitä tämän ohuen maankuoren alla vellova sula magma on vuosimiljoonien kuluessa kiveksi jäähtyneenä ja puristuneena saanut aikaan. Jokainen seinäkokoisesta hiotusta kalkkilevystä kävisi sellaiseen freskosta. Kivistä aistii niiden valtavan painon ja yhtäkkiä kiillotettu pinta voi peilata aineettoman kevyenä. Joidenkin levyjen kiteet muodostavat tasarakeista grafiikkaa, toisista löytyy luonnon mikro- ja makrokosmokset: kivivirtoja, alppijäätiköitä, avaruussumuja, väliin henkeäsalpaavia syvyysvaikutelmia. Ja yksi levyistä on se brasilialainen syvän vihreä, jonka sammaleiseen kuusimetsään Rudolf Koivun Matti ja Liisa katoavat.

Mutta miten tämän näkymän saa siirrettyä rakennuksen seinään, miten julkisivusta saa leikatun vuoren, halkaistun kallion?

Simo Paavilainen
Arkkitehti SAFA

Luonnonkivi ei ole minulle läheinen materiaali. Se tuntuu liian



Suomen Washingtonin lähetystörakennus, luonnos arkkitehdit M. Heikkinen ja M. Komonen

komealta, kalliilta ja lopulliselta. Kivi on uusiutumaton luonnonvara. Sen rikkominen tuntuu pahalta ja peruuttamattomalta.

Mieluiten katselen kiviä ja kallioita merellä ja rannoilla. Vesi kirjastaa kiven värit. Meren pinnan horisontaali alleviivaa kallion muodot. Ihmisen rakennelmista miellyttävimpinä muistuvat savolaisten kiviaidat - jäkälän ja sammalten peittämät kiviladellat.

Onnistuneesti luonnonkiveä on käytetty kansallisromantiikan rakennuksissa - kansallismuseosta Helsingin rautatieasemaan. Niissä kivet saavat esiintyä lohkareina, säilyttää painonsa ja lähellä luontoa olevan muotonsa.

Kivi merkitsee pysyvyyttä. Luontevimmalta se tuntuu lattia- ja sokkelimateriaalina tai katujen ja torien päällysteenä. Se muodostaa perustan, jolta kaikki muu nousee.

Luonnonkiveä ei pitäisi sahata ohuiksi levyiksi. Sitä ei pidä alen-taa "mineriitiksi". Kiveltä odotetaan painoa ja pysyvyyttä. Jos seinälevy murtuu yhdestä potkaisusta, kivi on osallistunut pe-tokseen - se on menettänyt uskottavuutensa.

Luonnonkivi - arkkitehtuurin alkuaine

Rainer Mahlamäki

Arkkitehti SAFA

Luonnonkiveen liittyy voimakkaita tunteenomaisia arvoja, ehkä enemmän kuin mihinkään muuhun rakentamisessa käytettävään materiaaliin. Myyttiset kivipaadet Englannin Stonehengessä, mahtavat Egyptin pyramidit tai antiikin temppeilit ja amfit - nämä pari esimerkkiä kertovat olennaisen luonnonkiven olemuksesta rakennusaineena; luonnonkivi on rakennuskulttuurin historiaa. Oman maamme kansallisromantiikan aarteet, sellaiset kuten Lars Sonckin piirtämä Tampereen Tuomiokirkko tai Geselius-Lindgren-Saarisen piirtämä Kansallismuseo olivat arkkitehtuurin vastauksia ja kannanottoja kansallisten pyrkimysten puolesta. Näissä kansallisromantiikan merkkitoissa kivi on se väline, jonka avulla arkkitehdit puhuivat. Kivi on saanut ilmaisuvoimaisen, puhuttelevaksi jalostetun muodon.

Millaista kulttuurin tilaajatahtoa tämän päivän materiaalit kuvastavat? Nopeutta, kertakäyttöisyyttä, kulutusta. Tekniset innovaatiot ja niiden tarjoamat mahdollisuudet siirtyvät aina myös arkkitehtuurin keinovalikoimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalit sitoutuvat aina tiettyyn aikaan, ajan pyrkimysten mahdollistajina. Luonnonkivi ei ole modernismin rakennusaine. Funktionalismin synty ja sen jälkeinen aika ovat teräsbetonin historiaa, tämä lähes satavuotinen liitto ei näytä loppumisen merkkejä. Arkkitehtuuri pyrkii yhä kevyempään, yhä sirompaan ilmaisuun. Ovatko seuraavana vuorossa uudet metallit, muovi- tai hiilihyd-

raattiyhdisteet? Luonnonkiven asema keskeisenä arkkitehtuurin rakennusaineena on historiaa.

Arkkitehtuurin historiassa 1800-luku oli kertaustyylien aikaa. Luonnon-kiviharkko oli rakennusten rakenteellinen elementti. Kiven rinnalle uusilla materiaaleilla, ennen kaikkea raudalla otettiin jo hyvin kehittyneitä askelin. Rauta yhdistettynä lasiin synnytti teknisessä mielessä sellaisia hätkähdyttäviä ratkaisuja kuten Lontoon 1851 maailmannäyt-telyn Kristallipalatsi. Sen toteutustapa perustui esivalmistettujen ja myöhemmin helpon purkamisen mahdollistavien rakennusosien käyt-töön. Tätä jälkimmäistä mahdollisuutta ei koskaan käytetty hyväksi. Rakennus tuhoutui vuonna 1931 tulipalossa. Amerikan ensimmäiset pilvenpiirtäjät, esim. Richardsonin Marshall Field Warehouse oli toteutettu julkisivumuurin osalta luonnonkivestä, muutoin runko perustui jo rautavalsseista ja -pilareista tehtyyn pilari-palkkijärjestelmään. Kivi väistyi pian myös julkisivujen osalta muut-tuen tiileksi.

Saksalaisen Schinkelin suunnittelema, vuonna 1841 valmistunut Bau-Akademie Berliinissä oli sekä arkkitehtuurin yleisen kehityksen että luonnonkiven kannalta merkittävä rakennus. Systemaattinen ja myös julkisivuissa näkyvä pystyrunko oli luonnonkiveä. Pohjaratkaisun järjestelmällisyys, joka ilmeni myös julkisivuissa, oli merkki voimakkaasta rationaalisesta pyrkimyksistä. Kiven mahdollisuudet siroon, toimintaa haittaamattomaan, systemaattiseen pohjaratkaisuun päättyivät oikeastaan tähän rakennukseen. Teräs, lasi ja betoni vastasivat tuleviin arkkitehtuuripyrkimyksiin kiveä soveliaammalla tavalla. Jugend Englannissa ja kansallisromantiikka Suomessa toivat vuosisadan vaihteessa luonnonkiven vielä kerran väkevänä materiaalina arkkitehtuurin kartalle. Mutta se oli vain syrjähyppy, modernismi oli jo aloittanut oman määrätietoisen kulkunsa.

Suomessa viimeisin merkittävä luonnonkivestä tehty rakennus on eduskuntatalo. On mielenkiintoista huomata, että samanaikaisesti Aalto toteutti Paimion Parantolaa, funktionalismin yhtä merkittävää. Ehkä vieläkin kiinnostavamman vertailuryhmän luonnonkiven ominaisuuksista arkkitehtuurissa tarjoaa Eduskuntatalo, Kansallismuseo ja Finlandia-talo, näissä rakennuksissa tulevat vuorollaan esiin luonnonkiven arvokkuus, jyhkeys sekä juhlavuus. Vaikka Finlandia-talossa luonnonkivi on verhoilumateriaali, koko rakennuksen arkkitehtuuri on lujasti sidoksissa valkeaan marmorin. Se on myös osoittanut, että luonnonkivi on teknisesti omimmillaan massiivirakenteissa.

Mitkä ovat luonnonkiven käyttömahdollisuudet tänään? Kivi on erinomainen aine sekä teknisesti että arkkitehtonisesti "perustason" materiaalina. Ulkotasot, lattiat ja portaikot muodostavat lähtötason tilanmuodostukselle. Kivi on lattia- ja pihamateriaalina kulutusta kestävä, hoitovapaa ja kauniisti vanheneva, ylivertainen useimpiin muihin materiaaleihin.

Itse KIVI puhuu itsestään.

Kaarina Löfström
Arkkitehti SAFA

Haastattelu marraskuussa -93. Haastateltavana itse KIVI, haastattelijana Kaarina Löfström.

KL: Missä viihdyt parhaiten? Luonnossa alkuperäisessä asussasi vai jalostettuna urbaanissa ympäristössä?

iK: Luonnossa olen tietysti aina oma itseni, mutta oikein käytettynä uudessa ympäristössä on aina haastavaa ja mielenkiintoista olla, varsinkin oikeiden ystävien seurassa.

KL: Ystävien? Mitä tarkoitat?

iK: Sanotaanhan, että vastakohtat täydentävät toisiaan. Minun kohdallani se merkitsee uutta elämää esimerkiksi lasin, puun ja metallin rinnalla.

KL: Tuohan kuulostaa kiinnostavalta, kerro lisää urbaanista itsestäsi.

iK: Pystyn vaihtamaan olemustani huikealla tavalla riippuen siitä miten pintaani on käsitelty. Sama vanha minä ja monta olemusta.

KL: Sinussa on pohjimmiltaan jotain perusteellisesti arvokasta. Kärsitkö, jos sinua käytetään väärin?

iK: Kärsin todella, eniten ehkä silloin kun juhlapuvussa viimeiseen asti kiillotettuna joudun ylikoristeellisessa ilmapiirissä arjen taustaksi.

KL: Pidätkö kansainvälisyydestä; vai katsotko kuuluvasi puhtaasti kansallisiin aiheisiin?

iK: Rakastan matkustamista, Japani on lempimaani. Siellä minua käsitellään oikein, japanilaiset hallitsevat yksityiskohtien viimeistelytaidon.

KL: Lopuksi haluan tehdä vielä yhden kysymyksen. Mitä odotat arkkitehtuurilta?

iK: Odotan arkkitehtuurilta hiljaisuutta, se sopii minulle.

1.3 Kivirakennustekniikan kehitys

Luonnonkiveä käytetään tätä nykyä varsin monipuolisesti. Kiven ulkopuolisia käyttökohteita ovat rakennusten julkisivuverhouk-

set ja sokkeliverhoukset, katujen ja torien kiveykset ja päällysteet, reunakiveykset, ulkoportaot, aidat ja muurit sekä pollarit ja muut kadunkalusteet. Sisäpuolisissa rakenteissa kiveä käytetään lattianpäällystyksiin, portaisiin, seinäverhouksiin, kalusteisiin ja tulisijoihin. Luonnonkivi on myös perinteisesti ollut pienesineiden, veistosten ja muiden koriste-esineiden raaka-aine. Oman ryhmänsä muodostavat korut, joihin valitaan ulkonäöltään erityisen kauniita koru- ja jalokiviä.

Luonnonkiven käyttötavat ovat aikojen kuluessa muuttuneet. Historiallisissa rakennuksissa kivi oli pääsääntöisesti kantava runkomateriaali ja kivirakenteet olivat massiivisia. Kivenjalostus oli erittäin käsityövaltaisia ja kivet työstettiin lopulliseen muotoon yleensä asennuspaikalla. Suosituimpia kivilajeja olivat tuolloin paikalliset, usein pehmeät ja helposti työstettävät hiekka- ja kalkkikivet. Arvokohteissa päällystettiin jo ajanlaskumme alkuaikoina seinäpintoja viimeistely-tarkoituksessa muutaman sentin vahvuisilla hiotuilla kivilaatoilla.

Nykyisin luonnonkiveä käytetään talonrakennuksessa etupäässä pinta- ja verhouksmateriaalina. Kiven tehtävä on antaa rakenteille viimeistely ulkonäkö ja hyvä kestävyys. Kivien ja kivirakenteiden esivalmistusaste on kasvanut ja työmaalla tehtävän työn määrä vastaavasti vähentynyt. Samanaikaisesti kiven paksuus on talonrakennuksessa pienentynyt kaikissa kiven käyttökohteissa. Ympäristörakenteissa suositetaan edelleen käytön luonteen vuoksi massiivisia kiviä. Luonnonkiven tuotantotekniikan kehittymisen ansiosta vaihtoehtoisten kivilaatujen ja kivituoitteiden valikoima on kaikissa käyttökohteissa jatkuvasti monipuolistunut.

Luonnonkiven käyttötapojen ja rakennustuotantotekniikan menetelmien muuttumisen seurauksena kivirakenteet ja kivien kiinnitystekniikka ovat kehittyneet. Kehitystyössä on panostettu erityisesti julkisivuverhouksen rakenneratkaisuihin ja entistä ohuempiin ja kevyempiin kivirakenteisiin. Tavoitteena on ollut uusien, entistä teknisesti parempien ja taloudellisempien rakenteiden ja kiinnitystekniikoiden kehittäminen. Uusien rakennetekniikoiden avulla kivien asennusaikaa on voitu lyhentää ja kivirakentamisen kustannusta pienentää. Tutkimus- ja kehitystyön ansiosta kivirakenteiden toiminnallinen varmuus on lisääntynyt.

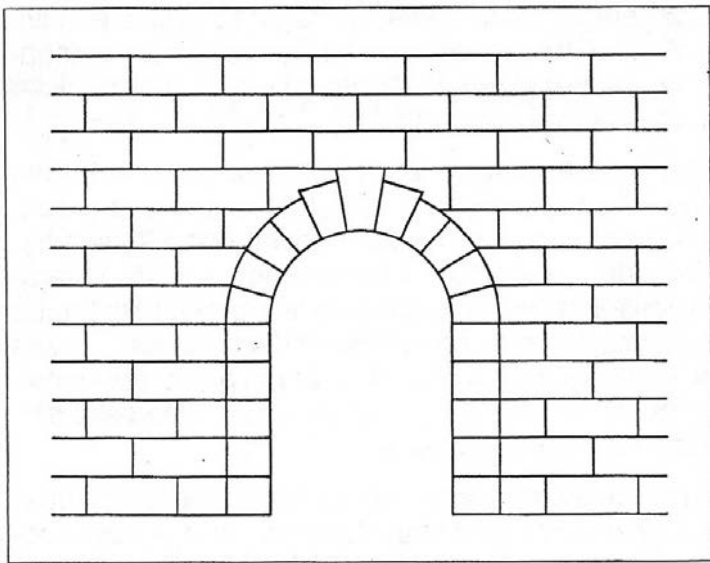
Luonnonkiven rakennusteknisen käytön kehityksen olennainen osa on ollut kivituoittamisen menetelmien ja tekniikan kehittyminen. Kiven louhinnassa ja jalostuksessa on käsityön osuus jatkuvasti pienentynyt. Louhinta- ja työstökoneiden sekä työmenetelmien kehittymisen ansiosta kivituoittamisen tehokkuus on lisääntynyt. Koneiden työstötarkkuutta ja soveltuvuutta erityisesti kovien kivilaatujen työstämisestä on parannettu. Jalostustekniikan kehittymisen ansiosta voidaan nykyisin valmistaa entistä ohuempia ja mittatarkempia kivituoitteita. Myös lohkopintaisten kivituoitteiden tuotannossa on käsityövaltaisuus pienentynyt

hydraulisten lohkotakoneiden yleistymisen seurauksena.

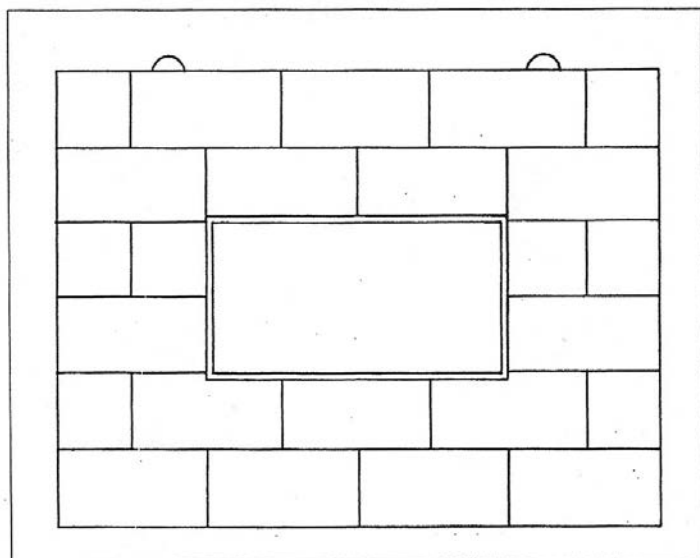
Mittatarkoiksi kalibroidut ohutlaatat ovat avanneet kivelle uusia rakenteellisia mahdollisuuksia erityisesti sisustuksessa. Ohutlaatat soveltuvat erityisen hyvin asuin- ja korjausrakentamiseen, missä pintarakenteiden työvarat ovat pienet. Kalibroidut ohutlaatat mahdollistavat kiven käytön myös kohteissa, joissa on edullista minimoida rakenteiden paino kuten esimerkiksi laivojen ja hissien sisustuksessa sekä siirreltävässä rakenneosissa.

Luonnonkivi on viime vuosikymmeninä vakiinnuttanut asemansa rakennusmateriaalina nykyaikaisessa rakennustuotannossa. Kivirakentaminen on läpikäynyt mittavan kehitysprosessin, joka jatkuu edelleen. Kiven arkkitehtoniset ilmaisumuodot ja raken-

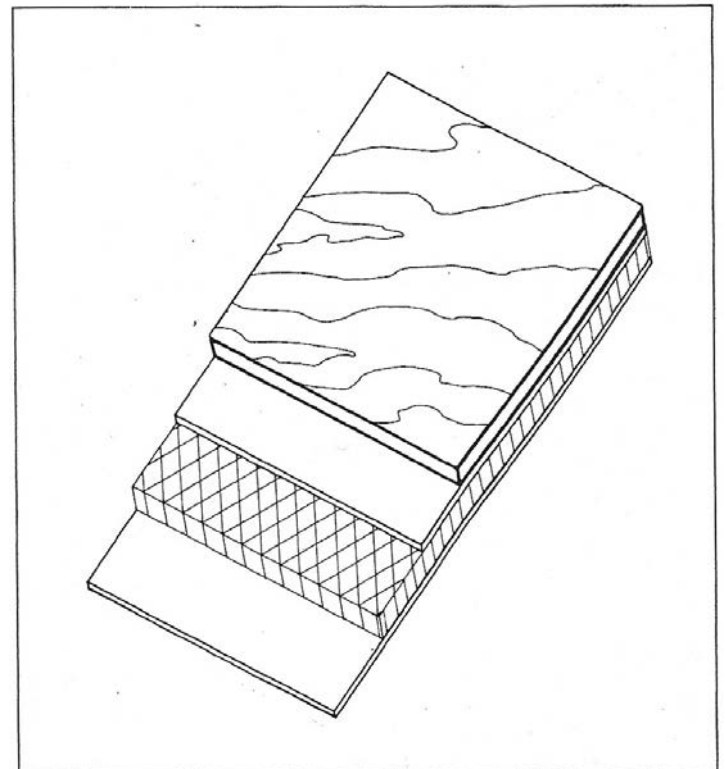
netekniset toteutusmahdollisuudet ovat nykyisin monipuolisemmat kuin koskaan ennen.



Kuva 1-9. Luonnonkiveä käytettiin ennen yleisesti kantavissa runkorakenteissa. Pyörökaarirakenteita tehtiin jo antiikin aikakaudella.



Kuva 1-10. Kivirakentamisessa on esivalmistuksen merkitys lisääntynyt. Kivilaattapintaiset betonielementit edustavat uutta kivitekniikkaa.



Kuva 1-11. Kevyissä ja ohuissa komposiittirakenteissa kiven paksuus on vain 5-6 mm.

LUONNONKIVIRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2006

LUKU 2 LUONNONKIVEN MATERIAALITIETO

2. LUONNONKIVEN MATERIAALITieto

2.1 Johdanto

Luonnonkivi on ulkonäöltään korkealaatuinen, oikein käytettynä erittäin kestävä ja pitkällä aikavälillä edullinen rakennusmateriaali. Kallioperässämme on lukuisa joukko erilaisia kivilajeja, joiden ominaisuudet poikkeavat toisistaan varsin paljon. Luonnonkivityyppien ulkonäkö, fysikaaliset ja käyttötekniset ominaisuudet sekä soveltuvuus vaihtelevat. Jotta voisi ymmärtää kivimateriaalin ominaisuuksia ja suunnitella toimivia rakenteita, on syytä perehtyä rakennuskivien materiaalitietoon, geologiaan.

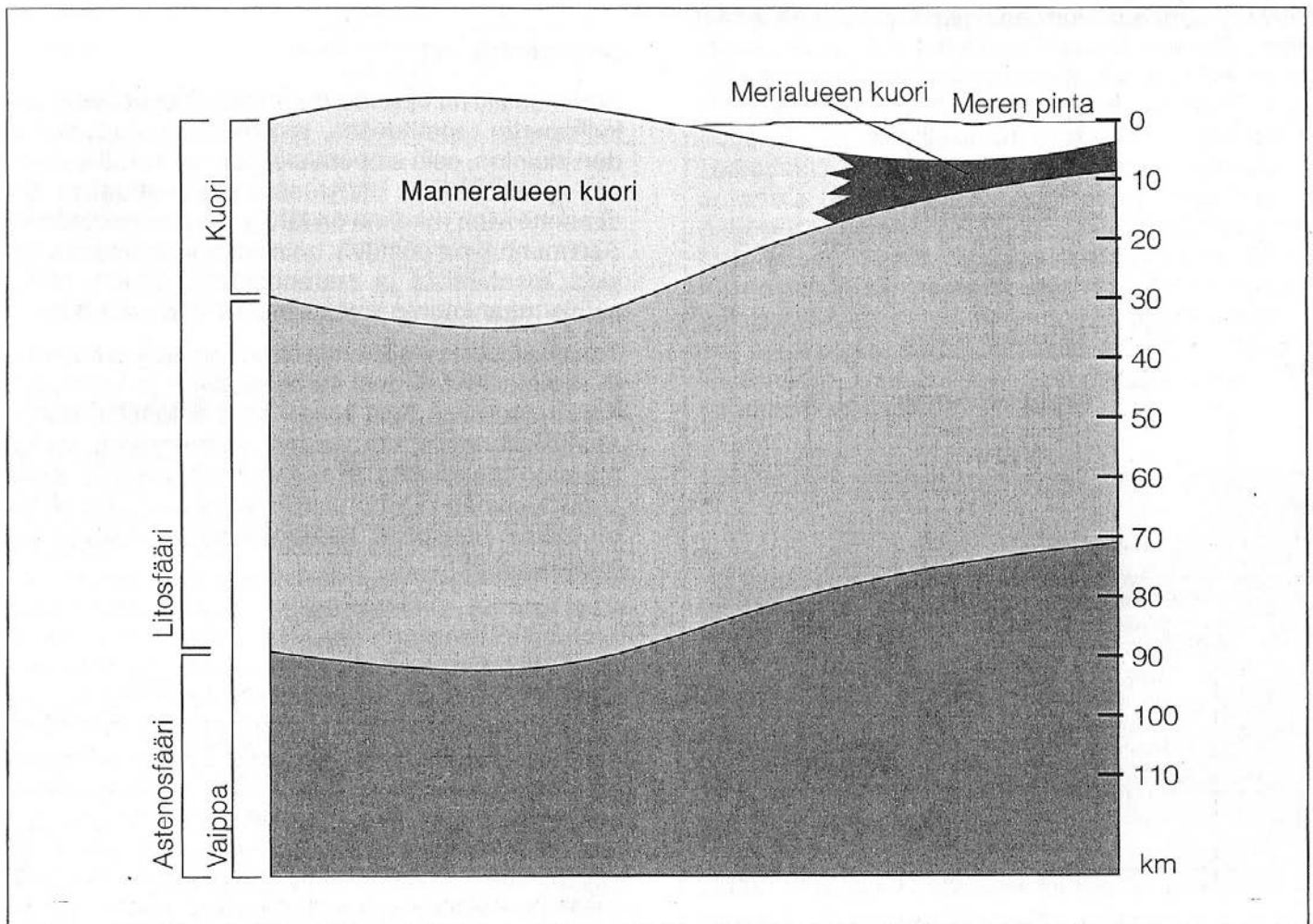
Luonnonkiven tuotanto on pitkälle koneellistettua, mutta kiven louhinnassa ja jalostuksessa vaaditaan hyvää kiven ominaisuuksien tuntemusta ja ammattitaitoa. Myös suunnittelijan ja kiven käyttäjän on hyödyllistä tuntea kivenjalostuksen perusteet ja kiven työstötekniset mahdollisuudet. Ohjeessa esitetään eri

kivituotteiden tuotantoprosessien päävaiheet. Erityisesti painotetaan seikkoja, joilla on vaikutusta kivituotteen ulkonäköön, tekniseen laatuun ja hintaan.

2.2 Rakennuskivigeologian perusteet

Yleistä

Luonnonkivien geologinen syntyprosessi on kivituotannon ensimmäinen ja tärkein vaihe. Sen aikana määräytyvät luonnonkivimateriaalin ominaisuudet. Nykyisten rakennuskivien synty ajoittuu satojen, jopa tuhansien miljoonien vuosien taakse. Kivituotannossa luonnon valmistama materiaali viimeistellään hyötykäyttöön sopivan kokoiseksi, muotoiseksi ja näköiseksi kivituotteiksi.



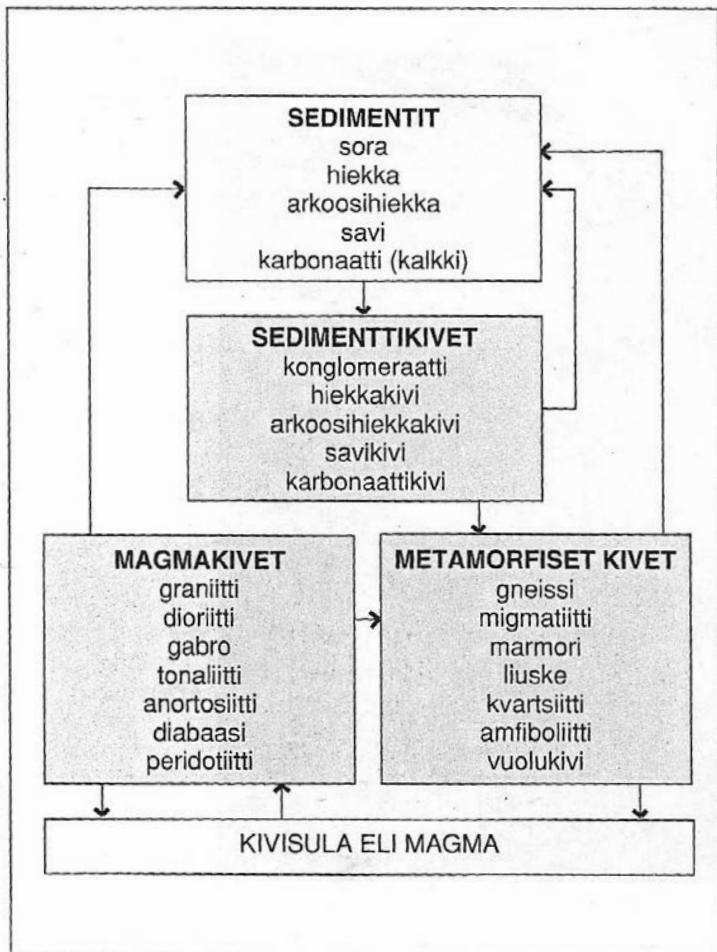
Kuva 2-1. Maapallon pintaosan rakenne.

Maankuoren rakenne ja kivilajit

Rakennekerrokset

Maapallossa on sisinnä rautanikkelyidin (16 t-% maa-pallosta), sen ulkopuolella rautamagnesiumsilikaatteja sisältävä vaippa (83 t-%) ja uloinna runsaasti alumiinisilikaatteja sisältävä kuori (1 t-%). Kuoren ja vaipan rajapinta, moho, määritellään seismisten aaltojen etenemisnopeuden perusteella. Kuoren paksuus on valtamerien alla, vesikerros mukaan lukien 10 km, manneralueilla keskimäärin 40 km ja paksuimmillaan, nuorten poimuvuoristojen alueella, yli 70 km (kuva 2-1).

Maapallon uloin kerros, litosfääri, käyttäytyy jäykän kivikuoren tavoin. Kaivoksista ja syvistä porareijistä tehdyt havainnot osoittavat, että lämpötila nousee 15 °C kutakin kilometriä kohden. Siten noin 70 km:n syvyydellä maankuoren lämpötila on noin 1000 °C, jolloin kivi alkaa korkean paineen alaisena virrata. Pehmeän kiven vyöhykettä kutsutaan astenosfääriksi (kuva 2-1). Vaipassa ja ytimessä on sulaa ainesta tai sulia osia.



Kuva 2-2. Geologinen kiertokulku.

Kivien synty

Maankuoren kivilajit ovat luonnossa syntyneitä yhden tai useamman mineraalin kasautumia. Ne ovat syntyneet useiden miljardien vuosien aikana kuoriosan alla olevasta sulasta magmasta, kivien rapautumistuotteista ja luonnon eloperäisistä jäänteistä. Maankuorella on periaatteessa meneillään jatkuva, joskin ihmisen ajanlaskussa tarkasteltuna erittäin hidas geologinen tapahtumasarja, jossa kivilajeja syntyy, muuttuu ja rapautuu. Hitaat geologiset muutokset ilmenevät mannerlaattojen liikkumisena ja maankuoren poimuttumisena, joihin liittyy luonnonilmiöinä mm. tulivuorenpurkauksia ja maanjäristyksiä. Syntytapansa perusteella luonnonkivet luokitellaan magmakiviin, sedimenttikiviin tai metamorfisiin kiviin. Kaikissa tapauksissa ei eri luokkien välille voida määrittää yksiselitteistä selvää rajaa. Kuvassa 2-2 on esitetty luonnonkivien geologisen kierron pääperiaatteet.

Magmakivet

Magmakivet ovat syntyneet kivisulan eli magman jäähtyessä ja kiteytyessä. Ne jaetaan edelleen syväkiviin, jotka ovat kiteytyneet hitaasti syvällä maan kuorella vakaisissa lämpötila- ja paineolosuhteissa sekä pintakiviin, jotka ovat jähmettyneet nopeasti purkaututtuaan tulivuorista kivisulana maan pinnalle (vulkaaniset kivet) tai lähelle pintaa (puolipinnalliset kivet). Kiteytymisprosessissa syntyvä kivilaji riippuu olosuhteista kuten paineesta ja lämpötilasta sekä niiden muutoksista. Rakennusmateriaaleina tärkeimmät magmakivilajit ovat graniitti, dioriitti, gabro ja näiden moninaiset muunnokset. Taulukossa 2-1 on esitetty tavallisimmat magmakivet ja niitä koostumukseltaan vastaavat pintakivet.

Magmakivi	Vastaava pintakivi tai puolipinnallinen kivi
Graniitti	Ryoliitti
Granodioriitti	Dasiitti
Syeniitti	Trakyytti
Dioriitti	Andesiitti
Gabro	Basalitti, Diabaasi
Peridotiitti	Komatiitti

Taulukko 2-1. Tavalliset syväkivet ja niitä vastaavat pintakivet.

Sedimenttikivet

Sedimenttikivet eli kerrostuneet kivet ovat syntyneet kallioperän rapautuessa, eroosiossa muodostuneiden irtainten, osin eloperäisten aineiden kulkeutuksessa, kerrostuessa ja iskostuessa eli kovettuessa. Sedimenttikivien rakenne on lähes aina kerroksellinen. Sedimenttikivet peittävät noin kaksi kolmasosaa kaikista mantereista ja merenpohjista, vaikka niiden osuus maankuoren kivilajeista on vain noin 5 %.

Tavallisimpia ja yleisimmin rakentamisessa käytettyjä sedimenttikiviä ovat karbonaattikivi ja hiekkakivi. Karbonaattikiviä ovat kalkkikivi ja dolomiitti. Karbonaattikiviä nimitetään yleisesti marmoreiksi, vaikka marmori itse asiassa on metamorfoituneen eli uudelleenkiteytyneen karbonaattikiven nimitys. Travertiini on erittäin huokoista, kerroksellista kalkkikiveä (ks. taulukko 2-2).

Sedimentti	Sedimenttikivilaji
Sora	Konglomeraatti
Hiekka	Hiekkakivi
Arkoosihiekka	Arkoosihiekkakivi
Karbonaatti (Kalkki)	Kalkkikivi
Turve	Ruskohiili, Kivihili

Taulukko 2-2. Tyypilliset sedimenttikivet ja niitä vastaavat sedimentit.

Metamorfiset kivet

Metamorfiset eli muuttuneet kivet ovat syntyneet magma- tai sedimenttikivistä muuttumisen eli metamorfoosin seurauksena. Lämpötilan nousu, paineen kasvu ja maankuoren liikkeet (poimuttuminen) ovat tekijöitä, jotka aiheuttavat kiven mineraalien ja rakenteen muuttumista. Kivilajien muuttuminen on hyvin hidas prosessi ja syntyvän kivilajin ominaisuudet riippuvat ratkaisevasti ulkoisista kiveen vaikuttavista olosuhteista ja niiden vaikutusajasta.

Alkuperäinen kivi	Metamorfinen kivi lisääntynyt metamorfoosiaste
Sedimenttikivet	
Konglomeraatti	Konglomeraattiliuske
Hiekkakivi	Kvartsiitti
Arkoosihiekkakivi	Arkoosikvartsiitti Paragneissi
Savikivi	Fylliitti Kiilleliuske Kiillegneissi Granuliitti
Kalkkikivi	Marmori
Magmakivet	
Graniitti	Graniittigneissi, Ortogneissi
Dioriitti, Gabro	metadioriitti, -gabri Amfiboliitti
Peridotiitti	Serpentiinikivi Vuolukivi
Diabaasi	Metadiabaasi Amfiboliitti
Ryoliitti	Metaryoliitti, Kvartsimaasälpäliuske
Basaltti, Andesiitti	Metabasaltti Meta-andesiitti Amfiboliitti

Taulukko 2-3. Metaforiset kivilajit.

Metamorfoosiasteen lisääntyessä kivilajin mineraalikoostumus ja rakenne muuttuvat, jolloin myös kiven ulkonäkö ja tekniset

ominaisuudet muuttuvat. Metamorfiset kivet ovat usein suuntauneita ja liuskeisia. Tähän ryhmään kuuluvia rakennuskivilajeja ovat gneissi, marmori, liuskeet ja vuolukivi (ks. taulukko 2-3).

Kivilajien nimitykset

Kansainvälisessä kivikaupassa kivilajinimitysten käyttö on kirjavaa ja osin ristiriitaista geologisten nimitysten kanssa. Usein kaupallisessa kiviluokituksessa käytetään yksinkertaistettua pääjakoa graniitteihin ja marmoreihin. Muita käytettyjä kivityyppejä ovat kalkkikivi, hiekkakivi, travertiini, liuskekivi, porfyryri ja alabasteri. Marmoriksi kutsutaan yleisesti rakennuskivenä käytettyjä kalkkikiviä ja joskus muitakin kivilajeja. Eräillä seuduilla Italiassa sanalla marmori (marmi, ital.) tarkoitetaan luonnonkiveä yleensä. Kaupallisessa kielenkäytössä kaikkia magmakivilajeja nimitetään yleisesti graniiteiksi. Esimerkiksi gabroa, dioriittia ja diabaasia kutsutaan usein mustiksi graniiteiksi. Suositeltavaa on käyttää kivistä sen geologista kivilajinimitystä, mikäli se on tiedossa. Taulukossa 2-4 on esitetty yleisesti käytetyt kivilajinimitykset ja vastaavien kivilajien geologiset nimitykset.

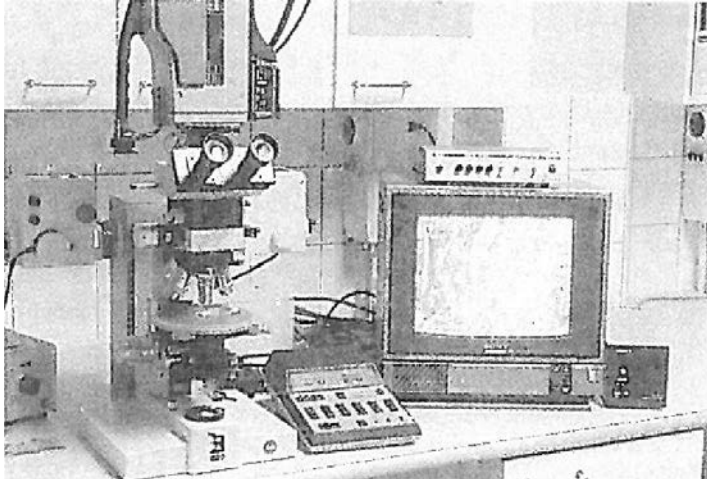
Kivistä käytetty nimitys	Kivien geologiset kivilajinimitykset
Graniitti	Graniitti, Syeniitti, Tonalitti, Dioriitti, Gabro, Granodioriitti, Anortosiitti, Diabaasi, Peridotiitti, Kvartsiitti, Basaltti, Ryoliitti, Migmatiitti, Gneissi, yms. Lähinnä magmasyntyiset kovat kivet.
Marmori	Marmori, Kalkkikivi, Travertiini, Onykssi, Serpentiiniitti
Hiekkakivi	Hiekkakivi, Kalkkikivi, Kalkki-hiekkakivi
Kalkkikivi	Kalkkikivi, Dolomiitti, Kalkki-hiekkakivi
Liuskekivi/Kvartsiitti	Kvartsiitti, Kiilleliuske, Fylliitti, Kloriittiliuske, Gneissi, Hiekkakivi, Amfiboliitti
Porfyryri	Porfyryri, Trakyytti, Andesiitti, Diabaasi
Alabasteri	Alabasteri, Marmori, Onykssi

Mineraalit

Maankuoren mineraalit

Mineraalit ovat luonnossa esiintyviä elottomia kiinteitä aineita, joilla on tietty kemiallinen koostumus ja joissa atomit ovat säännönmukaisessa järjestyksessä. Mineraalit ovat luonnonkivien rakenneosia. Useimmat kivilajit koostuvat useammasta kuin yhdestä mineraalista. Muutamat kivilajit kuten kvartsiitti (kvartsi) ja marmori (kalsiitti) koostuvat pääasiassa yhdestä mineraalista. Mineraaleilla, joita tunnetaan noin 4000 eri lajia, on kullakin tietty rakenne ja kemiallinen koostumus. Ne voivat olla olomuodoltaan kiteisiä tai amorfisia. Maankuoren luonnonkivilajit muodos-

tuvat pääasiassa noin kahdestakymmenestä päämineraalista, joiden osuus maankuoresta on noin 99 %. Kivien mineraaleista noin puolet on erilaisia maasälpälajeja. Muita yleisiä mineraaleja ovat kvartsi (12 %), pyrokseenit, amfibolit ja oliiviini (26 %), kiille ja karbonaatit. Taulukossa 2-5 on esitetty tärkeimpien rakennuskivilajien päämineraalit.



Kuva 2-3. Luonnonkiven mineraalikoostumuksen määrittämiseksi käytetään mikroskooppitutkimusta.

Mineraalien koostumus

Luonnonkiven ominaisuudet riippuvat sen mineraalikoostumuksesta. Kullakin mineraalilla on tietty kemiallinen koostumus ja kiderakenne. Mineraalit muodostuvat yhdestä tai useammasta alkuaineesta. Kemialliselta koostumukseltaan mineraalit ovat pääasiassa silikaatteja, sulfideja, halogenideja, oksideja, sulfaatteja, fosfaatteja ja karbonaatteja (taulukko 2-6).

Mineraalien ominaisuudet

Mineraaleilla on tietty säännönmukainen rakenne, josta niiden ulkonäkö ja fysikaaliset ominaisuudet perimmältään riippuvat. Kidejärjestelmiä, joihin kaikki luonnon mineraalit voidaan sijoittaa; on yhteensä seitsemän. Kiteiden rakenne eri kidejärjestelmissä on seurausta atomien välisestä ryhmittymisestä. Mineraalin asulla tarkoitetaan sen ulottuvuuksien keskinäistä suhdetta. Mineraali voi olla asultaan mm. rakeinen, pitkänomainen, puikkomainen, kuituinen tai suomuinen. Eri mineraalien ulkonäkö- sekä fysikaaliset ja optiset ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti. Taulukossa 2-7 on esitetty yleisimpien mineraalien ominaisuuksia.

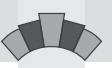
Tärkeimmät hyötykivilajit

Graniitti

Graniitti on maailman yleisin ja tärkein syväkivilaji. Tyypillisen graniitin mineraalikoostumus on 10 - 30 % kvartsia, 40 - 70 % kalimaasälpää, 10 - 30 % plagioklaasia, 3 - 10 % biotiittia ja muutama prosentti muita mineraaleja. Graniitit ovat usein värikkäitä, sävyltään harmaita, punertavia, ruskeita tai vihertäviä. Vaaleat graniitit ovat harvinaisia. Graniitin värin määrää pääasiassa kalimaasälvän väri. Kaupallisessa kielenkäytössä graniiteiksi kutsutaan usein myös mustia silikaattikiviä kuten dioritteja, gabroja ja diabaaseja sekä voimakaskuvioisia migmatiitteja ja gneissejä.

Geologinen alkuperä	Kivilaji	Pääasialliset mineraalit ja osa-aineet
Magmakivet	graniitti granodioriitti kvartsidioriitti syeniitti gabro dioriitti diabaasi peridotiitti	kalimaasälpä, kvartsi, plagioklaasi, bioliitti, sarvivälke plagioklaasi, kalimaasälpä, kvartsi, biotiitti, sarvivälke plagioklaasi, kvartsi, biotiitti, sarvivälke kalimaasälpä, plagioklaasi, sarvivälke, pyrokseenit, biotiitti plagioklaasi, pyrokseenit, amfibolit, oliiviini plagioklaasi, biotiitti, sarvivälke, pyrokseenit plagioklaasi, pyrokseenit, sarvivälke, oliiviini oliiviini, pyrokseenit, sarvivälke
Sedimentti- kivet	kalkkikivi hiekkakivi savikivi konglomeraatti	kalsiitti kvartsi, maasälpä savimineraalit, kvartsi sora, hiekka, savi
Metamorfiset- kivet	gneissit marmori kvartsiittiliuske fylliittiliuske kiilleliuske amfiboliittiliuske vuolukivi	kalimaasälpä, plagioklaasi, kvartsi, kiilteet kalsiitti, dolomiitti kvartsi, maasälpä, kiille kvartsi, kloriitti, muskoviitti, maasälvät kvartsi, biotiitti, muskoviitti, maasälvät sarvivälke, plagioklaasi talkki, karbonaatit, kloriitti

Taulukko 2-5. Luonnonkivien mineraalikoostumus.



mineraali	kemialliset yhdisteet
alkuaineet	yhdestä alkuaineesta koostuvat mineraalit, esimerkiksi grafiitti (C), kulta (Au), rikki (S) ja kupari (Cu)
silikaatit	piin (Si) ja hapen (O) yhdisteitä, esimerkiksi oliviini ((Mg,Fe) ₂ SiO ₄)
sulfidit	rikin (S) ja metallien, kuten rauta (Fe), lyijy (Pb) ja sinkki (Zn), esimerkiksi rikkikiisu (FeS ₂)
halogenidit	metallien yhdisteet fluorin (F), kloorin (Cl), bromin (Br) ja jodin (J) kanssa, esimerkiksi fluoriitti (CaF ₂)
oksidit	hapen yhdisteet, esimerkiksi kvartsi (SiO ₂), hematitiitti (Fe ₂ O ₃) ja korundi (Al ₂ O ₃)
sulfaatit	esimerkiksi kipsi (CaSO ₄ ·2H ₂ O)
fosfaatit	fosforihapon suoloja, esimerkiksi apatiitti (Ca ₅ (F,Cl,OH)(PO ₄) ₃)
karbonaatit	hiilihapon suoloja, esimerkiksi kalsiitti (CaCO ₃)

Taulukko 2-6. Mineraalien kemiallinen koostumus.

Graniitti on useimmiten keski- tai karkearakeinen kivilaji, jossa mineraalit ovat tavallisesti ilman kidemuotoa epäsäännöllisinä rakeina. Graniittien rakenne on yleensä järjestymätön, joskus lievästi suuntautunut. Porfyirisissä ja karkeissa graniiteissa kiteet saattavat olla myös omamuotoisia. Viborgiittirakenteessa hienossa perusmassassa on suurehkoja pyöreitä maasälpä-
rakeita, ovoideja, joita ympäröi plagioklaasikehä. Pyterliittiseksi kutsutaan vastaavaa porfyristä rakennetta, jossa maasälpä-
rakeiden ympärillä ei ole plagioklaasikehää. Graniittien tekniset ominaisuudet vaihtelevat lähinnä raekoon, rakeiden sidostavan ja suuntautuneisuuden mukaan.

Syväkiviryhmän kivilajien erikoisuus on pallokivi, jota usein kutsutaan myös pallograniitiksi. Sen keskirakeisessa pohjamassassa on suurikokoisia pyöreähköjä, kerroksellisesti kuvioituja rakeita, 'palloja', joiden halkaisija vaihtelee 50–200 mm. Pallorakeille on ydintä ympäröivien kehien lisäksi ominaista sälömäinen säteittäisrakenne. Pallokiviä on löydetty kymmeniä tyyppisiä eri puolilla maamme. Monet pallokivet ovat erikoisuuksina luonnonsuojelulain perusteella suojeltuja. Poikkeuksena on Kurun pallokivi, jonka käyttöä ei luonnonsuojelulla ole rajoitettu.

Graniitti on lujaa ja ilmeikästä luonnonkiveä, jonka kestävyys rakennuskivenä on erinomainen. Kivien työstötekniikan kehittyessä ja kivipintojen kestävyysvaatimusten kasvaessa on graniitin käyttö rakentamisessa jatkuvasti lisääntynyt.

Dioriitti ja gabro

Dioriitti sisältää tavallisesti 60 - 80 % plagioklaasia 20 - 40 % biotiittia, sarvivälkettä ja pyrokseenia sekä joskus vähän kvartsia. Jos dioriitissa on runsaastikvartsia (10 - 20 %), sitä kutsutaan kvartsidioriitiksi tai vaihtoehtoisesti tonaliitiksi, ja jos siinä on lisäksi kalimaasälpää, kiveä nimitetään granodioriitiksi. Dioriitit ovat väriltään tummanharmaita tai miltei mustia. Tonaliitit voivat olla myös väriltään hyvin vaaleita, jos kiven sisältämien tummien

mineraalien osuus on pieni. Dioriitit ovat yleensä tasarakeisia ja joskus selvästi suuntautuneita. Raekoko vaihtelee hienorakeisesta keskirakeisiin.

Gabro muistuttaa ulkonäöltään dioriittia. Sen päämi-neraalit ovat 40 - 70 % plagioklaasia, 20 - 50 % sarvivälkettä, pyrokseenia ja oliviinia. Gabron värit ovat mustanharmaa ja musta. Poikkeuksena on gabron valkoinen tai harmahtavan värinen muunnos anortosiitti, jossa tummia mineraaleja on vähän tai vain satunnaisesti. Rakenteeltaan gabrot ovat keski- tai karkearakeisia ja yleensä tasarakeisia. Diabaasi on musta juonikivi, joka myös lukeutuu mineraalikoostumukseltaan gabroluokkaan.

Gabro- ja dioriittiesiintymät ovat yleensä pieniä ja rikkonaisia, mikä rajoittaa kivien tuotantoa. Hukkakiven osuus louhinnassa on kallion rikkonaisuudesta johtuen erittäin suuri. Dioriitti ja gabro esiintyvät usein liukuvasti samassa esiintymässä, jossa voi olla myös peridotiittisia osueita. Mustat syväkivet ovat perinteisesti olleet suosittuja hauta- ja rakennuskiviä, joiden kysyntä kivimarkkinoilla on tasaisesti hyvää.

Marmori

Marmori on maailman tunnetuin luonnonkivi, jolla on pitkät ja monipuoliset perinteet kaikessa rakentamisessa. Maailman ylivoimaisesti johtava marmorin tuottaja ja käyttäjämaa on Italia. Marmorit ovat syntyneet kalkkikivestä uudelleen kiteytymällä kontakti- tai aluemetamorfoosissa. Marmori on yleensä keski- tai karkearakeista kalsiittia. Luonnostaan puhtaan valkoinen kalsiittimarmori on kiven sisältämien lisämi-neraalien johdosta usein raitaista, liekkikuvioista, laikukasta tai juovikasta. Marmorien värisävyjä ovat valkoinen, harmaa, musta, vihreä, ruskehtava ja vaaleanpunainen. Jos kalsiitin lisäksi kivessä on dolomiittia, kutsutaan sitä dolomiittimarmoriksi. Suomessa esiintyvät rakennuskivimarmorit ovat dolomiittimarmoreja. Marmorit kestävät koostumuksensa ja kiderakenteensa vuoksi huonosti kaupunki-

Mineraali	Kemiallinen koostumus	Väri	Tiheys kN/m ³	Kovuus Mohs	Muut ominaisuudet
kvartsi	SiO ₂	väritön, valkoinen, savunharmaa, vaaleanpunainen	26,5	7	ei selviä lohkosuuntia, deformaation lämpötila 572 °C, kidekudos graniiteissa usein verkkomainen
kalimaasälpä	KAISiO ₃ O ₈	punainen, punaruskea, harmaa	25,0-26,0	6	kaksi lohkosuuntaa, usein ilman kide-muotoa, porfyri-graniiteissa suuria, o-muotoisia kiteitä
plagioklaasi	Na-Ca-Al-silikaatti	harmaa, musta, vihertävä, punertava	26,0-27,0	6	aksoisviirukkeinen, murtuu tasapintaisiksi, kulmikkaiksi lohkokappaleiksi
biotiiitti	K-Fe-Mg-Al-silikaatti	musta, tummanruskea, tummanvihreä	27,0-33,0	2,5	helposti, suomumaisesti lohkeava kivi
muskoviitti	K-Al-silikaatti	kellertävä, ruskehtava, läpikuultava	27,0-28,0	2-2,5	suurina kiillelevyinä pegmatiiteissa, hienosuomuisena serisiitti, teollisuusmineraali
sarvivälke (Amfiboli)	Ca-Fe-Mg-silikaatti	tummanvihreä, musta	30,0-35,0	5-6	välkehtivä, lasimainen kiilto, sitkeä
pyrokseeni	Ca-Fe-Mg-silikaatti	musta, ruskea, tummanvihreä, vaalea	31,0-35,0	5,5-6	rakeinen, kahdessa suunnassa lohkeava, sitkeä
oliiviini	(Mg, Fe) ₂ SiO ₂	kullanvihreä, mustanvihreä, punertava	33,0-42,0	6,5-7	rasvakiiltainen, teollisuusmineraali, koska magnesiumrikas
serpentiini	Mg-silikaatti	musta, vihreä, kellertävä, punaruskea	25,0-26,0	3-4	tavallisesti hienorakeista, massamainen tai kuitumainen
kalsiitti	CaCO ₃	valkoinen, sinertävä, punertava, harmaa, musta	26,0-28,0	3	kolme lohkosuuntaa, altis kemialliselle rapautumiselle, teollisuusmineraali
dolomiitti	CaMg(CO ₃) ₂	kellertävä, ruskehtava, valkoinen, vihertävä	28,0-30,0	3,5-4	hyvin lohkeava, kalsiittia kestävämpi, teollisuusmineraali
kloriitti	Fe-Mg-al-silikaatti	vihreä, mustanvihreä	26,0-33,0	2-3	kiillemäinen, altis kemialliselle rapautumiselle
talkki	Mg-silikaatti	vihertävä, kellertävä, valkoinen	26,0-28,0	1	suomuiksi mureneva, rasvamainen, teollisuusmineraali

Taulukko 2-7. Tärkeimpien kivimineraalien ominaisuudet.

ja teollisuusilmastoa, joten niiden pääasialliset käyttökohteet ovat nykyisin rakennusten sisätilojen pintarakenteet.

Kalkkikivi

Kalkkikivi on syntynyt saostumalla vedestä joko kal-siumkarbonaattia sitovien organismien välityksellä tai epäorgaanisesti. Kerrostunut kalkkikivi on tavallisesti hienorakeista. Hyvin usein esiintyy myös fossiileja. Kalkkikiven värivalikoima on erittäin monipuolinen, sävyt vaihtelevat erittäin vaaleista mustaan. Kivien pintakuviointi vaihtelee varsin paljon riippuen niiden rakenteesta ja lisäksi sahausuunnasta. Kalkkikivi on hyvin yleinen kivilaji, jota louhitetaan eri puolilla maailmaa. Kovaa ja tiivistä, kiillottuvaa kalkkikiveä kutsutaan usein kaupallisessa kielenkäytössä marmoriksi. Kalkkikiveä käytetään marmorin tapaan erityisesti lattianpäällysteenä ja muissa sisäpinnoissa.

Travertiini

Travertiini on väritään vaaleanruskeaa ja erittäin huokoista, kuumista lähteistä saostunutta kalkkikiveä. Huokoset ovat usein varsin suuria. Kivi on selvästi kerroksellista. Hienorakeisia ja ti-

viitä travertiineja käytetään yleisesti rakennuskivenä kalkkikiven tapaan. Kiven huokoset voidaan täyttää kivijauheesta ja liimasta sekoitetulla massalla, jolloin kiven käyttöominaisuudet esimerkiksi lattianpäällysteenä paranevat.

Onyksi ja alabasteri

Erittäin hienokiteisestä ja kauniin värisestä, joskus lähes läpikuultavasta kalkkikivityypistä käytetään nimitystä onyksi. Onykseiksi kutsutaan joskus myös läpikuultavia kvartsikiteitä. Toinen, ulkonäöltään vastaava kivilaji on alabasteri, joka usein sekoitetaan onyksiin. Alabasteri ei kuitenkaan ole mineraalikoostumukseltaan karbonaattia, vaan kipsiä eli kalsiumsulfaattia. Kiteytyneen kipsin rakeiden koko vaihtelee välillä 0.1 - 50 mm. Alabasterin kovuus on vain noin 2 Mohsin asteikolla, joten sen hyötykäyttö on rajoitettua. Hapvoja ja kemikaaleja alabasteri kuitenkin kestää huomattavasti paremmin kuin karbonaattinen onyksi. Kumpaakin kiveä käytetään etupäässä koriste-esineiden ja korujen valmistuksessa.

Hiekkakivi

Hiekkakivi on iskostunutta eli kivettyntyä hiekkaa. Useimmiten rakeiden välisenä sidosaineena on hyvin hienorakeinen kvartsi. Joskus hiekkakiven sidosaineena on kalsiitti. Hiekkakiven väri-
likoima on monipuolinen: keltainen, ruskea, punainen, violetti, harmaa, vaaleansininen tai tummanharmaa. Päämineraali on tavallisesti kvartsi. Hiekkakivi on sen vaaleiden, pastellisävyisten värien vuoksi suosittu rakennusmateriaali. Arkoosi on hiekkakivi, joka sisältää maasälpää ja kvartsia. Väritään se on usein punertavaa tai harmaata. Satakunnan hiekkakiviesiintymä on arkoosihiekkakiveä.

Gneissi ja migmatiitti

Gneisseille on tunnusomaista juovikkuus, mikä johtuu siitä, että vaaleat ja tummat mineraalit ovat asettuneet eri kerroksiin. Gneissien mineraaleja ovat kvartsi, plagioklaasi ja/tai kalimaa-
sälpä sekä tummina mineraaleina kiilteet ja sarvivälke. Gneissit ovat värikkäitä ja usein voimakaskuvioisia kiviä. Gneissien kivilajikohtaiset nimitykset perustuvat joko alkukivilajiin, mineraalikoostumukseen tai ulkonäköön. Kaikki gneissit ovat suuntautuneita ja jotkut liuskeisia. Seoskiveä, jossa on vanhempaa, usein gneissimäistä kiviainesta ja nuorempaa, graniittista ainesta eri suhteissa, kutsutaan migmatiitiksi. Gneissit ja migmatiitit ovat nykyisin suosittuja rakennuskiviä niiden elävän ja vaihtelevan ulkonäön vuoksi.

Liuskeet

Tavallisia rakennuskivenä käytettyjä liuskeita ovat kiilleliuskeet, fylliitit ja kvartsiitti. Kiilleliuskeet ja fylliitit ovat hieno- tai keskira-
keisia kivilajeja. Fylliitti on kiilleliusketta hienorakeisempi. Kiilteet ovat niissä ohuina suomina, joiden välissä on kvartsirakeita. Kiilleliuskeet ja fylliitit ovat tummanharmaita. Kvartsiitit ovat metamorfoituneita hiekkakiviä, jotka ovat raekooltaan hieno- tai keskirakeisia. Ne ovat usein voimakkaasti liuskettuneita, jolloin liuskepinnalla on tavallisesti kiillettä (serisiitti). Kvartsiitit ovat väritään vaaleita, vihertäviä, punertavia tai harmaita. Liuskei-
vet soveltuvat parhaiten käytettäväksi luonnon lohkopintaisina kulkuväylien, maastorakenteiden ja lattioiden päällysteenä. Liuskeita on myös käytetty sokkelimuurauksissa koristelaattoina ja viime aikoina betonielementtien pintalaattoina.

Vuolukivi

Vuolukiven päämineraalit ovat talkki, karbonaatit ja kloriitti. Vuolukivi on syntynyt oliiviniikivien muuttumisen tuloksena. Kivi on väritään harmaata tai vihertävän harmaata. Tunnusomaisia piirteitä ovat kiven pehmeys ja helppo työstettävyys sekä talkkipitoisuudesta johtuen liukas tuntu. Vuolukiven teollinen tuotanto aloitettiin Nunnanlahdessa vuonna 1898. Hyvien lämpötek-

nisten ominaisuuksiensa ansiosta vuolukivi on tullut suosituksi erityisesti tulisijoissa. Vuosisadan vaihteessa, kansallisromanttisen kauden aikana, vuolukiveä käytettiin yleisesti julkisivujen rakennusmateriaalina. Vuolukiven rakennustekninen käyttö on yleistynyt uudelleen 1980-luvulta alkaen.

Suomalaiset rakennuskivet

Suomen kallioperän historia on pitkä ja monivaiheinen. Nähtävissä ovat ainakin kahden vanhan vuorijonon juuret ja monien jääkausien jäljet. Kallioperämme kuuluu maapallon vanhimpiin peruskallioalueisiin. Se on pääasiassa 1600 - 2800 miljoonan vuoden ikäistä. Paikallisesti tavataan nuorempia, noin 1000-1300 miljoonan vuoden ikäisiä sedimenttikivilajeja. Nuorimmat suomalaiset kivilajit, Soklin alkaalikivimuodostumat, ovat syntyneet noin 300 miljoonaa vuotta sitten.

Erosio on vuosimiljardien aikana voimakkaasti tasoittanut maamme korkokuvaa. Kallioperämme poimuttuessa kohosi Itä-Suomeen noin 1900 - 2800 miljoonaa vuotta sitten Alppien kaltainen vuorijono, jonka juuriosa on nykyisin näkyvissä. Vuoriston huiput ovat kuluneet pois paljastaen syvällä maankuoressa miljardeja vuosia sitten muodostuneet arkeiset graniittigneis-
sit. Ne muodostavat maamme vanhimman peruskallioalueen, joka leviää laajalle Pohjois-Karjalasta aina Pohjois-Pohjanmaalle saakka.

Kallioperämme kivilajit ja rakenteellinen eheys vaihtelevat sen monivaiheisen geologisen historian vuoksi varsin paljon. Keski-Suomen laajoilla graniittialueilla on graniitin ohella muitakin syväkivilajeja, kuten granodioriitteja sekä jonkin verran gabroja, dioriitteja ja peridotiitteja, jotka ovat aikanaan työntyneet maankuoreen sen alla olevasta sulasta magmasta. Kaakkois- ja Lounais-Suomen, noin 1600 -1700 miljoonaa vuotta sitten syntyneet, laajat rapakivialueet leikkaavat jyrkästi vanhempia peruskallion kivilajeja, joihin ne rajoittuvat. Rapakivigraniitti on tyypillisesti porfyryristä ja ehyttä kiveä ja esiintymät ovat Suomen tärkeimpiä rakennuskiven raaka-ainevarastoja. Syväkivialueella tavataan myös paikoin runsaasti metamorfoituneita sedimenttikiviä.

Pohjois-Lapin koillisperä on iältään arkeista. Laaja granuliitti-
alue on vanhaa, pääasiassa kvartsia, maasälpää ja granaatteja sisältävää, granuliitiksi kutsuttua kiveä, mutta siellä esiintyy myös alkuperäisestä muodostaan muuttuneita gneissejä. Ete-
läiseen svekofennialaiseen osaan liittyy puolestaan merellisissä olosuhteissa kerrostuneita liuskeita ja kalkkikiveä. Kallioperämme oli noin 2000 miljoonaa vuotta sitten voimakkaan tuliperäistä. Merkkejä tämän aikakauden tulivuorista on jäänyt eri puolilla maankamaraa mm. Kittilän ja Pellingin tienoon kallioperään.

Kallioperän nuoriin kivilajeihin lukeutuu Satakunnan hiekkakivi, joka on noin 1300 miljoonan vuoden ikäistä. Se on alkuperältään ympäröivän kallioperän rapautumistuotteista syntyneitä punertavaa hiekkaa ja soraa, joka on metamorfoituessaan iskosunut tiiviiksi hiekkakiveksi. Tunnettu savikivialue, joka sijaitsee Muhoksella, on kokonaan maakerrosten peitossa Ou-lujoen painanteissa. Muodostumassa vaihtelevat konglomeraatti-, hiekkakivi- ja savikerrokset, Enontekiön kaledoniset liuskeet ovat alaltaan vähäpätöinen muodostuma.

Tasalaatuiset, suuntautumattomat graniitit ja mustat tai tummanharmaat gabrot ja dioriitit ovat tärkeimpiä kotimaisia rakennuskiviä. Graniitteja louhitaan Suomessa vuosittain noin 80.000 m³, josta valtaosa menee raakakivenä vientiin. Tärkeimmät graniittimme ovat Kaakkois- ja Lounais-Suomen punaiset ja ruskeat rapakivigraniitit sekä Kurun ja Ristijärven harmaat graniitit. Dioriitteja ja gabroja louhitaan eri puolilla maata. Tunnetuimmat nykyisin louhitut esiintymät sijaitsevat Jyväskylässä, Oulaisissa, Kivijärvellä ja Korpilahdella. Suomessa esiintyy gneissejä runsaasti, mutta niitä on louhittu rakennuskiveksi varsin vähän. Juovikkaita syväkiviä louhitaan nykyisin Mäntsälässä ja Liedossa. Muita rakentamisessa käytettyjä luonnonkiviämme ovat liuskeet, marmorit ja viime vuosina entistä tärkeämmäksi rakennuski-veksi tullut vuolukivi. Hiekka- ja kalkkikiveä ei juuri Suomessa louhita rakennuskiveksi. Luonnonkiviemme hyötykäytön kannalta on edullista, että kallioperämme lujat ja kestävät kivilajit ovat yleensä vain ohuen maakerroksen peittämiä tai paljastuneita.

Tarjolla olevien kivilaatujen valikoima täydentyy jatkuvasti. Kotimaisen kallioperän rakennuskiviesiintymien hyödyntämismahdollisuuksia selvitetään nykyisin entistä aktiivisemmin eri puolilla maata ja uusia käyttökelpoisiksi todettuja rakennuskivilaatuja tuotetaan markkinoille tasaiseen tahtiin. Uuden kiviesiintymän käyttökelpoisuutta arvioitaessa selvitetään kiven laatu ja esiintymän tasalaatuisuus. Käyttökelpoisuus riippuu lisäksi ratkaisevasti tuotannollisista tekijöistä kuten kallion louhintaoimaisuuksista, esiintymän sijainnista ja liikenneyhteyksistä. Rakennuskivilouhinta on lisäksi aina luvanvaraista toimintaa. Kiviesiintymän laatu saadaan lopullisesti selville vasta koelouhinnan avulla. Käytännössä vain pieni osa luonnon kiviesiintymistä soveltuu rakennuskivituotantoon.

2.3 Luonnonkiven ominaisuudet

Kiven valintaperusteet

Kivi on luonnonmateriaali, joka on syntynyt pitkällisten ja monivaiheisten geologisten prosessien tuloksena. Maankuori koostuu lukemattomasta joukosta kivilajeja, joiden syntyhistoriat ovat hyvin erilaiset. Kiven käyttäjän kannalta on merkittävää, että luonnonkivien ulkonäkö, käyttötekniset ominaisuudet, saatavuus ja laadun tasaisuus vaihtelevat varsin paljon kivi- ja louhintapaikkakohtaisesti.

Luonnonkivi on rakentamisen historian aikana osoittautunut oikein käytettynä yhdeksi parhaista ja käyttökelpoisimmista materiaaleista. Kiven käyttö rakentamiseen on perustunut sen hyviin ominaisuuksiin, joita ovat seuraavat:

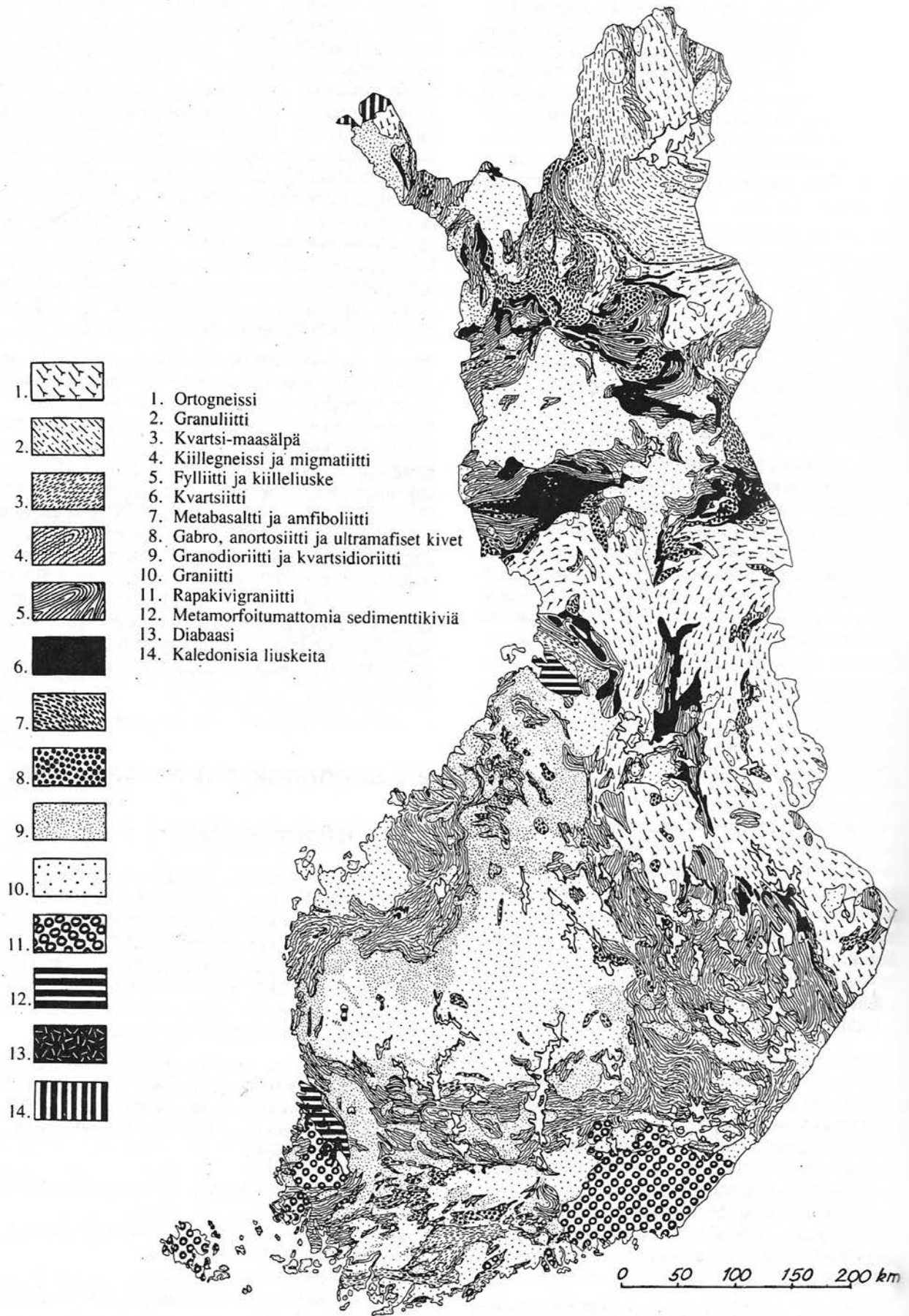
- kiveä on lähes kaikkialla suhteellisen helposti saatavilla,
- kiven lujuus on suuri ja siitä tehdyt rakenteet ovat erittäin kestäviä ja pitkäikäisiä,
- kivi on palamatonta,
- kiven ulkonäkö on luonnollinen ja jäljittelemätön.

Kiven hyvistä ominaisuuksista huolimatta voivat väärät kivivalinnat ja huonot suunnitteluratkaisut merkittävästi lyhentää rakenteen toiminnallista käyttöikää sekä johtaa aikataulu- ja kustannusongelmiin kohteen toteutusvaiheessa. Luonnonkivirakenteiden laatuodotukset ovat kiven arvostuksesta ja valmiin rakenteen kalleudesta johtuen aina erittäin korkeat. Kohteen kivirakenteiden onnistumisen edellytys onkin, että suunnittelijat ja rakentajat ovat hyvin perillä luonnonkiven käyttötekniikasta sekä käytettävän kiven ominaisuuksista ja erikoispiirteistä. Kiven tärkein valintaperuste on useimmiten sen ulkonäkö. Luonnonkivipinnan moitteettoman pitkäaikaistoiminnan edellytys on, että kiven valinnassa ja kiviverhouksen suunnittelussa otetaan huomioon kiven käyttökelpoisuus ja kestävyys. Kivilajin valinnassa tarkasteltavia asioita ovat:

- kivipinnan ulkonäkö,
- kiven fysikaaliset ominaisuudet ja kestävyys,
- kiven saatavuus ja tasalaatuisuus,
- kivistä tehdyt referenssi-kohteet ja
- kiven hinta

Kiven ominaisuuksien ja laadun arviointi perustuu laboratoriotesteihin, kiven silmämääräiseen tarkasteluun sekä louhimon ominaisuuksiin. Aiemmista käyttökohteista saa tietoa kivelle tyypillisestä väri- ja muokkuvuudesta ja kiven kestävyydestä.

Kiven valintaa helpottamaan on Kiviteollisuusliitto ry:n toimesta laadittu luonnonkivien laatuluokitus. Luokitellut ominaisuudet ovat väri- ja muokkuvuus, säänkestävyys, kulutuskestävyys ja kiven saatavuus. Laatuluokituksessa on kussakin ominaisuudessa kolme



Kuva 2-4. Suomen kallioperä (Simonen 1980)

tasoa. Geologisesti kivet luokitellaan mineraalikoostumuksen ja rakenteen perusteella kivilajeittain. Kotimaisten rakennuskivien tiedot on esitetty ohjeeseen liittyvässä kivitiedostossa, johon sisältyy myös luettelo kotimaisista luonnonkivityypeistä tehdyistä referenssikohteista.

Luonnonkiven yleiset laatuvaatimukset on annettu kirjassa 'Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset 1990' (RYL 90). Euroopan standardointikomiteassa (CEN) valmistellaan standardeja luonnonkivituotteille ja kivien testaukseen. Standardit tullaan niiden valmistuttua vahvistamaan Suomessa virallisiksi SFS-standardeiksi.

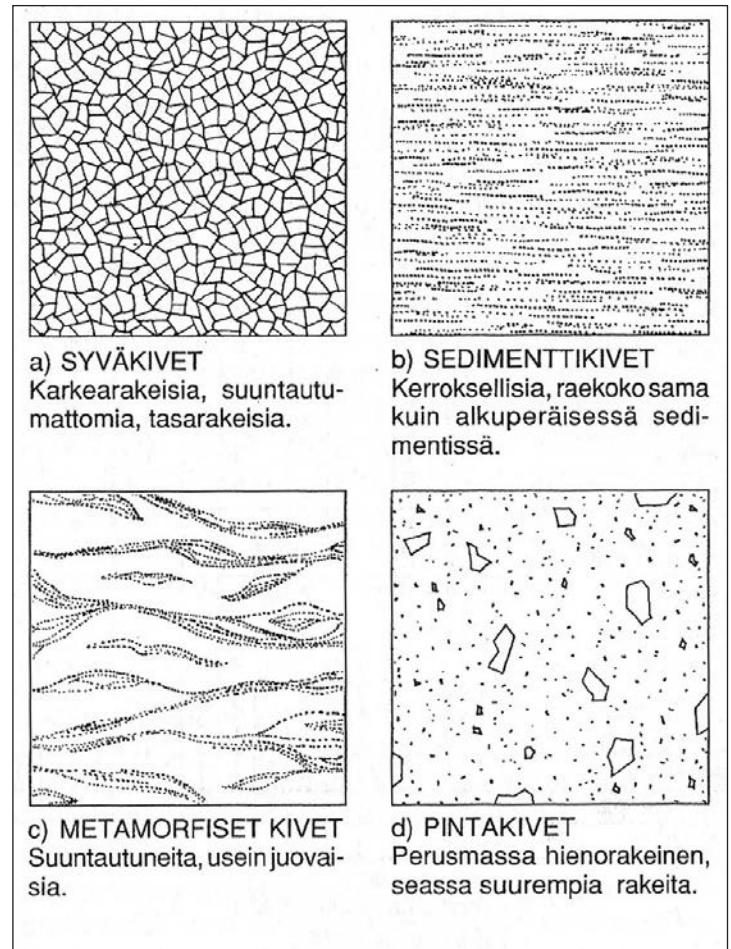
Kivipinnan ulkonäkö

Kivi on luonnonmateriaali, jolle on ominaista tietty värin elävyys. Julkisivun esteettisessä suunnittelussa on luonnonkiveä käsiteltävä sen omilla ehdoilla, jolloin voidaan kivilajikohtaisesti ottaa huomioon kivelle tunnusomainen väri vaihtelu. Täysin tasavärisen kivipinnan tavoittelu on ristiriidassa luonnonkivien perusluonteen kanssa. Kiviteollisuusliitto ry:n laatuluokituksessa kiven väri vaihtelu on luokiteltu kolmeen ryhmään: vähäinen, kohdalainen ja runsas. Väärinkäsitysten välttämiseksi on tilauksen yhteydessä aina syytä sopia kiven värisävystä ja sen sallittavasta vaihtelusta mallikivien avulla.

Kiven ulkonäön määräävät sen mineraalien väri, raekoko, muoto ja rakenne. Erilaiset rakennetyypit ovat luonteenomaisia eri kivityypeille. Graniitit ja muut syväkivet ovat yleensä rakenteeltaan tasarakeisia, tai usein porfyyrisiä. Porfyyrisessä rakenteessa on suurempia hajarakeita hienorakeisessa perusmassassa. Sedimenttikiville ovat tyypillisiä yhdensuuntaiset tai lähes yhdensuuntaiset kerrosraidat, raekoon vaihtelu kerroksittain ja karbonaattikivissä myös fossiilit. Metamorfisten kivien pintakuviointi on usein voimakkaasti suuntautunut ja juovikas.

Luonnonkivien värivalikoima on varsin monipuolinen. Tarjolla on periaatteessa kaikkia päävärejä luonnonmukaisina sävyinä. Harvinaisia värejä ovat lähinnä kirkkaan sininen ja keltainen. Kivien värivalikoima vaihtelee kivilajikohtaisesti, kullakin kivilajilla on sille tyypilliset ominaisvärinit. Taulukossa 2-8 on esitetty eri kivilajien tyypilliset värisävyt.

Pintakäsittelytapa vaikuttaa voimakkaasti kuivan kivipinnan värin syvyyteen, kiiltävä kivipinta on aina väritykseltään voimakain ja karkea kivipinta vaalein. Värikkäässä kivipinnassa myös kiven kuviointi erottuu selvimmin. Kiven kastuessa tasoittuvat pintakäsittelytavasta johtuvat tummuuserot.



Kuva 2-5. Eri kivilajien ulkonäön tyypilliset piirteet.

Luonnonkivissä voi paikallisesti esiintyä ulkonäköpoikkeamia, kuten perusväristä erottuvia täpliä, 'oksia' tai laikkuja sekä raitoja, jotka normaalisti johtavat kiven hylkäämiseen jalostuksen yhteydessä. Kohteissa, joissa voidaan sallia kivessä ulkonäköpoikkeamia, voidaan joillakin kivillä saavuttaa taloudellista etua käyttämällä kiviraaka-ainetta paremmin hyväksi Olennaista on, että tavoiteltava laatu taso määritellään mahdollisimman tarkasti ja riittävän aikaisessa vaiheessa. Kivilajin värin määrittelyssä käytetään edustavia mallikiviä, joiden avulla havainnollistetaan kiven väri vaihtelun rajat ja pintakäsittelyn laatu. Värisävyn arviointi perustuu käytännössä näköhavaintoon, koska silmä on luotettavin mittari ulkonäön arvioinnissa.

RYL 90 mukaan laatoissa ei saa olla halkeamia, koloja, irrallisia fossiileja tai muita tarvikkeen käyttökelpoisuutta huonontavia virheitä. Laatoissa ei saa olla työstämisen jäljiltä metallihiukkasia, -pölyä tai muita aineita, jotka voivat aiheuttaa väri vikoja valmiiseen pintaan.

	musta	tummanharmaa	vaaleanharmaa	valkoinen	beige	keltainen	vaaleanpunainen	punainen	ruskea	oliivi	vihreä	harmaanvihreä	vaaleanvihreä	vaaleansininen	sininen
graniitti			2	1		2	3	3	1				1	1	
granodioriitti		2	3	1											
syeniitti			1				2	3	3	1	1				
larvikiitti			2							1	2	2		1	1
dioriitti	2	3	3	1							1	1			
gabro	3	3		1						1	2	1			
diabaasi															
hiekkakivi	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2		2		1	
kalkkikivi	2	2	2	1	3	2	3	3	3	1					
travertiini			1	2	3	2	2	2	3						
marmori	1	2	3	3	1	1	2								
dolomiittimarmori		2	2	2			1		3						
onyksi	1	1	1	1	2	3	2	2	3	1	2	1	3		
migmatiitti	1	2	2	1		1	3	3	2						
gneissi	2	3	3	2		2	3	3	2	1	1	2	1		
kiilleliuske	3	1	1				1	2	3	2		1			
fylliitti		1	2						1	2	1	3	1		
kvartsiitti		1	2	3	2	2	2	2	1	1	1	3	2	1	1
serpentiiniitti	1					1		1	1	1	3	2	1		
Vuolukivi		3	3												

3 = yleinen väri
2 = melko harvinainen väri
1 = harvinainen väri

Taulukko 2-8. Kivilajien tyypilliset värit.

Luonnonkiven fysikaaliset ominaisuudet

Yleistä

Luonnonkiven fysikaaliset ominaisuudet määritetään puolueettomassa testilaboratoriossa käytettävissä olevilla yleisesti tunnetuilla standardimenetelmillä (DIN, ASTM). Testitulosten luotettavuus ja käytännön merkitys perustuu testimenetelmään, testaajan asiantuntemukseen ja ennen kaikkea kiviäytteen edustavuuteen. Eri testimenetelmillä saadut tulokset eivät aina ole suoraan vertailukelpoisia keskenään menetelmäerojen vuoksi.

Luonnonkiven fysikaalisia ominaisuuksia käytetään hyväksi:

- antamaan yleiskuva materiaalin teknisestä luonteesta,
- kivilaatan mitoituksen lähtötietoina,
- suunniteltaessa ja mitoitettaessa kiven kiinnitystä,
- arvioitaessa kiven säänkestävyyttä,
- arvioitaessa kiven likaantuvuutta.

Taulukossa 2-9 on esitetty eri luonnonkivilajien tyypillisiä teknisiä ominaisuuksia, joiden perusteella voi arvioida tietyn kiven teknistä laatua ja soveltuvuutta verrattuna muihin saman kivilajin kiviin. Ryhmien sisällä lukuarvot saattavat vaihdella huomattavastikin riippuen kivityypistä ja kiven louhintapaikasta. Tarkassa mitoituksessa on suositeltavaa käyttää kyseisestä kiverästä määritettyjä lukuarvoja.

Kivityyppi	Bruttotiheys (DIN 52102) kN/m ³	Huokoisuus (DIN 52102) tilavuus-%	Vedenimukyky (DIN 52103) paino-%	Puristuslujuus (DIN 52105) MN/m ²	Taivutusvetolujuus (DIN 52112) MN/m ²	Kovuus Mohs	Kimmoduuli MN/m ² ·10 ³	Lämpölaajeneminen 1°C·10 ⁻⁶
graniitti	25-28	0.4- 1.5	0.1-0.5	150-300	6-25	6	30-60	5-9
syeniitti	26-29	0.4- 0.5	0.1-0.5	140-290	6-22	5-6	40-60	4-8
dioriitti	28-30	0.5- 0.4	0.1-0.4	170-300	10-23	5-6	110-130	4-7
gabro	28-30	0.1- 0.4	0.1-0.4	170-300	10-23	5-6	110-130	4-7
basalitti	29-30	0.2- 0.9	0.1-0.3	250-400	15-27	5-6	58-105	8-9
diabaasi	28-29	0.3- 1.1	0.1-0.4	180-280	15-25	5-6	110-130	4-7
kvartsiitti	26-27	0.4- 2.0	0.2-0.5	150-300	13-25	6-7	70-80	5-10
hiekkakivi	20-26	0.5-25.0	0.2-9.0	30-180	3-15	5-6	8-20	3-10
tiivis kalkkikivi	26-28	0.5- 2.0	0.2-0.6	80-180	6-15	3	40-70	3-6
travertiini	24-25	5.0-12.0	2.0-5.0	20-60	4-10	3	-	3-7
gneissi	26-30	0.4- 2.0	0.1-0.6	160-280	8-22	5-6	40-100	5-8
marmori	26-29	0.5- 2.0	0.2-0.6	80-160	6-20	3-4	50-80	3-5
liuskeet	25-28	0.5- 1.5	0.1-0.5	100-200	8-27	4-6	10-60	2-7
vuolukivi	29-30	0.1- 0.5	0.1-0.5	20-30	15-18	2-3	30-35	20

Taulukko 2-9. Luonnonkivien ominaisuuksia ja DIN-standardin testausmenetelmät.

Tiheys

Luonnonkiven tiheydellä tarkoitetaan tilavuuspainoa eli kiven painon ja tilavuuden suhdetta. Tiheyden arvosta voidaan tehdä päätelmiä kiven koostumuksesta ja tiiveydestä. Tiheyttä käytetään myös kivikappaleiden painon laskemisessa. Huokoisuuden kasvaessa kappaleen tiheys pienenee. Tiheyden yksikkönä käytetään tavallisesti kg/m³ tai t/m³. Kiven paino määritetään punnitsemalla säännönmukainen kivikappale kuivana. Kiven mittojen tulee standarditestien vaatimusten mukaan olla vähintään 50 x 50 x 50 mm. Kappaleen tilavuus lasketaan kappaleen sivumittojen avulla laskemalla. Luonnonkivien tiheydet vaihtelevat välillä 1800 - 3100 kg/m³.

Vedenimukyky

Vedenimukyky, jonka yksikkö on % aineen kuivapainosta, kuvaa aineen taipumusta imeä itseensä vettä. Ominaisuudella on merkitystä arvioitaessa kivipinnan likaantumista sekä kuivan ja märän pinnan värieroa. Vedenimukykyä käytetään myös arvioitaessa kiven pakkasenkestävyyttä. Ominaisuus määritetään säilyttämällä kuivaa koekappaletta vedessä tietyn ohjelman mukaisesti. Vedenimukyky lasketaan koekappaleen kuivapainon ja märkäpainon avulla. Tiiviiden luonnonkivien vedenimukyvyn arvot vaihtelevat yleensä välillä 0.1 - 0.5 paino-%, huokoisilla kivillä vedenimukyky voi olla jopa 20 paino-%.

Puristuslujuus

Puristuslujuutta käytetään puristusrasituksen alaisten, kantavien, rakenneosien mitoituksessa. Nykyisissä kivirakenteissa puristuslujuus ei yleensä ole mitoitettava suure, mutta se antaa kuvan materiaalin teknisestä luonteesta verrattuna muihin tunnettuihin rakennusmateriaaleihin. Ominaisuus määritetään puristamalla tietyn kokoista kivikappaletta kunnes se murtuu. Puristuslujuus lasketaan murtovoiman ja puristuspuunnan alan avulla. Luonnonkivien puristuslujuudet vaihtelevat kivilajista riippuen välillä 20 - 400 MPa. Käytännössä tiiviiden ja säänkestävien julkisivukivien puristuslujuudet ovat yleensä 130- 300 MPa.

Taivutusvetolujuus

Taivutusvetolujuutta käytetään mitoitettaessa taivutusrasituksen alaisia rakenneosia. Kivilaattojen mitoitus perustuu kiven taivutusvetolujuuteen. Suureen arvo määritetään taivuttamalla standardikoekappaletta, kunnes se murtuu. Taivutusvetolujuus laskeaan murtovoiman, kuormituksen tukivälin ja kappaleen poikkileikkausmittojen avulla. Luonnonkivien taivutusvetolujuuksien arvot vaihtelevat tavallisesti välillä 7 - 20 MPa, mutta yksittäiset testitulokset saattavat vaihdella 3 - 30 MPa. Tärkeämpää kuin yksittäisen ominaisuuden keskimääräinen numeerinen arvo on koetulosten hajonta. Luonnonkivien mitoitukselaskelmissa

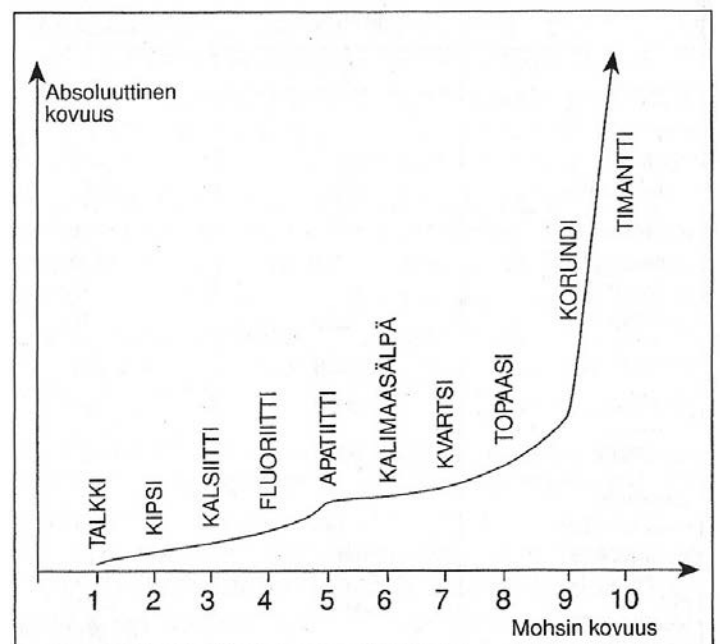
käytettävä materiaalivarmuuskerroin määritetään koetulosten hajonnan perusteella. Koetulosten suuri hajonta suurentaa varmuuskerrointa ja pienentää vastaavasti mahdollisuutta hyödyntää mitoituksessa kiven keskimääräistä lujuutta. Yleensä kiven materiaalivarmuus on vähintään kolme, mutta jopa kymmenkertaista varmuutta on sovellettu, kun koetulosten hajonta (variaatio) on suuri ($V > 20\%$).

Kimmomoduuli

Kimmomoduuli kuvaa kiven kimmoisuutta eli kokoonpuristuvuutta kuormituksen alaisena. Mitä suurempi kimmomoduulin arvo on, sitä vähemmän aine puristuu kokoon. Kun kuormitus poistetaan kappale palautuu alkuperäiseen tilaan. Kimmomoduulia käytetään kantavien rakenteiden mitoituksessa. Sen avulla voidaan laskea mm. kantavien rakenteiden taipumia. Luonnonkivisten verhouksrakenteiden suunnittelussa ei kiven kimmomoduulin arvo yleensä ole tarpeellinen. Kimmomoduuli voidaan määrittää samasta kappaleesta kuin puristuslujuus mitaamalla venymäliuskoilla kiven muodonmuutos puristuksen alaisena. Luonnonkivien kimmomoduulien arvot vaihtelevat välillä 30.000 - 110.000 MPa.

Kovuus

Kovuuden määrittämisessä käytetään useita eri menetelmiä. Tavallisesti luonnonkiven kovuudella tarkoitetaan sen naarmutuskovuutta. Siitä voidaan tehdä päätelmiä materiaalin kulutuskestävyydestä ja usein myös lujuudesta. Kovuus määritetään naarmuttamalla tutkittavaa näytettä tunnetulla mineraalilla. Luonnonkiven Mohsin kovuus määritetään tavallisesti laskennallisesti mineraalikoostumuksen perusteella. Kovuusasteikkona käytetään ns. Mohsin tasajakoista asteikkoa, jossa pehmeintä



Kuva 2-6. Mohsin kovuusasteikko ja absoluuttinen kovuusasteikko

vertailumineraalia merkitään luvulla 1 ja kovinta arvolla 10. Vertailumineraalien absoluuttiset kovuudet eivät noudata lineaarisesti Mohsin kovuuslukujen jakoa. Kuvassa 2-6 on esitetty Mohsin kovuusasteikon mineraalit ja niiden absoluuttiset kovuudet.

Lämpömuodonmuutokset

Aineen lämpötilasta riippuvia tilavuudenmuutoksia nimitetään lämpömuodonmuutoksiksi. Ominaisuus on tärkeä suunniteltaessa rakenteita ja arvioitaessa rakenteissa tapahtuvia liikkeitä ja liikuntasaumojen tarvetta. Pituuden lämpötilakerroin määritetään laboratoriossa dilatometrillä, joka rekisteröi koekappaleen pituudenmuutokset eri lämpötiloissa. Luonnonkiven lämpömuodonmuutokset vaihtelevat välillä $0.2 - 0.9 \cdot 10^{-5}/C$ ja ovat pienemmät kuin useimmilla muilla rakennusmateriaaleilla.

Kosteusmuodonmuutokset

Aineen kosteuspitoisuudesta riippuvia tilavuudenmuutoksia nimitetään kosteusmuodonmuutoksiksi. Ominaisuudella on merkitystä arvioitaessa kivien muodonmuutoksia ja rakenteissa tapahtuvia liikkeitä. Ominaisuus määritetään laboratoriossa vertaamalla tarkoilla mittauksilla koekappaleen pituutta kuivana ja märkänä. Kivien kosteusmuodonmuutokset ovat hyvin pieniä. Tietyillä kivilajeilla, kuten marmoreilla, on kuitenkin havaittu ohuina laattoina taipumus käyristyä asennuksen yhteydessä toispuoleisesti kastuessaan.

Kulutuskestävyys

Kiven kulutuskestävyys tarkoittaa sananmukaisesti kivipinnan kestävyyttä kulutusrasituksen alaisena. Kulutuskestävyydellä on merkitystä kiven ja pintakäsittelyn valinnassa erityisesti sellaisissa rakenteissa, joissa kulutusrasitus on suuri. Kivipintojen kulutuskestävyys määritetään standarditesteillä, joissa kivipintaa hangataan mekaanisesti. Testejä on käytössä useita ja testitulokset eivät ole keskenään luotettavasti vertailukelpoisia. Kivelle sovelletuista testeistä yleisimmin käytetyt ovat nk. Böhmin testi (DIN 52108) ja ASTM 241-51 mukainen testi. Luonnonkivien kulutuskestävyyden arvot (= kulumisen määrä) vaihtelevat välillä $2 - 100 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ (Böhm). Kiviteollisuusliitto ry:n luokituksessa erotetaan kolme tasoa: hyvä, kohtalainen ja puutteellinen.

Kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti

Kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti kuvaa kivilaatan murtokapasiteettia kiinnityskohdassa. Lukuarvo vaihtelee riippuen kivilajin lujuudesta, kiinnityskohdan mitoituksesta ja kiinnitystavasta. Käytännössä vaadittava kapasiteetti arvo riippuu kuormitusten ohella kivilaatan koosta ja kiinnityskohtien lukumäärästä. Kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti vaihtelee tapauksesta riippuen välillä $2 - 6 \text{ kN}$ ja on normaaliolosuhteissa yleensä riittävä, kun kivilaatan paksuus on vähintään 30 mm . Tarkka mitoitus edellyttää käytettävän kiinnitysratkaisun testituloksia (esim. tappilohkaisukoe). Kiinnityskapasiteetin arvo korreloi kiven taiputusvetolujuuden kanssa.

Kivilaji / Ominaisuus	Tiheys	Vedenimukyky	Taiputusvetolujuus	Puristuslujuus	Kulutuskestävyys
	min (kN/m ³)	max (p-%)	min (MPa)	min (MPa)	min
Graniitti	25,6	0,4	10	130	Ei vaatimusta
Marmori, – kalsiitti – dolomiitti	25,9 28,0	0,75 0,75	7 7	52 52	10 10
Kalkkikivi – tiheys (a) – tiheys (b) – tiheys (c)	17,6 21,6 25,6	12,0 7,5 3,0	2,8 3,5 6,9	12,4 27,6 55,2	10 10 10
Hiekkakivi	22,4	20	2,1	13,8	8
Kvartsihiekkakivi	24,0	3	6,9	69,0	8
Kvartsiitti	25,6	1	13,8	138,0	8
Liuskeet – suunta (d) – suunta (e)	Ei vaatimusta	0,25 0,25	62 50	Ei vaatimusta	8 8
ASTM- testistandardi	C 97	C 97 C 121 (liuskeet)	C 99 C 121 (liuskeet)	C 170	C 241

Taulukko 2-10. ASTM:n määrittelemät yleiset vaatimukset eri kivilajien ominaisuuksille.

Vaatimukset fysikaalisille ominaisuuksille

Luonnonkiven fysikaalisille ominaisuuksille ei eri maiden standardeissa yleensä anneta vaatimuksia lukuarvoina. Lähtökohdiana on pääsääntöisesti, että suunniteltaessa ja mitoitettaessa kivistä tehtyä rakenneosaa, otetaan kiven ominaisuudet huomioon siten, että rakenteelliset ja muut toiminnalliset vaatimukset täytetään. Standardissa DIN 52100, Prüfung von Naturstein, annetaan eri kivilajien fysikaalisille ominaisuuksille suuntaa antavat tyypilliset vaihteluvälit (ks. taulukko 2-9).

Poikkeuksena on USA:ssa sovellettava ASTM-standardi, jossa annetaan taulukossa 2-10 esitetyt kivilajikohtaiset ohjeelliset vaatimukset tärkeimmille kiven fysikaalisille ominaisuuksille. Käytännössä ASTM:n vaatimusten merkitys on teoreettinen, sillä kiven käyttökelpoisuus arvioidaan yleensä tapauskohtaisesti. Suurissa kohteissa sovelletaan projektikohtaisesti usein itse kehitettyjä, ASTM:stä poikkeavia, kyseisen kohteen olosuhteita paremmin vastaavia kivilaattojen ja kivirakenteiden testausmenetelmiä.

Luonnonkiven säänkestävyys

Yleiset vaatimukset

Säänkestävyys on nykyaikaisissa kivirakenteissa entistä tärkeämpi kiven käyttökelpoisuuden arviointikriteeri, koska käytön aikaisten olosuhteiden vaativuus on lisääntynyt. Luonnonkivien kyky säilyttää alkuperäinen ulkonäkönsä ja ominaisuutensa ilmastorasitusten alaisena vaihtelevat. Kiven puutteellisen säänkestävyyden ilmenemismuotoja ovat:

- pinnan likaantuminen ja värinmuutokset kivessä,
- kiven kiillon heikkeneminen,
- kiven kemiallinen rapautuminen ja haurastuminen,
- kiven fysikaalinen rapautuminen,
- kivilaatan käyristyminen.

Ulkopuolisissa rakenteissa kuten julkisivuissa käytettävältä luonnonkiveltä edellytetään yleisesti hyvää säänkestävyyttä. Tämä tarkoittaa, että kiven tulee käytön aikaisissa olosuhteissa säilyttää alkuperäinen ulkonäkönsä häiritsevästi muuttumatta koko rakennuksen suunnitellun käyttöajan ajan. Kivirakenteilta odotetaan niiden korkealaatuisen luonteen vuoksi tyypillisesti vähintään 100 vuoden käyttöikä. Kiviteollisuusliitto ry:n laatu- luokituksessa luonnonkivien säänkestävyys on ryhmitelty kolmeen luokkaan: hyvä, kohtalainen ja puutteellinen.

Säänkestävyyden testausmenetelmät

Laboratorio-olosuhteisiin soveltuva luotettavaa testimenetelmää, jolla voitaisiin simuloida nopeutetusti kaikkien ilmastoperäisten rasitustekijöiden yhteisvaikutus luonnonkiveen, ei

ole onnistuttu kehittämään. Kiven säänkestävyyden arviointia hankaloittaa lisäksi, että ilmastorasituksen suuruus vaihtelee käytännössä mm. rakennuksen sijainnin ja rakenteiden suojaisuuden mukaan. Epäkäytännöllinen, mutta edelleen luotettavin menetelmä kiven säänkestävyyden arviointiin on todellisissa olosuhteissa pitkän ajan kuluessa saatu käyttökokemus.

Luonnonkiven säänkestävyyttä voidaan tutkia laboratoriossa esimerkiksi DIN 52106 standardin perusteella tarkastelemalla erikseen kiven pakkasenkestävyyttä ja kemiallista kestävyyttä sekä kivessä olevia muuttumiselle alttiita yhdisteitä.

Pakkasenkestävyyttä arvioidaan kiven vedenimukyvyn perusteella tai jäädytys-sulatuskokeessa (J/S-koe). DIN 52106 standardissa käytetään kiven vedenimukyvyn arvoa 0.5 paino-% raja-arvona, jonka alapuolella voidaan suoraan päätellä kiven olevan pakkasenkestävää. Arvon ylittäessä 0.5 % tarvitaan pakkasenkestävyyden määrittämiseksi lisätutkimuksia (vedellääytymisaste, J/S-koe tai kristallisointikoe). J/S-kokeessa (esimerkiksi DIN 52104) koekappaleita rasitetaan märkänä 50-200 kertaa toistettavalla ankaralla sääsyklillä jäädytystä ja sulattamista vuorotellen. J/S-kokeen tulos voidaan arvioida silmämääräisesti, mittaamalla koekappaleen kuivapainon muutos käsittelyssä tai vertaamalla kivinäytteen lujuutta ennen ja jälkeen J/S-käsittelyn.

Kiven kemiallinen kestävyys voidaan määrittää sen mineraalikoostumuksen perusteella tai tutkia kokeellisesti esimerkiksi VTT:n rakennusmateriaalilaboratoriossa kehitetyllä kivipinnan testausmenetelmällä, jossa kiillotettua kivipintaa rasitetaan tietyillä kemiallisilla yhdisteillä suhteellisen voimakkaana konsentraatioina. Testin tulokset arvioidaan käsittelyn jälkeen silmämääräisesti. Tulosten tulkinnan vaikeus on arvioida lyhytaikaisella ja voimakkaalla käsittelyllä saatujen tulosten perusteella kivipinnan käyttäytyminen todellisissa, rasittavuudeltaan huomattavasti lievemmissä ilmasto-olosuhteissa. Taipumus muuttumiselle kemiallisten yhdisteiden vaikutuksesta voidaan sinänsä todeta varsin luotettavasti tällä testillä.

Muuttumiselle alttiit mineraalit voidaan jäljittää kivistä laboratoriossa mikroskooppitutkimuksilla. Nämä voivat olla esimerkiksi ilmassa hapettuvia ja paikalliseen ruostumiseen johtavia tai taasisen värinmuutoksen aiheuttavia mineraaleja.

Kivilaatan käyrityksen testaukseen ei ole olemassa menetelmää, joka nopeasti ja luotettavasti kertoisi kiven taipumuksesta käyritykseen. Testin kehittämistä vaikeuttaa, että kiistatonta kaikkiin vauriotapauksiin soveltuvaa teoriaa julkisivulaattojen käyrityksestä ei ole onnistuttu kehittämään huolimatta siitä, että teorioita on esitetty useita. Tiedot ilmiöstä perustuvat käytäntöön, jonka mukaisesti käyritystä ei esiinny muilla kivilajeilla, kuin eräillä uudelleenkiteytyneillä marmoreilla. Toisaalta tiedetään, että laattojen käyritystä on voitu havaita vain ulkopuolisissa, ilmastorasitukselle alttiina olevissa kivrakenteissa.

Kokemuksia eri kivilajien säänkestävyydestä

Graniitit ja muut syväkivilajit kestävät mineralogisen koostumuksen ja käytännön kokemusten perusteella erinomaisesti säärasituksia. Ilmaston vaikutus rajoittuu näissä kivissä yleensä ilman epäpuhtauksista ja muusta ympäristöstä johtuvaan pinnan likaantumiseen, joka on voimakkainta ristipähakatuissa pinnoissa ja lähes olematonta kiillotetussa kivipinnassa.

Kalkkikivi ja marmori menettävät happamassa kaupunki- ja teollisuusilmastossa vähitellen kiiltonsa. Kalsiittiset marmorit saattavat syöpyä, rapautua ja menettää lujuutensa ja kimmoisuutensa pohjoisessa kaupunki-ilmastossa jo muutamien vuosikymmenien aikana. Ilman happamoitumisen seurauksena monet Etelä-Euroopan vanhat marmorirakenteet ja -patsaat ovat viimeisten 50 vuoden kuluessa rapautuneet erittäin pahoin. Tutkimusten ja käytännön kokemusten perusteella marmorilaatoissa alkaa ilmetä eriasteisia muutoksia ulkopuolisissa rakenteissa kaupunki- ja teollisuusilmastossa keskimäärin noin 10 vuoden kuluessa. Graniittien kestävyden vastaavissa olosuhteissa voidaan odottaa olevan tuhansia vuosia.

Eräillä tiiviillä uudelleenkiteytyneillä marmoreilla, kuten esimerkiksi Carraran valkoisella marmorilla on osoittautunut pohjoisessa ilmastossa olevan taipumus huomattaviin palautumattomiin muodonmuutoksiin. Nämä marmorit pyrkivät julkisivulaattoina kaareutumaan voimakkaasti. Kuppimaisen kaareutumisen ohella marmorin lujuus ja kimmomoduuli pienenevät yleensä voimakkaasti kiven rapautuessa. Taipumaa korostavat kivilaatan ohuus ja suuri pintaala. Ilmiön selittämistä vaikeuttaa, että kiven taipumasuunta vaihtelee satunnaisesti eri vauriokohteissa ilman selkeää syy-yhteyttä. Finlandia-talon pahoin rapautunut ja käyritynyt marmorijulkisivu on tunnetuin tämäntyyppinen vauriokohteita. Muita vastaavia marmorijulkisivun vauriokohteita on useita mm. Suomessa, Ruotsissa ja USA:ssa. Vastaavaa julkisivun kivilaattojen käyritystä ei ole esiintynyt muilla kivilajeilla kuin marmorilla.



Kuva 2-7. Yleiskuva rakennuskivilouhimolta.

Kiven saatavuus

Luonnonkiven saatavuus on syytä varmistaa hyvissä ajoin ennen lopullista kiven valintaa ja projektin aikataulun suunnittelua. Erityisen tärkeää tämä on silloin kun kohde on suuri tai kun kyseessä on harvinainen tai vähän käytetty kivityyppi, sillä eri luonnonkivityyppien tuotantomäärissä ja saatavuuksissa on erittäin suuria eroja. Usein kannattaa pitää mukana suunnittelussa vaihtoehtoisia kivityyppejä siltä varalta, että halutun kiven saatavuus osoittautuu ongelmalliseksi. Tarkoituksen mukaisilla tuotannon aloittamista edeltävillä toimenpiteillä voidaan varmistaa halutun-kaltaisen kiven saanti projektin toteutuksen aikana.

Useiden kivityyppien, erityisesti vientilaatujen, saatavuus on suurista tuotantomääristä ja esiintymien tasaisesta laadusta johtuen jatkuvasti erittäin hyvä. Suosittujen kivityyppien toimitusajat voivat ajoittain pitkittyä varsinkin, jos kyseisen kiven tuotannon volyyymi on pieni. Joidenkin kiven saatavuus vaihtelee kausiluontoisesti vuodenajoista ja tuotannollisista tekijöistä johtuen. Kiviesiintymät ovat joskus niin rikkonaisia, että louhittujen kivilohkareiden pienuus rajoittaa valmiiden kivilaattojen kokoa.

Rakennuskiven louhinta on luvanvaraista toimintaa. Louhintalupa on määräaikainen, joten kiven jatkuvan saatavuuden edellytys on voimassaoleva louhintalupa (ks. myös 2.5). Kiven jalostuskapasiteetti ei normaalisti rajoita kiven saatavuutta. Kiviteollisuusliitto ry:n luokituksessa kiven saatavuus on ryhmitelty kolmeen tasoon: hyvä, kohtalainen ja rajoitettu.

Joissain tapauksissa, erityisesti korjausrakentamiskohteissa, saattaa syntyä tarve käyttää kivityyppeä, jonka tuotanto on lopetettu. Tällöin kannattaa selvittää milloin kyseistä kiveä on viimeksi louhittu, onko louhimo suljettu lopullisesti vai väliaikaisesti ja onko kiveä mahdollisesti louhittuna varastoon. Louhimon uudelleen avaaminen voi mahdollisesti tulla kyseeseen jos louhi-

mo on edelleen käyttökelpoisessa kunnossa ja tarvittava kiven määrä on suuri. Tavallisesti on edullisinta etsiä vanhalle kivelle lähinnä korvaava kivi nykyisin tuotetuista tyypeistä. Joskus kiven ulkonäköä voidaan muuttaa pintakäsittelyllä. Vanha kivipinta on tavallisesti myös likaantunut, millä on vaikutusta korvaavan kiven valintaan.

Kivityypistä ja kohteen vaativuudesta riippuen on kiven tilauksesta asennustyön alkamiseen tai kivipintaisten elementtien valmistuksen aloittamiseen varattava aikaa 2-6 kk. Vaativissa kohteissa voidaan kiven saatavuus joskus varmistaa siten, että kohdetta varten jalostettavat kivet valitaan etukäteen louhimoilla joko yhdellä kertaa tai useampina kertoina kohteen toteutuksen aikana. Näin voidaan menetellä kun kyseessä on kivi, jota tuotetaan jatkuvasti suurehkoja määriä. Tämä menettely edellyttää lisäksi ostajalta väljää aikataulua ja hyvää kiviasiantuntemusta.

2.4 Rakennuskivituotannon erikoispiirteet

Kivituotannon vaiheet

Rakennuskivituotannon ensimmäinen ja tärkein vaihe on se monivaiheinen geologinen prosessi, jonka lopputuloksena hyödyntämiskelpoiset kiviesiintymät ovat syntyneet. Varsinainen hyötykivituotanto jakaantuu kahteen päävaiheeseen: louhintaan ja jalostukseen. Louhinnan lopputuote on kalliosta irrotettu määrämittäiseksi viimeistelty raakakivilohkare. Jalostuslaitoksella lohkarista valmistetaan määrämittäinen, pintakäsitelty kivituoite.

Louhinta

Rakennuskiven louhinnassa on tavoitteena irrottaa kalliosta mahdollisimman ehyitä suorakaiteen muotoisia kivilohkareita, jotka tarvittaessa vielä muotoillaan määrämittäisiksi. Lohkareiden tavoitekoko määräytyy jatkojalostuksen vaatimusten ja lohkarista valmistettavien kivituoitteiden mitoituksen perusteella. Kiviesiintymien rikkonaisuudesta ja kiven laatuvaihteluista johtuen on hukkakiven osuus louhinnassa varsin suuri. Jatkojalostukseen saatavan kiven osuus kiintokalliosta on kivilajista riippuen vain 5 - 40 %. Pienin saanti (5 - 10 %) on mustilla syväkivillä. Esiintymän rakoilu asettaa joskus rajoituksia lohkarikoolle. Kivet on edullisinta mitoittaa niin, että kiviraaka-aine voidaan käyttää mahdollisimman tarkoin hyväksi. Suunnittelun yhteydessä kannattaa tästä syystä selvittää ajoissa mahdolliset kivikohtaiset

lohkarekoon rajoitukset.

Louhintatekniikan valintaan vaikuttavat kallion rakenne ja kiven ominaisuudet, erityisesti lohkeavuus. Louhinnassa käytetään porausta, räjäytystä, kiilausta ja kvartsipitoisilla kivillä, kuten graniitilla, polttoleikkausta. Kallioperän luonnollista rakoja ja halkeamia käytetään lohkareiden irrotuksessa hyväksi mahdollisuuksien mukaan. Kiven rikkoontumisen välttämiseksi louhinta suunnitellaan siten, että käytettävä räjähdysvoima on mahdollisimman pieni.

Pehmeitä kiviä leikataan louhimoilla vajjeri- ja ketju-sahoilla. Leikkaava aine on kiven kovuudesta riippuen joko kovametalli tai timantti. Vajjerisahaustekniikkaa on viime aikoina sovellettu myös kovien kivien louhinnassa. Liuskekivet irrotetaan kalliosta ja lohkotaan laatoiksi yleensä käsityökaluilla tai koneellisesti kiilaamalla.

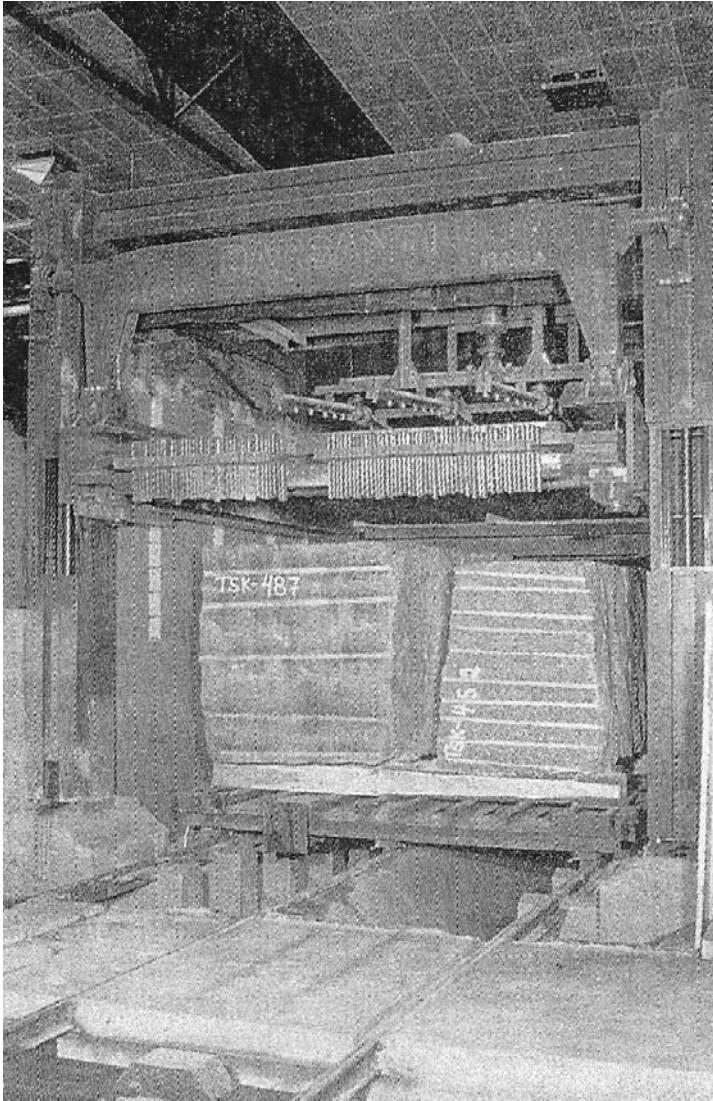
Rakennuskiven louhinta on pitkälle koneellistettua ja automatisoitua tuotantotoimintaa, jossa käsityön osuus on nykyisin varsin pieni. Suomi on edelläkävijä kovien kivien louhintatekniikan kehittämisessä ja tätä nykyä myös kansainvälisesti merkittävä louhintalaitteiden tuottaja. Suurimmilla louhimoillamme irrotetaan vuosittain 10 000 - 15 000 m³ valmiita kivilohkareita jalostukseen. Yhteensä Suomessa louhitaan rakennuskiveksi vuosittain noin 80 000 m³.

Rakennuskivien jalostus

Jalostuksen työvaiheet

Perinteisesti kivenjalostamoilla on pyritty ylläpitämään mahdollisimman monipuolisia jalostusvalmiuksia, mikä ei ole työn tehokkuuden kannalta aina edullista. Luonnonkivialan yritysten tuotannollinen erikoistuminen on viime vuosina lisääntynyt. Rakennuskiveä jalostavien yritysten päätuotteet voidaan erikoistumisen mukaan jakaa nykyisin karkeasti seuraaviin ryhmiin:

- rakennuskivilaatat,
- kalibroidut ohutlaatat,
- massiivikivet,
- lohkopintaiset tuotteet,
- kalustekivet,
- erikoiskivet (pyörähdyskappaleet, monumentit) ja
- liuskekivituotteet.



Kuva 2-9. Rakennuskivituotannossa käytetään yleisesti teräshiekkaraamisahausta.

Rakennuskiven tuottajien ohella kivialan yritysten erikoistumisalueita ovat vuolukiviunit, kiviset pienesineet, hautakivet ja monumentit, korukivet sekä luonnonkivitekninen konsultointi. Eri kivit tuotteiden jalostuksen työvaiheet poikkeavat toisistaan. Seuraavassa on lueteltu eri luonnonkivituotteiden jalostuksen pääasialliset vaiheet.

Rakennuskivi ja kalustekivet:

- lohkareiden sahaus levyaihioiksi,
- levyaihioden pintakäsittely,
- levyjen leikkaus määrämittäisiksi laatoiksi sekä
- laattojen reunatyöstöt, reikien teko, muu viimeistely ja pakkaus.

Kalibroidut ohutlaatat:

- aihioden sahaus (menetelmästä riippuen)
- aihioden sahaus kivilankuiksi,
- kiven takapinnan jyrskintä (urat, rihlaus),

- kiven paksuuden kalibrointi,
- kiven pintakäsittely,
- kivien paloittelu määrämittäisiksi laatoiksi,
- kivilaatan sivumittojen kalibrointi,
- reunojen faasaus.

Massiivikivet ja erikoiskivet:

- aihioden sahaus,
- muotoleikkaus (faasit, kaarevat pinnat, sylinterit),
- pintakäsittely,
- viimeistely ja työstöt.

Lohkopintaiset kivet:

- aihioden sahaus tai lohkominen,
- mahdollinen pintakäsittely,
- paloittelu hydraulisella puristimella tai käsityönä kiilaamalla,
- viimeistely.

Liuskekivituotteet:

-kalliosta irrotettujen liuskekivilaattojen paloittelu ja muotoilu lohkomalla ja joskus sahaamalla.

Lohkareen sahaus

Lohkare sahataan halutun paksuisiksi levyaihioiksi joko teräshiekkaraamisahalla tai timanttipyörösaahalla. Teräshiekkaraamisaha on edullinen menetelmä, kun kivilevyjen paksuus on < 50 mm. Paksummat aihiot sahataan yleensä timanttipyörösaahalla. Raamisahauksessa on edullista käyttää suurikokoisia kivilohkareita, Timanttipyörösaauksessa lohkarekoon merkitys ei ole yhtä tärkeä.

Teräshiekkasahaamisessa on 50 - 100 kpl metalliteriä, jotka sahaavat edestakaisin kiveä. Terän ja kiven väliin syötetään hankausjauhetta, joka koostuu teräshiekasta, kalkista, vedestä ja kiviöljystä. Sahausta jatketaan, kunnes terät ovat kuluttaneet tiensä kiven läpi. Teräshiekkaraamia käytetään lähinnä koviin kivilajien, kuten graniitin sahausessa.

Timanttipyörösaahassa kiveä leikkaavat timanttisegmentit, jotka ovat terän kehällä. Terien halkaisijat vaihtelevat halkaisusahaauksessa 900 - 3500 mm. Terän koko pyritään mahdollisuuksien mukaan valitsemaan sahattavan kiven koon mukaan. Timanttisaauksen kustannus kasvaa teräkoon suurentuessa.

Terän runko voidaan käyttää useaan kertaan, jolloin timanttisegmentit vaihdetaan uusiin niiden kuluttua loppuun. Timanttisahausta soveltuu kaikkien kivilajien työstämiseen. Kivilohkareen sahaus sahauskäytössä käytetään jossain määrin myös muita menetelmiä, kuten timanttiraamisahausta, vaijerisahausta ja vannesahausta.

Kiven pintakäsittely

Sahapintaisen kiven ulkonäkö viimeistellään mekaanisella tai termisellä pintakäsittelyllä. Vaihtoehtoja ovat pinnan kiillotus, eriateinen hionta, hakkaus, poltto, lohkominen ja lähinnä ympäristö kivillä karkeahakkaus. Harvinaisina käsittelyinä käytetään joskus myös hiekkapuhallusta. Eri pintakäsittelyjen ominaisuudet ja käyttö on esitetty tarkemmin taulukossa 2-11. Pintakäsittelytavan valinnassa huomioon otettavia asioita tarkastellaan lähemmin käyttökohteiden yhteydessä luvuissa 3, 4 ja 5.

Hionnassa kivipintaa käsitellään asteittain hienonevalla hiomakivisarjalla haluttuun pinnan hienouteen asti. Kiven pinnan hionta- ja kiillotustarvikkeet ovat yleensä piikarbidipohjaisia. Useimmat hiontakoneet ovat automaattisia. Ne voidaan ohjelmoida toimimaan halutun ohjelman mukaisesti. Kiven hakkaus tehdään pääsääntöisesti automaattikoneella, joka käsittelee kiven pinnan kauttaaltaan hakkauskärjellä. Tavallisin hakkaustyyppi on ristipäähakkaus. Polttokäsittely soveltuu vain kvartsipitoisille kiville kuten graniitille. Siinä kivilaatan pintaosa kuumennetaan liekillä ja jäähdytetään vesisuihkulla, jolloin kiven pinta rapautuu kuitenkin niin, että polton vaikutus rajoittuu vain kiven pintaosaan.

Kiillotus ja ristipäähakkaus saattavat aiheuttaa lievää ohuen kivilevyn käyrystymistä, jonka määrä vaihtelee kivityyppikohtaisesti ja mahdollisesti kiven eri suunnissa. Käyrystymistä voidaan rajoittaa käyttämällä paksumpaa kiveä, lisäämällä kiven leveyttä ja jälkikäsittelemällä kivilevyä. Pintakäsittelyn valinnassa ja kivilaatan mitoituksessa kannattaa ottaa huomioon kivityypin mahdollinen käyrystymistäipumus.

Kivilaatan paloittelu ja viimeistely

Sahalevyaihio paloitellaan määrämittäisiksi kivilaatoiksi timanttipyörösahalla. Kivilevyjen paloittelusahausta suunnitellaan niin, että hukkakiven määrä jää mahdollisimman pieneksi. Hukan määrään vaikuttaa ratkaisevasti kivilaattojen mitoitus. Edullisinta on käyttää mittoja, joiden kerrannaiset sopivat sahalevyn mittoihin. Paikalliset ulkonäköviat, kuten tummat laikut, aiheuttavat ongelmia, kun kivilaattakoko on suuri. Tällöin saatetaan pienehkön paikallisen vian vuoksi joutua hylkäämään suuri osa kivistä. Suositeltavaa on ottaa kivien mitoituksessa huomioon kivelle ominainen sahalevykoko ja paikallisten ulkonäkövikojen tavallisuus.

Paloittelun jälkeen tehdään mahdolliset kivilaattojen reunojen ja takapinnan viimeistelytyöt, joita ovat pintakäsittely näkyvissä reunoissa, laatan jyrästä tasavahvaksi, reunan muotoilu ja kiinnikereikien poraus.

Vesisuihkuleikkaus on uusi kiven työstömenetelmä, jota käytetään varsinkin kivilaattojen muotoleikkauksessa. Myös laserin käyttöä on kokeiltu, mutta menetelmälle ei ole löydetty käytännöllisiä, taloudellisesti järkeviä sovelluksia kiven työstössä.

Kivilaatan kalibrointi

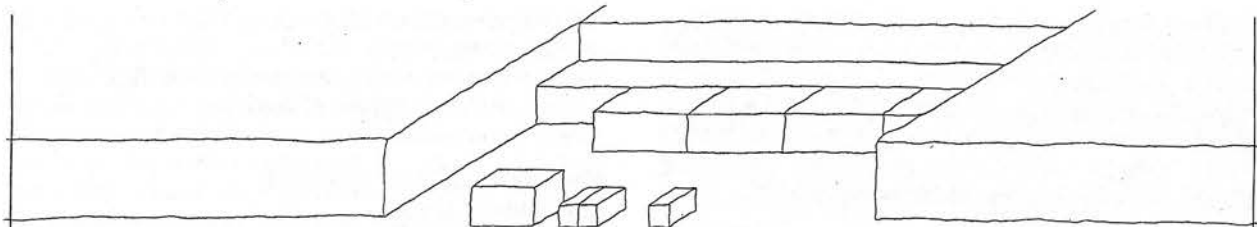
Ohutlaattojen paksuuden mittatarkkuus viimeistellään kalibroinnilla, jossa kivilaatan ylimääräinen paksuus jyrästä pois timanttityökaluilla. Samalla periaatteella kalibroidaan myös laattojen sivumitat.

Lohkopintaisten kivituoiteiden valmistus

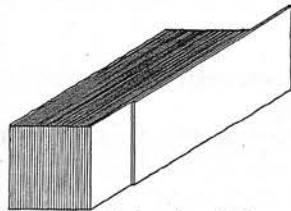
Lohkopintaisia graniittituotteita on perinteisesti valmistettu käsityönä lohkomalla kiviä kiilaamalla. Nykyisin lohkopintaiset graniittituotteet tehdään lisääntyvässä määrin koneellisesti hydraulisilla puristimilla. Laitetekniikan kehittymisen ansiosta voidaan koneellisesti lohkoa entistä suurempia kiviä samalla, kun tuotteiden laatu on parantunut. Käsityön osuus lohkokivituotannossa rajoittunee tulevaisuudessa lähinnä suurikokoisten tai erikoisen muotoisten kivien valmistukseen.

Erikoistyöt

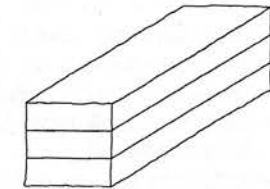
Kivenjalostuksen erikoistyötä vaativia tuotteita ovat mm. massiiviset, kivipintaa täydentävät rakenneosat, kaarevat kivipinnat, sorvatut pyörähdyskappaleet, liimaamalla kootut kulmakappaleet, pöytälevyt sekä ohutlaatat. Useilla kivenjalostamoilta Suomessa on valmius vaativien kivitöiden, jopa veistosten valmistukseen.



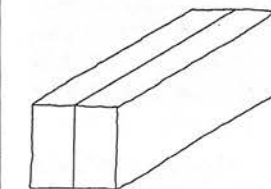
Kivilouhimolla irrotetaan kalliosta lohkareita, jotka muotoillaan jatkojalostusta varten.



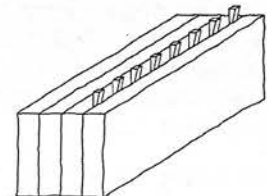
Lohkare sahataan levyiksi.



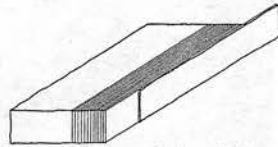
Lohkare sahataan aihioiksi.



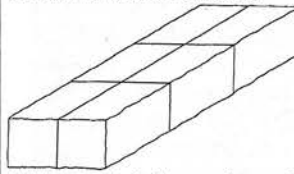
Lohkare sahataan aihioiksi.



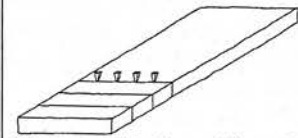
Lohkare halkaistaan kiilaamalla aihioiksi.



Aihio sahataan ohutlevyiksi.



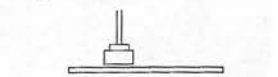
Lohkare paloittellaan sahaamalla.



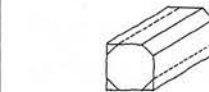
Lohkare paloittellaan kiilaamalla kivilankuiksi.



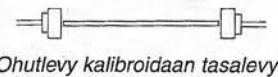
Kivilevy pintakäsittellään: hionta, poltto, hakkaus.



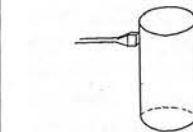
Ohutlevy kalibroidaan tasavahvaksi.



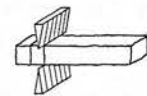
Aihio esityöstetään sahaamalla.



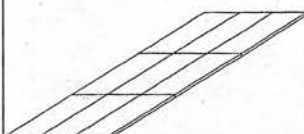
Ohutlevy kalibroidaan tasalevyiseksi.



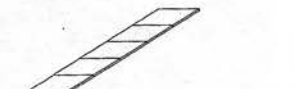
Aihio pintakäsittellään.



Kivilankut paloittellaan lohkokivituotteiksi hydraulisella puristimella.



Sahalevy paloittellaan timanttisahalla laatoiksi.



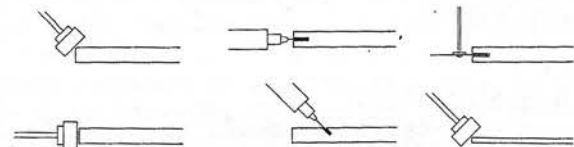
Ohutlevy paloittellaan timanttisahalla laatoiksi.



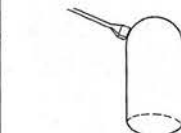
Laatta työstetään ja muotoillaan.



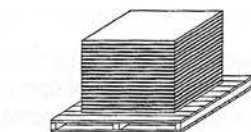
Laatta kalibroidaan.



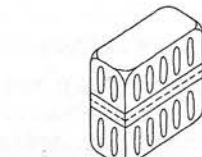
Kivilaattojen reunat ja takapinta viimeistellään: faasaus, hionta, poraus, sahaus.



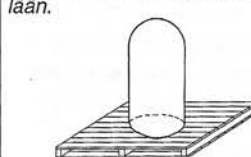
Tuote muotoillaan ja viimeistellään.



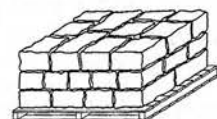
Kivilaatat pakataan kuljetusalustoille.



Ohutlevyalaatat pakataan styrox-pakkauksiin.



Massiivikivet pakataan kuljetusalustoille.



Lohkokivituotteet pakataan kuljetusalustoille.

Kuva 2-8. Rakennus- ja kalustekivien, ohutlaattojen, massiivikivien ja lohkokivituotteiden jalostusprosessin vaiheet.

pinta-käsittely	pinnan kuvaus	valmistustavan kuvaus	soveliaat kivilajit	käyttö
kiillotettu	väri voimakas, kiiltävä, kuvastava, naarmuton, sileä ja suora	sahapinta käsitellään hiomakivillä asteittain hienonevasti kiiltoon	kaikki tiiviit, ehyet ja riittävän kovat kivilajit	kaikki käyttökohteet, pehmeillä kivillä huomioitava kiillon pysyvyys käyttöolosuhteissa, on märkänä liukas, ei liikaannu herkästi ja on helpompi puhdistaa kuin karkea kivipinta
hiottu	väri vaihtelee hionta-asteesta riippuen himmeästä ja kuvastamattomasta lähes kiiltävään ja heikosti kuvastavaan, naarmuton, sileä ja suora	sahapinta käsitellään hiomakivillä asteittain hienonevasti haluttuun tasoon, pinnan laatuluokkia ovat karkeahiottu, mattahiottu ja hienohiottu	kaikki tiiviit ja ehyet kivilajit	kaikki käyttökohteet, erityisesti lattiat ja portaat, hienoksi hiottu pinta voi olla märkänä tai pölyisenä liukas, ei liikaannu herkästi ja on helpompi puhdistaa kuin karkea kivipinta
sahattu	väri himmeä ja kuvastamaton, pinnassa saattaa olla timanttisauhuksesta peräisin olevia naarmuja, sileä ja suora	käsittelemätön, suoraan timanttisauhuksessa syntyvä pinta	kaikki tiiviit ja ehyet kivilajit	kaikki käyttökohteet, erityisesti vähemmän vaativien kohteiden lattiat ja portaat, voi olla märkänä tai pölyisenä liukas, ei liikaannu herkästi ja on helpompi puhdistaa kuin karkea kivipinta
poltettu	melko värikäs, kiven kuvioinnin mukaisesti elävä, karkeahko ja suora	sahapintainen kivi kuumennetaan nopeasti noin 600 °C lämpötilaan ja jäähdytetään vesisuihkulla, jolloin kivi lohkeilee pinnasta, lohkeaminen perustuu kvartsimineraalien olomuodon muutokseen ja laajenemiseen 572 °C:ssa	kaikki kvartsi- ja magmakivilajit kuten graniitti ja jotkut dioriittit	julkisivut ja ulkopuoliset kivirakenteet, myös sisäänkäyntien ja sisäpuolisten kulkuteiden lattiat ja portaat, sileyttä voidaan parantaa kevyellä hionnalla, puhtaanapidon helpottamiseksi voidaan käsitellä suojavahalla
ristipäähakattu	väri vaaleahko, tasaisen karkea jyväpinta, kuoppien syvyys < 5 mm, suora	kivipintaa hakataan ristipäävasaralla niin, että kiven pinta rikkoontuu tasaisesti kuoppaiseksi, valmistus yleensä automaattiohjatulla hakkurilla	kaikki kivilajit	lähinnä julkisivut ja ulkopuoliset kivirakenteet
karkea-hakattu	väri vaaleahko, tasaisen karkea jyväpinta, kuoppien syvyys < 10 mm, suora	kivipintaa hakataan piikillä niin, että kiven pinta rikkoontuu tasaisesti kuoppaiseksi, valmistus yleensä käsityötä	kaikki kivilajit	lähinnä ympäristörakenteet kuten reunakivet ja muurikivet
hiekkapuhallettu	väri vaalea, tasaisen karhea, suora	kivipintaa puhalletaan teräshiekka-suihkulla niin, että kivipinta rikkoontuu tasaisen karheaksi	kaikki kivilajit	lähinnä kivipintojen kuviointi, koristelu, pintakitkan lisääminen
lohkottu	melko värikäs, luonnollinen tai lohkomalla tehty viimeistelemätön luonnonpinta, epätasainen, suorahko	liuskekivillä pinta on luonnon muovaama, muut kivet lohkotaan joko kiilaamalla tai puristamalla murtoon hydraulisella leikkurilla	liuskekivet, hieno- ja keskirakeiset graniittit, joilla on selvä lohko-suunta	tasokiveykset, reunakivet, portaat, muurit, aidat, pollarit ja muut ulkopuoliset kivirakenteet

Taulukko 2-11. Luonnonkivien pintakäsittelyt.

Kivenjalostuksen kehitys

Kivenjalostustekniikan laitteita sekä työ- ja työstömenetelmiä on viime vuosikymmeninä kehitetty monin tavoin. Kehitystä ovat ohjanneet kiven käyttötapojen muuttuminen ja uudet tekniset sovellutukset. Erityisesti graniittien ja muiden kovien kivilajien työstötekniikka, tuotannon rationaalisuus ja ohjautumatiikka sekä tuotannon laadunvalvonta ovat kehittyneet. Rakennuskiven jalostus on tätä nykyä teollista, monipuoliset valmiudet tarjoavaa tuotantotoimintaa. Kussakin työvaiheessa pyritään entistä paremmin soveltamaan työstettävän kiven ominaisuuksien ja halutun lopputuloksen kannalta optimaalisia työstötekniikoita ja -menetelmiä. Jo suunnittelun alkuvaiheessa on syytä perehtyä kohteen erikoispiirteisiin yhdessä alan asiantuntijoiden kanssa,

koska pienetkin muutokset saattavat merkitä huomattavia kustannussäästöjä.

Kovan ja ominaisuuksiltaan vaihtelevan luonnonkiven jalostus tulee teknisestä kehityksestä huolimatta aina olemaan kokemusta ja ammattitaitoa vaativaa työtä. Oikeiden työstömenetelmien valinta ja kiven käsittelytekniikan hallitseminen perustuvat luonnonkiven aineominaisuuksien ymmärtämiseen sekä inhimilliseen valvontaan ja ohjaukseen kaikissa rakennuskiven tuotannon vaiheissa. Kotimaisten kivenjalostusyrytysten tuotannolliset valmiudet ovat nykyisin paremmat ja monipuolisemmat kuin koskaan ennen.

2.5 Yleiset vaatimukset

Luonnonkiven käyttöä säätelevät määräykset ja ohjeet

Yleistä

Rakentamista koskevia määräyksiä ja ohjeita antavat useat viranomaiset, järjestöt ja asiantuntijatahot. Määräyksiä ja ohjeita ovat lait, sitovat määräykset, hyväksytyt ratkaisut ja epäviralliset ohjeet.

Lait

Laeissa määritellään rakentamisen yleiset terveellisyys- ja turvallisuusvaatimukset sekä poliittiset tahdonilmaukset. Maa-ainelaisissa ja kaivoslaisissa määritetään maankamaran kiviainesten ja maa-ainesten hyötykäytön periaatteet

Rakennuskivet kuuluvat maa-ainelain piiriin (Maa-ainelaki 555181), joten niiden louhinta on luvanvaraista toimintaa. Poikkeuksena ovat mm. karbonaattiset kivet ja vuolukivi, jotka luetaan teollisuusmineraaleihin. Niiden hyötykäyttöä säätelee kaivoslaki. Louhinnan aloittamiseksi tarvitaan louhintalupa ja louhimon sijoituspaikkalupa. Louhintaluvan hakemuksen käsittelee paikallinen rakennusvalvontavirasto ja luvan myöntää kunnanhallitus. Sijoituspaikkalupaa haetaan paikalliselta terveyslautakunnalta, joka arvioi louhintatoiminnan häiriövaikutukset paikallisen asuinympäristön kannalta. Louhinnan aloittamisesta on tehtävä ilmoitus paikalliselle työsuojelutoimistolle.

Sitovat määräykset

Sitovia määräyksiä ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMK) määräykset ja sitovat standardit. Standardista tulee sitova myös silloin, kun siihen viitataan jossain RakMK:n määräyksen kohdassa. Sitovia määräyksiä on pakko noudattaa.

Hyväksytyt ratkaisut

Hyväksytyjä ratkaisuja ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeet, tyyppihyväksytyt ratkaisut, hyväksytyt tutkimuslaitosten ohjeet, hyväksytyt standardiratkaisut ja muut viranomaisohjeet. Hyväksytyt ratkaisut sitovat tarkastavia viranomaisia, joiden on hyväksyttävä niiden mukaiset ratkaisut. Toisaalta hyväksytyt ratkaisut eivät täysin rajoita suunnittelijan vapautta kehittää omia, korvaavia vaihtoehtoja.

Ympäristöministeriö voi, mikäli katsoo sen tarkoituksenmukaiseksi, hakemuksesta ennakolta hyväksyä rakennuslupaviranomaisia sitovasti määräajaksi rakennuksen, rakenteen, rakennusosan, rakennustarvikkeen tai muun rakennukseen kuuluvan kiinteän laitteen sekä kiinteistön vesi- ja viemärlaitteen tai -laitteiston (tyyppi hyväksyntä).

Tyyppihyväksynnästä ja siihen liittyvästä laadunvalvonnasta sekä tyyppihyväksyntäpäätöksen peruuttamisesta säädetään asetuksella. Ympäristöministeriöllä on tyyppihyväksynnän yhteydessä valta myöntää tämän tyyppihyväksynnän osalta yleinen poikkeus rakentamista koskevista säännöksistä ja määräyksistä.

Tyyppihyväksyntämenettely mahdollistaa esimerkiksi sellaisten uudentyypisten luonnonkivirakenteiden tai kiinnitystapojen käytön, joiden hyväksynnässä muutoin saattaisi ilmetä vaikeuksia.

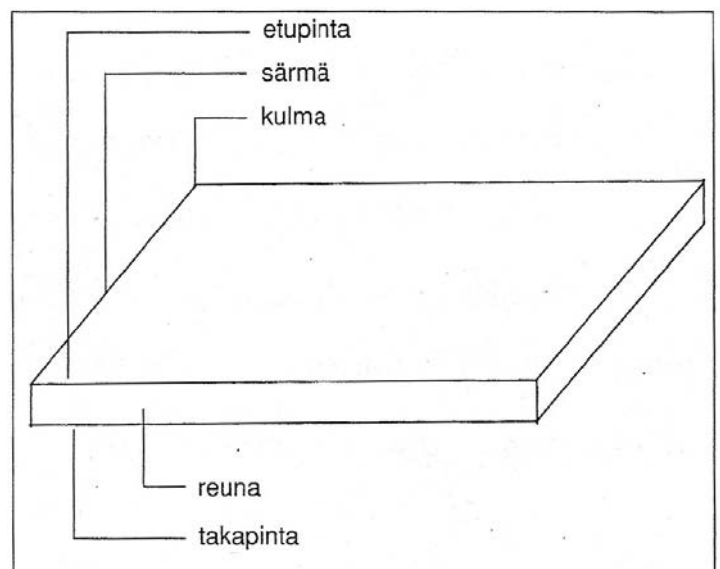
Epäviralliset ohjeet

Epävirallisia ohjeita ovat eisitovat SFS standardit, Suomen Rakennusinsinöörien liiton (RIL) normit ja ohjeet, materiaali-valmistajien, elementtituottajien ja muiden alan yritysten ja viranomaistahojen ohjeet, tyyppiratkaisut, detaljisuositukset ja käsikirjat.

Suosituksia ja ohjeita hyvästä rakennustavasta on esitetty RYL 90:ssä (Rakennustöiden yleiset laatu-vaatimukset). Luonnonkivituotteita koskevat SFS-standardit ovat:

- SFS 4157 "Nupukivet"
- SFS 4158 "Noppakivet"
- SFS 4159 "Reunakivet"

Suomen Kuntatekniikan yhdistys ry on julkaissut "Betoni- ja



Kuva 2-10. Kivilaatan osien nimitykset

luonnonkivituotteet päällysterakenteena"-nimisen käsikirjan, jossa käsitellään betoni- ja luonnonkivituotteiden laatuvaatimuksia & käyttötekniikkaa.

Luonnonkivirakentamiseen liittyvät RT-ohjekortit ovat

- RT 824.21 'Luonnonkivimuurit ja -verhoukset'
- RT 30-10314 'Luonnonkivet, suomalaiset rakennuskivet'
- RT 30-10342 'Luonnonkiviset lattiat, portaat ja seinät sisätiloissa'

Kivialan yritykset ovat julkaisseet useita RT-tarvikekortteja. Tietoa ja ohjeita kivituotteista ja kivirakenteiden suunnittelusta sekä valmistuksesta ovat julkaisseet lisäksi mm. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, elementtiteollisuus, VAPK-kustannus ja Rakennuskirja Oy.

Rakennuskiven testauksessa noudatetaan Suomessa nykyisin soveltuvilta osin lähinnä DIN-, ASTM- ja IUGS-standardeja. Euroopan standardisointikomiteassa (CEN) valmistellaan standardeja luonnonkivituotteille ja kivien testaukseen. Standardit tullaan niiden valmistuttua vahvistamaan Suomessa virallisiksi SFS-standardeiksi.

Määritelmiä

Mineraali on luonnossa esiintyvä, kiinteä, epäorgaaninen alkuaine tai kemiallinen yhdiste, jolla on määrätty kemiallinen koostumus ja tietyt fysikaaliset ominaisuudet sekä tavallisesti säännöllinen kiderakenne.

Luonnonkivi on luonnon geologisessa prosessissa syntynyt kiinteä, mineraaleista koostuva aine.

Rakennuskivi on ulkonäöltään ja kestävyydeltään korkealaatuinen luonnonkivi, josta valmistetaan rakentamistarkoitukseseen laattoja, harkkoja tms. rakennustarvikkeita.

Kivilohkare (t. raakakivilohkare) on jatkojalostusta varten valmistettu rakennuskivilouhinnan lopputuote, jolla on tietty ulkonäkö, tietyt fysikaaliset ominaisuudet ja mitat.

Sahalevy (t. kivilevy) on kivilohkareen sahauksessa syntyvä levyaihio, josta valmistetaan paloittelusahauksessa määrämittäisiä kivilaattoja.

Kivilaatta on rakennuskivestä valmistettu määrämittäinen, laattamainen tarvike.

Normaali laatta on kivilaatta, jonka paksuus on 15-60 mm.

Ohutlaatta on kivilaatta, jonka paksuus on alle 15 mm.

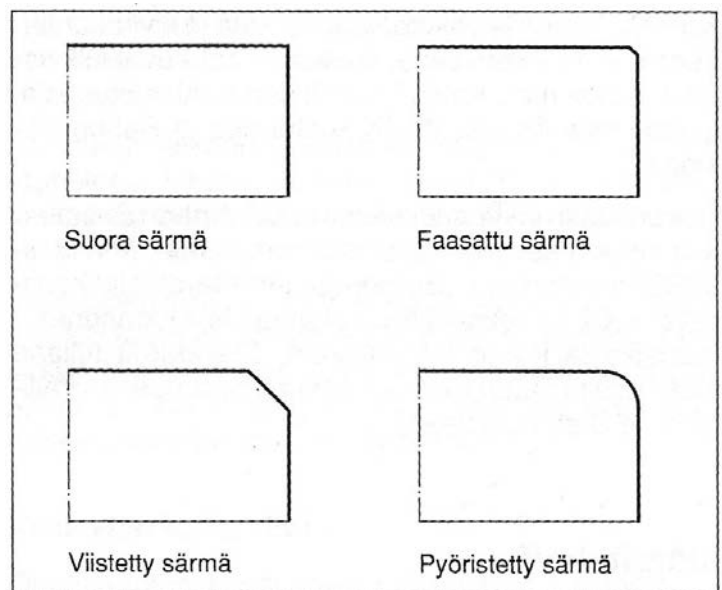
Kalibroitu ohutlaatta on mittatarkka ohutlaatta, jonka paksuus on ≤ 12 mm.

Pienlaatta on pienikokoinen mittatarkka ohutlaatta, jonka paksuus on ≤ 8 mm.

Pintakäsittely on sahatun kivipinnan mekaaninen tai terminen jälkikäsittely halutun pintastruktuurin ja ulkonäön aikaansaamiseksi.

Kivilaatan osien nimitykset ovat etupinta, takapinta, särmä, kulma ja reuna kuvan 2-10 mukaisesti. Kohteessa näkyviin jääviä reunoja kutsutaan näkyviksi reunoiksi ja muita reunoja saumareunoiksi tai vaihtoehtoisesti piiloon jääviksi reunoiksi.

Luonnonkivilaatan särmämuotojen nimitykset on esitetty kuvassa 2-11. Suora särmä on laatan paloittelusahauksessa syntyvä särmä. Faasattu, viistetty ja pyöristetty särmä ovat eri tavoin jälkikäsittelämällä työstettyjä särmämuotoja.



Kuva 2-11. Luonnonkivilaatan särmämuotojen nimitykset

LUONNONKIVIRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2006

LUKU 3 JULKISIVUN LUONNONKIVIRAKENTEET

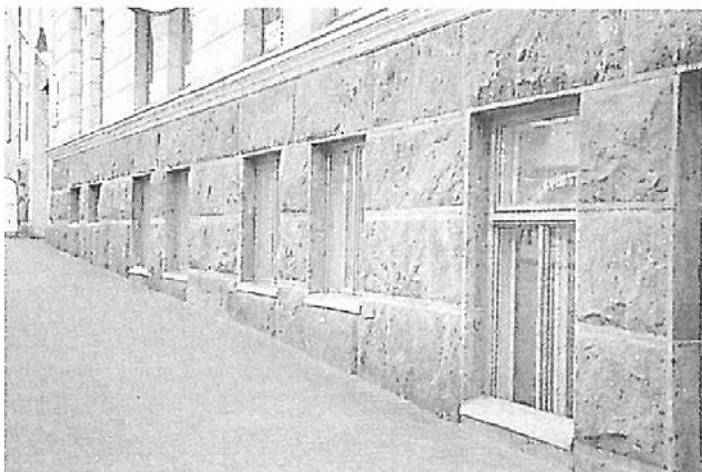
3 JULKISIVUN LUONNONKIVIRAKENTEET

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Kivijulkisivun rakenteiden kehitys

Luonnonkivijulkisivun rakenteellinen kehittyminen nykyiseen muotoonsa on ollut pitkälinen ja monivaiheinen prosessi. Perustan teknisille ratkaisuille ovat antaneet toisaalta eri aikoina vallinneet rakennustaiteelliset suuntaukset ja toisaalta rakentamiseen liittyvät yleiset kehityspyrkimykset. Luonnonkiven merkitys ja käyttötavat ovat eri aikojen rakentamisessa vaihdelleet, mutta kiveä on aina arvostettu ennen kaikkea sen korkealaatuisen ulkonäön ja erinomaisen kestävyuden vuoksi. Luonnonkiven arkkitehtoninen ja rakenteellinen funktio on vuosien myötä muuttunut varsin paljon.

Muinaiset kivirakenteet tehtiin latomalla tai muuraamalla massiivisista kivikappaleista, jotka samalla olivat osa rakennuksen kantavaa runkoa. Muurauksessa käytettiin kalkki- ja myöhemmin sementtipohjaisia muurauslaasteja. Saunan leveys vaihteli työn viimeistelyasteesta riippuen välillä 10-30 mm. Massiivisen kivimuurin paksuus oli tavallisesti >200 mm. Rakentamisessa käytettiin lähinnä paikallisia kivilaatuja. Rakennustapa riippui suuresti käytetyn kiven ominaisuuksista. Pehmeitä ja helposti lohkeavia kivi-laatuja saatettiin työstää haluttuun muotoon tai jopa veistollisiksi rakenneosiksi, kovimpia kivilaatuja käytettiin usein luonnonmuotoisina tai karkeasti työstettyinä kappaleina. Kivien pintakäsittely oli lohkopinta tai joskus karkeahakattu. Pehmeillä kivillä käytettiin myös hienompia pintakäsittelyjä. Paksuissa seinärakenteissa seinän sisäosa täytettiin usein irtokivillä ja hiekalla.

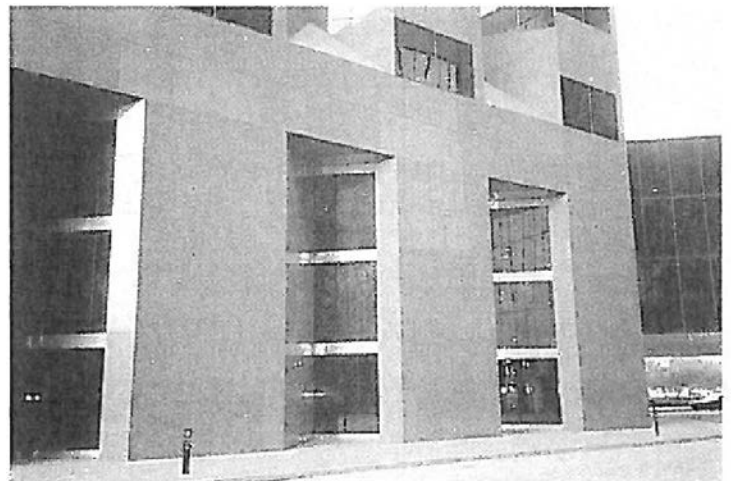


Kuva 3-1. Julkisivun kiviverhous oli vuosisadan alkupuolella massiivinen ja usein lohkopintainen.

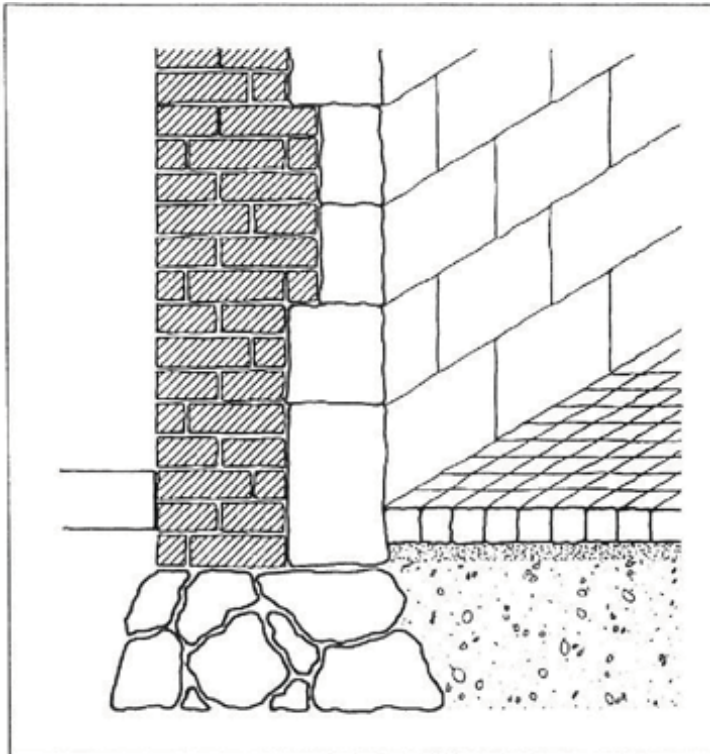
Muurattujen kivirakenteiden statiikkaa kehitettiin jo antiikin aikoina, mutta varsinkin keskiajalla. Rakenteiden vakavuuden hallinta perustui sen ajan rakentajien kokemusperäiseen tietoon. Romaanisen tyylin ominaispiirteitä ovat antiikin ajalta periytyvät pyörö-kaarirakenteet ja raskaat umpinaiset seinärakenteet. Gootin aikakaudella yleistyivät suipot kaaret ja hoikat pilarirakenteet, jotka mahdollistivat entistä avoimempia seinärakenteita. Rakennukset tehtiin aiempaa korkeammiksi samalla, kun rakenteiden hoikkuus lisääntyi ja rakenteet kevenivät. Gootilaisten kirkkojen ja katedraalien ohutsauvaiset kaari-, holvi-, ruode- ja pilarirakenteet osoittavat hämmästyttävän taidokasta rakenteiden tasapainotilan hallintaa.

Rakennustekniikan kehittyessä kiven käyttö yleistyi runkomateriaalina. Luonnonkiviverhous muurattiin nyt tiilimuurin ulkopintaan. Tällöin kivi toimi osana kantavaa runkorakennetta, mutta luonnonkiven käyttö perustui kuitenkin etupäässä ulkonäkösyihin. Betonirunkoisissa rakennuksissa 1900-luvun alkupuolella luonnonkivijulkisivu tehtiin usein itsekantavana kuorimuurina, joka sidottiin rakennuksen runkoon teräsiteillä. Arkkitehtuurin vaatimusten mukaisesti myös kovien kivien viimeistelytekniikka kehitettiin. Kivijulkisivujen sokkelit tehtiin mittatarkoiksi työstetyistä ja käsityönä pintakäsittelyistä graniittiharkoista. Seinän yläosassa kiviä usein työstettiin monin tavoin jopa veistollisiksi yksityiskohdiksi. Pehmeitä ja helposti työstettäviä kivilaatuja kuten kalkki-kiveä, hiekkakiveä ja vuolukiveä käytettiin yleisesti monimutkaisten muotoaiheiden raaka-aineina.

Ohut, tuuletettu, kivilaattaverhous vakiintui vallitsevaksi kivijulkisivun rakennetyypiksi 1950-luvulla. Kehityksen taustalla olivat rakennustekniikassa tapahtuneet muutokset ja luonnonkiven sauhuksen ja pintakäsittelytekniikan kehitys. Vuosisadan



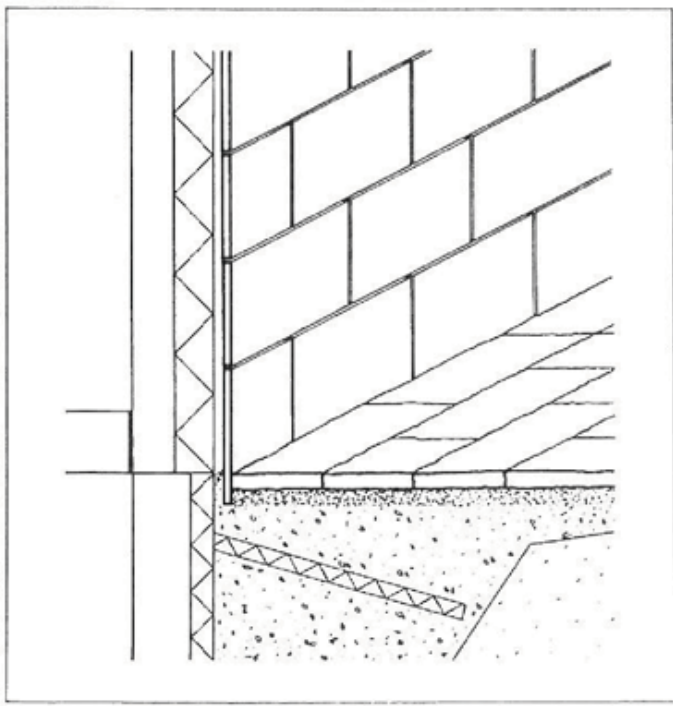
Kuva 3-2. Uudet kivirakenteet ovat pääsääntöisesti sileäpintaisia ja suoralinjaisia.



Kuva 3-3. Massiivinen julkisivuverhoukseen upotettiin ennen tiilirungon ulkopintaan.

alkupuolella käytettiin vähäisessä määrin myös muuraamalla kiinnitettyä kivilaattaverhousta, joka kuitenkin osoittautui toiminnaltaan epävarmaksi. Ongelmia oli seinän kosteusteknisessä toiminnassa ja kivilaattojen kiinnityksessä.

Tuulettun kivi laattaverhouksen vallitseva asennus-tapa on Suomessa ollut työmaa-asennus, jossa kivi-laatat asennetaan yksitellen ja kiinnitetään neljästä pisteestä rakennuksen runkoon. Menetelmän käytöstä on kokemuksia jo varsin pitkältä ajalta ja



Kuva 3-4. Uusissa rakennuksissa julkisivun kiviverhoukseen tehdään ohuista kivilaatoista.

se on osoittautunut toiminnallisesti luotettavaksi. Asentamisen työvaltaisuudesta johtuen menetelmä on toisaalta melko hidas ja kallis sekä lämpötekniisesti epätaloudellinen.

Kivijulkisivun rakennetekniikkaa on viime vuosikymmeninä kehitetty monin tavoin. Yleisiä kivijulkisivun kehitystrendejä ovat kivilaattojen ja rakenteiden oheneminen ja keveneminen sekä työmaalla tehtävän työn väheneminen rakenteiden esivalmistusasteen lisääntymisen seurauksena. Uudet kivijulkisivun rakenteelliset toteutustavat ovat entistä teknisesti kehittyneempiä ja taloudellisempia. Esimerkkejä nyky-aikaisesta luonnonkivitekniikasta ovat kiskokiinnitys-tekniikat sekä kivilaattapintaist beton- ja teräselementit. Luonnonkivirakenteiden teknisii toteutusvaihtoehtoja on nykyisin useita. Uusien teknisten ratkaisujen rinnalla sovelletaan edelleen jossain määrin myös perinteisiä massiivisia kivirakenteita.

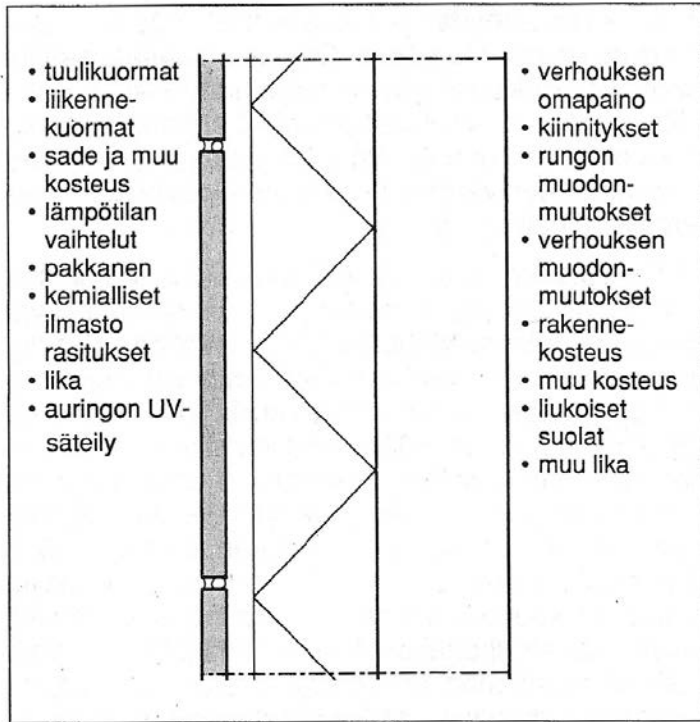
Kivijulkisivun suunnittelun erikoispiirteet

Luonnonkivijulkisivun tekniseen toimivuuteen ja taloudellisuuteen on mahdollista vaikuttaa monin tavoin rakenteiden suunnitteluvaiheessa. Suunnittelun toimenpiteet voidaan jakaa karkeasti kivisten rakenneosien suunnitteluun ja rakenteelliseen suunnitteluun. Jako ei ole kategorinen, sillä kivitekniset ja rakenteelliset ratkaisut riippuvat toisistaan. Kivijulkisivun suunnittelu on kokonaisvaltainen tehtävä, jossa otetaan huomioon toteutettavan kohteen olosuhteiden ja suunnittelun tavoitteiden ohella luonnonkivien ominaisuudet, soveltuvuus, saatavuus, kiven työstö- ja muotoilumahdollisuudet sekä muut kivikohtaiset erikoispiirteet. Puutteellisesta kiviteknisestä suunnittelusta saattaa aiheutua toteutusvaiheessa ja rakennuksen käytön aikana yllättäviä hankaluuksia ja tarpeettomia kustannuksia.

Kivirakenteiden suunnittelussa on tärkeä varata riittävästi aikaa vaihtoehtoisten ratkaisujen vertailuun ja optimaalisen toteutettavan etsintään. Suunnittelu-ratkaisujen siirtyessä myös vaihtoehtoiset mahdollisuudet vähenevät ja edellytykset optimaalisen ratkaisun löytämiselle huononevat.

Luonnonkivijulkisivun suunnittelun tehtäväluetteloon sisältyvät kohteen varsinaisen suunnittelun ohella tarvittavassa laajuudessa seuraavat toimenpiteet:

- kiven valinta,
- pintakäsittelyn valinta,
- kivisten rakenneosien detaljisuunnittelu ja mitoitus,
- saumojen suunnittelu, - tuuletuksen suunnittelu,
- julkisivun rakenteellisen toteutettavan valinta,
- kivien kiinnitysten suunnittelu ja mitoitus,
- kivijulkisivun toteutuksen aikataulusuunnittelu,
- kivitöiden toteutuksen valvonta.



Kuva 3-5. Kivijulkisivuun kohdistuvat rasitukset.

Kivitekniikan suunnittelun eri vaiheissa tuotetaan kohteen käytännön toteutusta varten seuraavat piirustukset ja asiakirjat:

- kivijulkisivun mittapiirustukset,
- kivirakenteiden rakennesuunnitelmat ja piirustukset,
- lujuuslaskelmat,
- kivi- ja kiinnitystarvikeluettelot,
- luonnonkivien ja kiinnitystarvikkeiden valmistuspiirustukset,
- elementtikaaviot, -luettelot ja -piirustukset,
- kivijulkisivun asennustyöpiirustukset,
- kivirakennetyöselitykset.

Rakenteellisten muutosten seurauksena luonnonkivisten rakenteiden ja niihin liittyvien rakenteiden toiminta on muuttunut perusteellisesti, mikä lisää suunnittelun vaativuutta. Luonnonkivirakenteiden suunnittelussa on hyödyllistä käyttää mahdollisuuksien mukaan hyödyksi kivialan yritysten ja alan asian-tuntijoiden osaamista.

Kivijulkisivun rasitukset ja laatuvaatimukset

Kivijulkisivun toiminta

Luonnonkivinen julkisivuverhous on ulkoseinän uloin pinta, jonka tehtävä on viimeistellä julkisivun ulkonäkö ja suojata seinärakenne säärasituksilta. Kivilaatat kannatetaan tavallisesti

mekaanisilla kiinnikkeillä joko suoraan rakennuksen rungosta tai erilaisten sekundäärirunkojen välityksellä. Vaihtoehtoisia rakennejärjestelmiä on nykyisin käytössä useita. Kiviverhous suunnitellaan joustavaksi ja sateenpitäväksi. Kivi-laattasaumat mitoitetetaan siten, että otetaan huomioon kivikiinnikkeiden vaatima tila, toleranssit ja odotettavissa olevat muodonmuutokset. Kivipinnan sateenpitävyys varmistetaan tiivistämällä laattasaumat elastisilla sauma-aineilla. Tiivispintainen luonnonkivellä verhottu ulkoseinä tuuletetaan kiviverhouksen takana sijaitsevan ilmaraon avulla. Tuuletuksen toimivuuden edellytys on, että rakenteen tuuletusväli on riittävästi yhteydessä ulkoilmaan. Kiviverhoukseen kohdistuvat ilmastoperäiset ja muut ulkoiset rasitustekijät sekä rakenteen sisäiset rasitukset. Luonnonkiviä, luonnonkivitoita ja julkisivuverhousta koskevat yleiset laatuvaatimukset esitetään RYL 90 luvussa 40.

Kuormitukset

Luonnonkiviverhoukseen käytön aikana kohdistuvat kuormat ovat tuulikuorma ja kiviverhouksen omapaino sekä verhouksen alaosissa liikenteestä aiheutuvat törmäys- ja iskukuormat. Kallistetuilla pinnoilla voi joskus tulla kysymykseen myös lumikuorma. Esivalmistettuja kivirakenteita kuljetettaessa kivilaattoihin kohdistuu liikenteestä johtuvia sysäyskuormia. Kivirakenteiden kuormitukset määritetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 ja soveltuvilta osin Rakenteiden kuormitusohjeiden (RIL 144-1990) mukaisesti. Rasitusten laatu ja merkitys kivi-verhouksen toiminnan kannalta vaihtelevat varsin paljon suunnitteluratkaisuista, rakennuksen sijainnista ja muista paikallisista olosuhteista riippuen.

Tuuletetussa luonnonkiviverhouksessa kivilaatat kannatetaan yksitellen rakennuksen rungosta siten, että ne eivät kuormita toisiaan tai kannata muiden rakenteiden painoa. Julkisivuverhous suunnitellaan siten, että siihen liittyvien rakenteiden muodonmuutokset voivat tapahtua esteettä kivilaattaverhousta kuormittamatta.

Kivilaattoihin kohdistuu lisäksi valmistuksen, varastoinnin ja kuljetusten aikana muita, rakennusratkaisusta riippuen suuruudeltaan vaihtelevia, joskus jopa mitoittavia kuormia.

Ilmastorasitukset

Ilmastorasituksia ovat luonnolliset ja inhimillisestä toiminnasta aiheutuvat rasitukset. Luonnonkuormien ohella ovat kosteus, sade ja sulamisvedet, lämpötilanvaihtelut, pakkanen ja auringon ultravioletti säteily kivijulkisivun kannalta merkittäviä luonnollisia ilmastorasituksia. Muita ilmastorasituksia ovat ilman sisältämät kemialliset yhdisteet sekä likaantumista aiheuttavat ilmaston epäpuhtaudet. Kiven kannalta haitallisia kemiallisia yhdisteitä ovat fossiilisten polttoaineiden palamiskaasuista pe-

räisin olevat ilmaston happamoittavat rikki- ja typpiyhdisteet, jotka syövyttävät karbonaattikiviä sekä suolat, joiden rapauttava vaikutus voidaan havaita esimerkiksi sisäänkäyntien lattioissa ja meren välittömässä läheisyydessä sijaitsevilla kivipinnoilla.

Vanhoissa massiivisissa kivirakenteissa luonnonkivi toimii staattisesti ja fysikaalisesti kiinteässä yhteydessä muun ulkoseinärakenteen kanssa. Nykyisissä rakenteissa luonnonkivinen julkisivuverhous on muusta seinärakenteesta erotettu kylmä kuorirakenne. Säärasituksen kohteena olevan kiven kannalta tämä merkitsee olosuhteiden muuttumisesta merkittävästi entistä ankarammiksi. Kiviverhouksen olosuhteiden rasittavuutta korostaa toisaalta myös se, että lämpö- ja kosteustilaolosuhteet kiven ulko- ja sisäpinnassa poikkeavat toisistaan. Tuuletetussa kuoriverhouksessa lämpötilan- ja kosteuden vaihtelut ovat kiven kannalta epäsymmetrisiä, mikä aiheuttaa kiveen SI-säisiä rasituksia. Kiviverhouksen paksuuden pieneneminen ja laattojen hoikkuuden kasvu ovat osaltaan lisänneet sään kestävyydeltään puutteellisten kivilajien vaurioitumisherkkyttä.

Muut rasitustekijät

Rakennuksen sisältä kylmänä vuodenaikana diffuusion ja konvention seurauksena ulos pyrkivä kosteus voi tiivistyä kivilaatan takapintaan, jos seinärakenteen tuuletus ei toimi riittävästi. Kosteus pyrkii tällöin kuivumaan ulospäin kiven läpi. Sopivissa olosuhteissa kosteus voi jäätyä ja kiven takapintaan voi vähitellen kertyä kasvava jääkerros, mikä lisää kiveen kohdistuvaa pakkasrasitusta.

Muita tuuletettuun kiviverhoukseen käyttötilanteessa kohdistuvia rasitustekijöitä ovat esimerkiksi kiven värjäytymistä aiheuttavat, liittyvistä rakenneosista kiveen kulkeutuvat aineosat, kuten kiinnitysalustan suolat tai saumamassan öljyt ja pigmentit sekä mahdollinen seinään kohdistuva ilkkivalta.

3.2 Luonnonkiviset rakenneosat

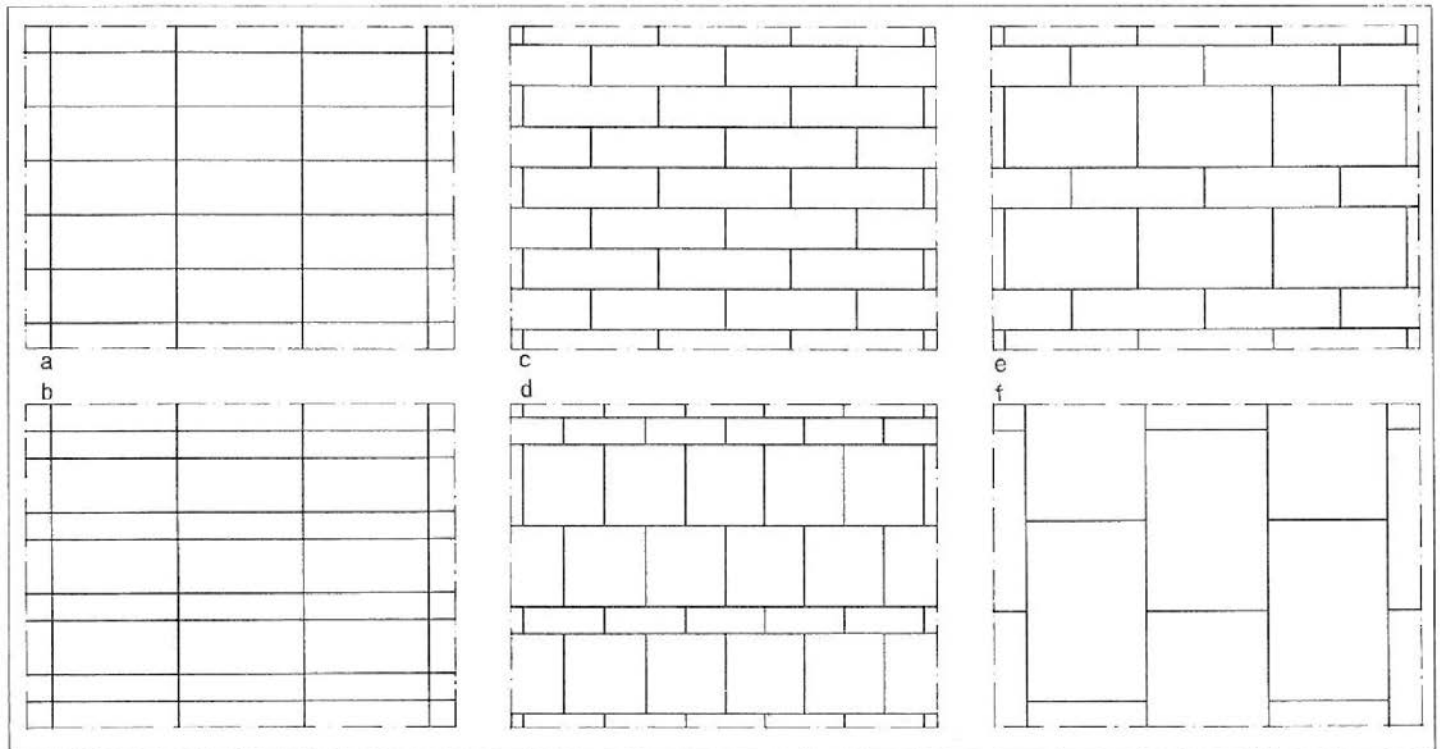
Kivityyppi ja pintakäsittely

Julkisivuverhouksen kiven laadulle asetetaan nyky-aikaisissa kivirakenteissa entistä korkeammat vaatimukset. Syynä on toisaalta julkisivupinnan esteettisten tavoitteiden tarkentuminen ja toisaalta luonnonkiven käytön aikaisten olosuhteiden muuttuminen entistä vaativammiksi. Luonnonkiven valintaperusteita sekä kivien ominaisuuksia ja soveltuvuutta käsitellään yleisesti kohdassa 2.3. Kivien pintakäsittelyvaihtoehdot esitetään kohdassa 2.4. Tässä käsitellään julkisivuverhouksessa käytettävän luonnonkiven ja kiven pintakäsittelyn valinnan erikoispiirteet.

Kiven ulkonäkö ja sen tasalaatuisuuden vaatimus korostuu julkisivuverhouksessa, jossa kivipintaa tarkastellaan pystypintana varsinkin, kun pinnan ala on suuri. Julkisivussa on perinteisesti käytetty tasarakeisia ja -värisiä kiviä. Kivelle luontainen värin elävyys on tuottanut ongelmia, mikäli väri vaihtelua ei ole tiedostettu ja siihen ei ole osattu varautua. Myös eläväkuvioisia kivityyppejä on viime aikoina käytetty julkisivussa. Luonnonkivijulkisivujen yleistyessä on opittu entistä paremmin tiedostamaan kiven ulkonäön luontainen elävyys, jota voidaan käyttää myös tehokeinona. Väriykseltään vaihtelevakin kivipinta voi toisaalta antaa kokonaisuutena tasavärisen vaikutelman, kun eriväriset kivet sekoitetaan tasaisesti. Olennaista on, että käytettävän kiven ulkonäkö ja sen vaihtelun määrä osataan ottaa huomioon kohteen suunnitteluvaiheessa. Sovittaessa näyte kivien avulla sallittavista ulkonäön vaihtelun rajoista on selvitettävä myös kivessä mahdollisesti esiintyvät paikalliset poikkeamat. Erityistä huomiota kivipinnan väri vaihteluihin ja niiden huomiointiin on kiinnitettävä kivilaattapintaisten betonielementtien tuotannossa. Valmiin kivipinnan ulkonäön valvonta kivien ladonnan yhteydessä on hankalaa, koska kivet ladotaan muottiin ulkopinta alaspäin.

Kivilaattojen ohenemisen seurauksena kiven fysikaalisten ominaisuuksien ja säänkestävyyden merkitys on kasvanut. Kiven tiheyden arvoa käytetään lähinnä kivilaatan omapainon laskeamisessa. Vedenimukyvyyn avulla voidaan arvioida kiven säänkestävyyttä ja kiven likaantumisherkkyttä. Kivilaatan mitoituksen kannalta tärkeä on taivutusvetolujuus ja sen testitulosten hajoonta. Kiven pituuden lämpötila-kerrointa tarvitaan arvioitaessa julkisivuverhouksen käytön aikaisia muodonmuutoksia. Kiinnityksen suunnittelussa on hyödyllistä tuntee kiven kiinnityksen lohkeamiskapasiteetti. Julkisivulaattojen mitoitus perustuu nykyisissä rakenteissa kiven vetolujuuteen, joten kiven eheyden ja halkeilemattomuuden vaatimus on entistä tärkeämpi. Ohuissa tuuletetuissa julkisivuverhouksissa käytettävän luonnonkiven tulee olla säänkestävää. Kiven ulkonäkö ei ilmaston vaikutuksesta saa muuttua eikä kiven lujuus ja verhouksen rakenteellinen varmuus saa käyttöolosuhteissa merkittävästi heikentyä.

Julkisivukohteessa kivityypin saatavuus ja toimitus-aika on aina syytä varmistaa jo suunnittelun alkuvaiheessa. Rakennuskiven tuotannossa ollaan aina riippuvaisia luonnon raaka-aineen ominaisuuksista, joten on ymmärrettävää, että eri kivilajien tuotantotekniset ominaisuudet poikkeavat toisistaan varsin paljon. Rakennuskiven jalostuksen luonnetta kuvaa hyvin hukkakiven



Kuva 3-6. Tyypillisiä kivijulkisivun limityskuvioita.

suuri määrä. Hyötykiven, valmiin tuotteen, määrä on kivilajista riippuen vain 1 - 15% kiintokalliosta laskettuna. Käytännössä eri kivilajien välillä on suuria eroja toimitusajoissa ja -määrissä. Joskus kiven ulkonäkö ja tekniset ominaisuudet vaihtelevat esiintymän eri osissa. Eräät kivesiintymät ovat niin rikkonaisia, että kivilaattojen kokoa joudutaan rajoittamaan. Erityisen huolellisesti kiven saatavuus tulee varmistaa uusia tai harvinaisia kivilajeja käytettäessä. Kivilouhokseen tutustumalla saa lisä-tietoa kiven laadusta ja saatavuudesta.

Luonnonkivien hintaerot eivät johdonmukaisesti riipu kivilajin käyttöteknisistä ominaisuuksista. Määrääviä tekijöitä ovat kiven kysyntä, saatavuus, tuotantotekniset ominaisuudet ja kiven kuljetusetäisyys. Luonnonkivijulkisivun suunnittelussa voidaan kokonaiskustannukseen vaikuttaa monin tavoin. Kiven osuus koko julkisivun hinnasta vaihtelee käytännössä välillä 30% - 60%. Kivijulkisivun kustannusrakennetta tarkastellaan yksityiskohtaisemmin luvussa 6.

Graniitit ja muut syväkivet ovat fysikaalisten ominaisuuksiensa ja säänkestävyytensä ansiosta nykyisin ylivoimaisesti eniten käytettyjä julkisivuverhouksen kivilaatuja. Syväkivien ja migmatiittien väri- ja tyyppivalikoima on lisääntynyt tasaisesti.

Kalkkikivet, marmorit ja kalsiittiskosteiset hiekkakivet olivat ennen helpon työstettävyytensä, hyvän saatavuutensa ja vaalean ulkonäkönsä ansiosta kivijulkisivujen vallitsevia materiaaleja, mutta nykyisin niiden käyttö on puutteellisen säänkestävyyden vuoksi vähäistä. Karbonaattisia kiviä käytettäessä tulee välttää kiillotettua ja hienohiottua pintakäsittelyä ja pyrkii

muotoilemaan julkisivu niin, että kivipintaan kohdistuu mahdollisimman vähän sade- ja valuvesiä. Kivien mitoituksessa ja rakenteellisessa suunnittelussa tulee huomioida kiven syöpyminen ja sen lujuuden aleneminen.

Kvartsihiekkakivet ja kvartsiitit soveltuvat useimmiten hyvin julkisivukiveksi. Huokoisimpien kivityyppien pakkasenkestävyys on syytä varmistaa, Huokoisen vaalean hiekkakiven heikkous on lisäksi herkkä likaantumisen ja huono puhdistettavuus.

Vuolukivi soveltuu hyvin julkisivukiveksi. Nunnan-lahden vuolukiven käytöstä on kokemuksia jo vuosisadan alkua ajoista, jolloin kiveä käytettiin sen helpon työstettävyyden vuoksi yleisesti julkisivujen ja erityisesti muotoaiheiden materiaalina. Vuolukiven käyttö julkisivumateriaalina on viime vuosikymmeninä ollut erittäin vähäistä, mutta viime vuosina vuolukiven käyttö on jälleen lisääntynyt julkisivuverhouksissa. Kiven pehmeiden vuoksi kiillotettu pinta ei tule kyseeseen.

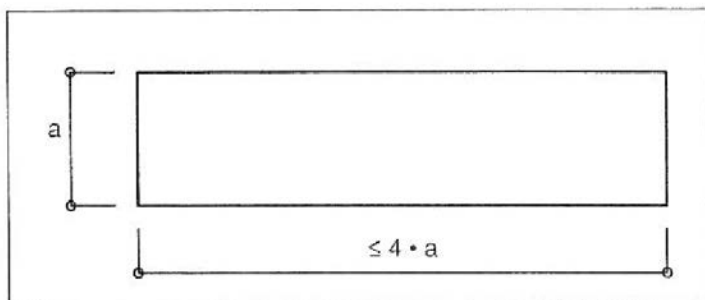
Liuskeet ovat suhteellisen harvinaisia julkisivumateriaaleja. Fysikaalisten ominaisuuksien ja säänkestävyyden osalta liuskeet soveltuvat erittäin hyvin julki-sivuun. Vähäinen käyttö johtunee ennen kaikkea kiven tuotantomenetelmien kehittymättömyydestä. Liuskekiven luonnollinen lohkeamapinta soveltuu yleensä käytettäväksi sellaisenaan ilman jälkikäsittelyä.

Julkisivukivien pintakäsittelyt ovat muuttuneet entistä hienommiksi. Hakattujen ja lohkoittujen pintojen sijasta käytetään entistä useammin hiottua ja kiillotettua kivipintaa. Kiillotetun pinnan etuja ovat kiven tekstuuriin korostuminen, lian huono tarttuvuus, helppo puhdistettavuus ja värin mahdollisimman

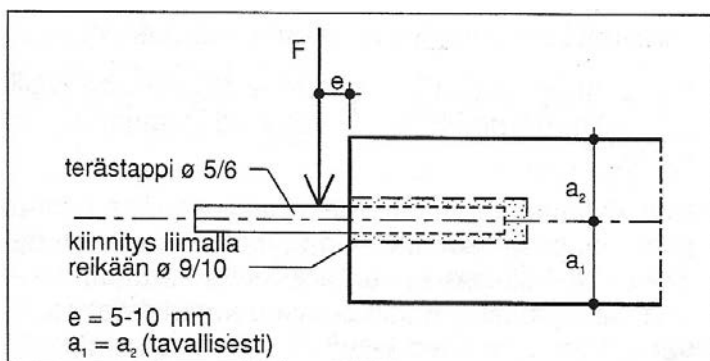
pieni muuttuminen kastuessa. Kiven hiontatekniikan kehittymisen seurauksena kiven kiillotuksen taloudellisuus on parantunut. Kiillotetussa kivipinnassa erottuvat toisaalta pienetkin kiven ulkonäön vaihtelut, mikä lisää kohteen vaativuutta. Poltetussa tai ristipäähakatussa kivipinnassa pienet paikalliset värvaihtelut tasoittuvat. Useista graniittityypeistä voidaan nykyisin valmistaa lohkopintaisia kivitiliä ja – harkkoja. Lohkopintaisten kiviä käytetään kohtaan, esimerkiksi julki-sivun alaosien verhouksissa, on osoitettu kiinnostusta.

Kivilaattakoko ja limitys

Luonnonkivijulkisivut olivat alun perin muurattuja harkkorakenteita, joissa kivikerrokset olivat vaihtelevasti juoksulimitettyjä. Kivet mitoitettiin tasapainoehdojen ja muuraustyön aikaisten siirtojen ja käsittelyjen vaatimusten mukaisesti. Kiviharkkojen välisen muuraussauaman leveys vaihteli työn viimeistelyasteen mukaan. Vaativimmissa kohteissa kivet sovitettiin yhteen lähes 0-saumalla. Kivijulkisivuissa käytetään edelleen useimmiten harkkomaista limityskuviota, vaikka massiivinen muurauskivi on ohentunut ohueksi verhoukslaataksi. Limittämätöntä 'voisi'-kuviota käytetään nykyisin lisääntyvässä määrin. Erikoisuutena mainittakoon arkkitehti Alvar Aallon mm. Finlandia-talossa käyttämä limitys, jossa kiviä limityskuvio on pystysuuntainen. Laattaverhotuissa julkisivuissa kivilaatat ovat keskimäärin suurempia kuin vanhojen massiivikivirakenteiden kivet. Nykyiset kiviverhoukset ovat historiallisista kohteista poiketen etupäässä tasomaisia. Julkisivusuunnittelussa on edullista huomioida



Kuva 3-7. Kivilaatan sivumittasuhteet.



Kuva 3-8. Tappilohkaisulujuuden testauksen periaate.

myös verhouksen rakenneteknisen toteutus-tavan vaikutukset. Erityisesti elementtitekniikkaa sovellettaessa tulee kivijulkisivun suunnitteluun uusia piirteitä.

Kivilaattojen koko voidaan luonnonkivijulkisivussa valita melko vapaasti. Käytännössä on laattojen koosta päätettäessä kuitenkin teknisesti ja taloudellisesti edullista ottaa huomioon kivilajikohtaiset ja kohdekohtaiset erikoispiirteet. Kivijulkisivun mitoituksessa huomioon otettavia tekijöitä ovat

- kiven tuotannon erikoispiirteet,
- kivilaatan siirtojen ja käsittelyn vaatimukset,
- käytettävän kiinnitystekniikan vaatimukset.

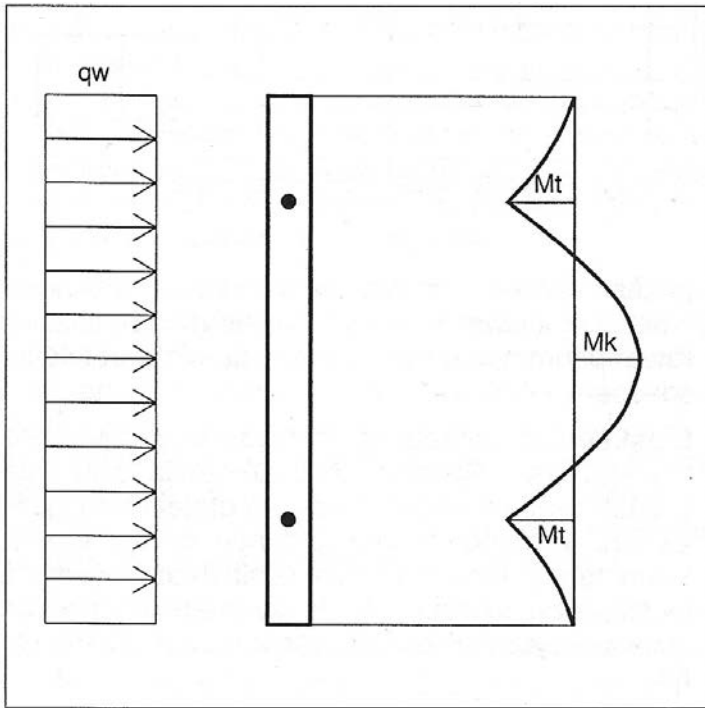
Kivilaattojen paksuus vaihtelee tavallisesti välillä 30 - 50 mm riippuen kuormituksista ja laatan sivumitoista.

Kun kivilaatat ovat suurikokoisia, pienenee sahauskustannus valmiin kivipinnan neliometriä kohden. Toisaalta hukkakiven määrä kivituoannossa kasvaa, sillä paikalliset sahalävyn ulkonäköviat saattavat johtaa jopa koko levyn hylkäämiseen. Suurikokoisten kivilaattojen käsittely työmaalla ja elementti-tehtaalla on hankalaa varsinkin, jos laattojen siirrossa tarvitaan koneellista nostovoimaa. Toisaalta julkisivulaattojen kiinnitekustannus nousee ja asennuksen työsaavutus huononee, kun kivilaattakoko pienenee. Julkisivuverhouksissa on suositeltavaa käyttää 0.5 - 1.0 m² kokoisia laattoja. Tällöin kiviä tuotanto ja kivirakenteen asennus voidaan toteuttaa mahdollisimman taloudellisesti. Joidenkin kivityyppien enimmäislaattakoko on rajoitettu tuotantoteknisistä syistä. Julkisivun suunnittelussa on aina taloudellisinta pyrkiä mahdollisimman harvoihin laattakokoihin, jolloin kivi laattojen tuotanto ja käsittely yksinkertaistuvat.

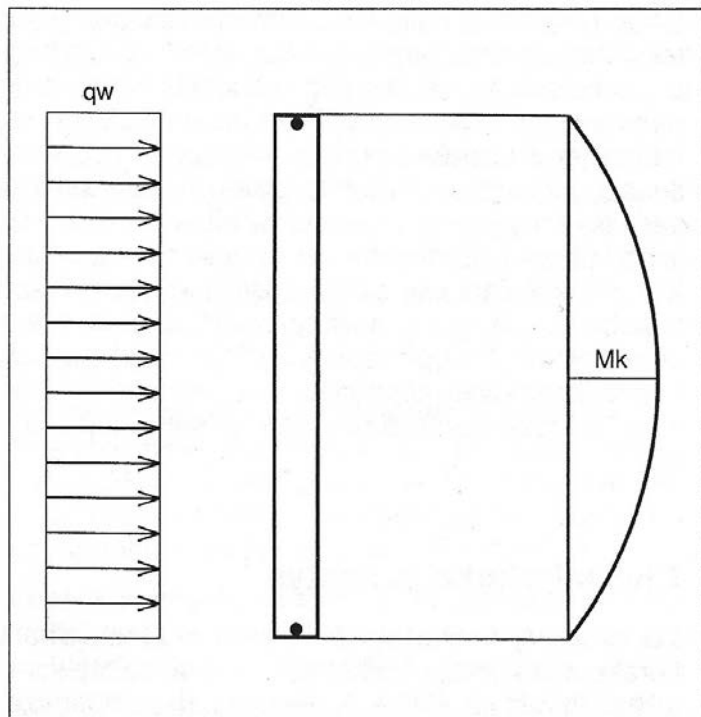
Kivilaatan sivumittasuhteen tulisi olla enintään 4:1, jotta vältetään paikallisista heikkouskohdista johtuva laatan rikkoutumiskiviä käsittelyjen aikana. Kivilaatan suuri koko lisää vaurioitumisherkkyttä sellaisilla kivillä, joiden säänkestävyys on puutteellinen. Pienin suositeltava kivilaatan sivumitta on julki-sivuissa 300 mm ja suurin vastaavasti 1500 mm.

Kivilaattojen paksuuden mitoitus

Kivilaatalta vaadittava paksuus riippuu kuormituksista, kivilaatan koosta, kiven lujuudesta ja eheydestä, kiven pintakäsittelystä sekä eräissä tapauksissa verhouksen rakenteellisesta toteutustavasta. Laatan mitoituksen kannalta määräävä on kiven taivutusvetolujuus. Verhouksen ohentamisen seurauksena kivirakenteiden suunnittelu ja mitoitusperusteet ovat muuttuneet huomattavasti. Massiivisissa kivirakenteissa kivi toimii hauraille materiaalille luonteenomaisesti puristettuna rakenneosana. Nykyisin ohuen kivilaatan mitoituksen määräävät taivutettuun



Kuva 3-9. Kivilaatan momenttipinta tuulikuormasta, pystysaumakiinnitys.



Kuva 3-10. Kivilaatan momenttipinta tuulikuormasta, vaakasaumakiinnitys.

laataan ja sen kiinnityskohtiin syntyvät vetorasitukset. Kivi-verhousta kuormittavat käytän aikana tuuli, kiven omapaino ja verhouksen alaosissa liikenne. Käytännössä kiven lyhytaikainen mitoituskorma esiintyy usein jo tuotannon, kuljetusten ja käsittelyjen yhteydessä. Suomen tuulikuormat ja tyyppillisesti käytettävät laattakoot ovat kansainvälisesti katsoen pienehköt. Usein kiven mitoituksen määräävä tekijä onkin kiinnitysratkaisu, jonka edellyttämä kiven paksuus yleensä antaa kivelle riittävän kapa-

siteetin. Kivisten rakenneosien oheneminen lisää kiven eheyden ja vetolujuuden merkitystä. Lisäksi kiven testauksen ja rakennusprojektin aikaisen laadunvarmistuksen merkitys korostuu.

Kivisten rakenneosien mitoitus on usein tehtävä puutteellisten materiaalitietojen perusteella, jolloin joudutaan käyttämään varsin suurta varmuutta. Suositeltavaa on, että kiven materiaali-varmuuskerroin on tasalaatuisilla kivillä vähintään kolme. Kivillä, joiden lujuustulosten variaatio on suuri (> 15 %), varmuuskerroin on tarvittaessa neljä tai viisi ja epäselvissä tapauksissa suurempikin. Varmuusvaatimusta korostaa kivilaattojen hoikkuus ja kiven mahdolliseen putoamiseen liittyvä henkilövahinkojen vaara. Uudentyyppisten ja toiminnaltaan epävarmojen kivilaatan kiinnitystapojen toimintatapa on suositeltavaa tutkia kokeellisesti kiinnityksen murtotavan ja kapasiteetin selvittämiseksi.

Neljästä pisteestä kiinnitetyn laatan paksuuden mitoituksessa tarkastellaan taivutusta ja kiinnityskohtien lohkeamista. Mitoituksessa valitaan aluksi kivi-laatan paksuudeksi 30 mm, mikä on yleisesti käytetty, mekaanisesti kannatettujen luonnonkivilaattojen vähimmäispaksuus tuuletuissa julkisivuverhouksissa. Seuraavassa esitetään kivilaatan mitoituksen periaatteet.

a) Taivutus

Taivutustarkastelussa otetaan huomioon tuulikuorma ja kivilaatan omapaino. Kivilaatta oletetaan nurkistaan vapaasti tuetuksi. Kivilaatan sallittu taivutus-vetojännitys lasketaan testitulosten keskiarvosta käyttäen 3...5-kertaista varmuutta kiven murtumiselle. Taivutusvetojännityksiä tarkastellaan kuvassa 3-11 esitetyissä pisteissä A ja B. Pidemmän sivun keski-pisteessä A pätee:

$$\sigma_{tA} = \sigma_{twA} + \sigma_{tgA} \quad (1),$$

$$\sigma_{twA} = 6 \cdot q_w \cdot l_y \cdot l_x \cdot 10^{-3} / (m_{yr} \cdot d^2) \quad (2), \text{ missä}$$

σ_{twA} = tuulenpaineesta pisteeseen A syntyvä taivutusvetojännitys (N/mm²)

q_w = tuulikuorma (kN/m²)

l_y = laatan pituus (mm)

l_x = laatan leveys (mm)

m_{yr} = momenttiluku kuvasta 3-12

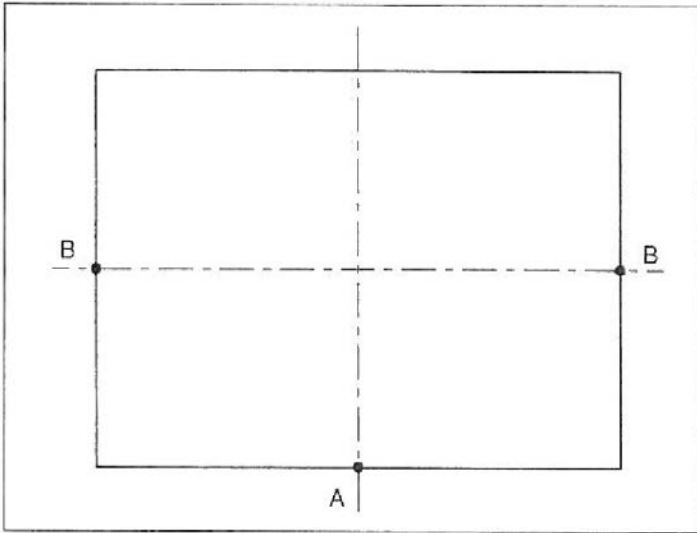
d = laatan paksuus (mm)

$$\sigma_{tgA} = 7,5 \cdot G \cdot 10^4 / (n_y \cdot l_y \cdot d) \quad (3), \text{ missä}$$

σ_{tgA} = laatan omapainosta pisteeseen A syntyvä jännitys (N/mm²)

G = laatan omapaino (kN)

n_y = momenttiluku kuvasta 3-13



Kuva 3-11. Luonnonkivilaatan mitoitus, jännitysten tarkastelupisteet A ja B.

Vastaavasti saadaan taivutusvetojännitys lyhemmän sivun keskipisteessä B seuraavasta kaavasta:

$$\sigma_{twB} = 6 \cdot q_w \cdot l_y \cdot l_x \cdot 10^{-3} / (m_{xr} \cdot d^2) \quad (4), \text{ missä}$$

σ_{twB} = tuulenpaineesta pisteeseen B syntyvä taivutusveto jännitys (N/mm²)

q_w = tuulikuorma (kN/m²)

l_y = laatan pituus (mm)

l_x = laatan leveys (mm)

m_{xr} = momenttiluku kuvasta 3-14

d = laatan paksuus (mm)

b) Tappilohkaisu

Tuulikuormasta aiheutuu kiinnityspisteisiin vaaka-suora kuorma, jonka suuruus saadaan laskennallisesti jakamalla kivilaatan pintaan kohdistuva kokonaiskuorma kiinnikkeiden määrällä. Tavallisesti kiinnityspisteitä on neljä, jolloin

$$F_w = A \cdot q_w / 4 \cdot 10^{-3} \quad (5), \text{ missä}$$

A = kivilaatan pinta-ala (mm²)

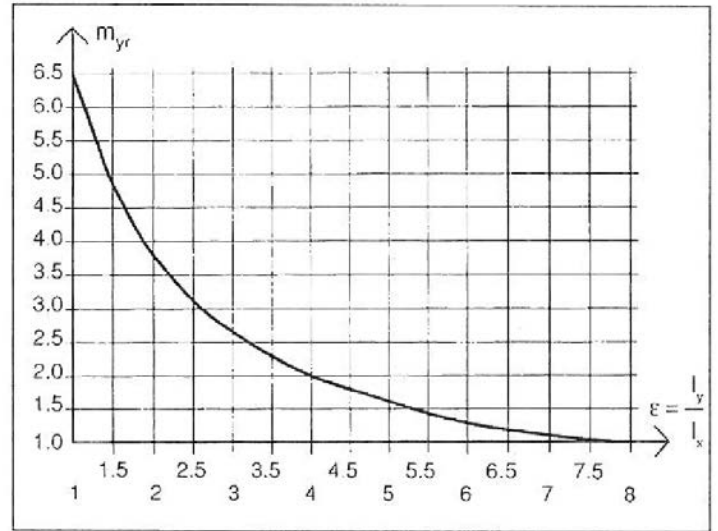
q_w = tuulikuorma (kN/m²)

Pystysaumassa laatan omapaino jaetaan kahdelle alemmalle kiinnityskohdalle, jolloin kiinnityspisteessä vaikuttaa pystysuora voimakomponentti

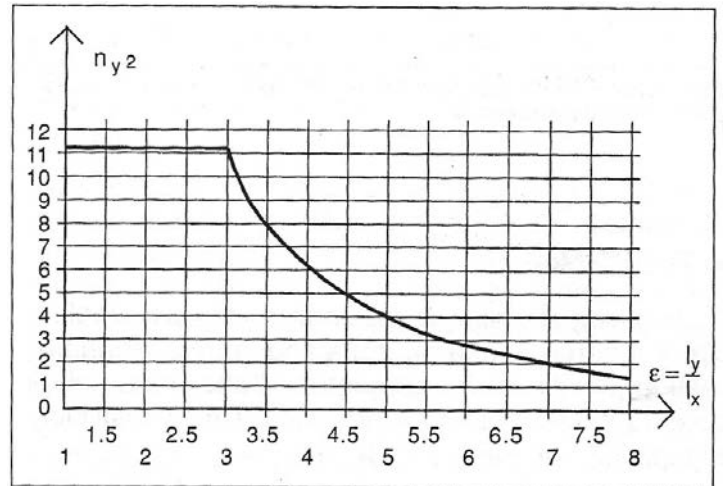
$$F_g = G/2 \quad (6)$$

Kiinnityspisteen kuormaresultantiksi saadaan

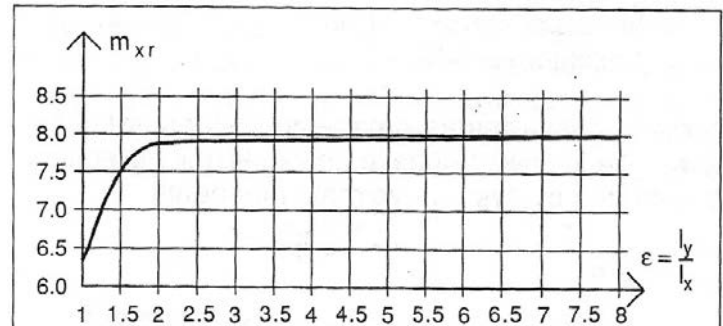
$$F_R = \sqrt{F_w^2 + F_g^2}$$



Kuva 3-12. Momenttiluku m_{yr}



Kuva 3-13. Momenttiluku n_{y2} .

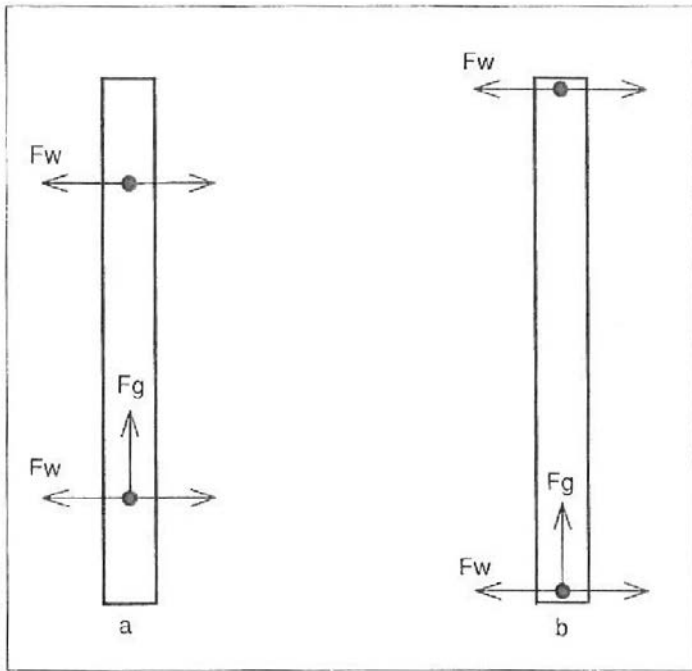


Kuva 3-14. Momenttiluku m_{xr}

Kuormaresultantin F_R suuntakulman tangenti saadaan seuraavasti

$$\tan \alpha = F_w / F_g$$

Vaakasaumakiinnityksessä laatan omapaino ei kuormita kiinnitystappeja. Kiinnityspisteistä kuormittavat tavallisesti vain tuulikuorma ja erikoistapauksissa liikennekuormat ja lumikuorma.



Kuva 3-15. Kiinnityspisteissä kiveen kohdistuvat voimat, a) pystysauma b) vaakasauma

Mitoitusehto on, että

$$F_R \leq F_{sall}$$

Taulukossa 3-1 on annettu tyyppillisen lujan ja ehyen rakennuskivigraniitin kiinnitystapin sallitut kuormitukset, kun graniitin sallitun vetojännityksen arvo on 3 MPa.

reunaetäisyys (mm)	F_{sall} (N)
10	650
15	1500
20	2600

Taulukko 3-1. Tyyppillisen lujan ja ehyen graniitin sallittuja tappikuorkia F_{sall}

Kivilaatan mitoituksen pääsääntö on, että käytettäessä lujaa ja ehjää julkisivukiveä, saadaan kivilaatan julkisivun sileäpintaisille verhouslaatoille normaalisti varsin hyvä rakenteellinen varmuus, kun laattojen paksuus on 30 mm. Tämä paksuus on myös useimpien kiinnitystekniikoiden kannalta riittävä. Kivilaatan paksuutta lisätään mm. seuraavista syistä

- poikkeuksellisen suuri kuormitus,
- kiven pieni taivutusvetolujuus,
- suuri kiven lujuuden testitulosten hajonta,
- poltettu tai ristipäähakattu pintakäsittely.
- suuri laattakoko,
- asennustekniikasta johtuva vaatimus.

Eräillä marmoreilla, kuten Carraran valkoisella marmorilla on taipumus käyristyä ilmastorasitusten alaisena. Ilmiö liittyy tavallisesti kiven rapautumiseen. Tällaisten kivien käyristymää voidaan jossain määrin hillitä käyttämällä pientä laattakokoa ja

tavallista suurempaa kivipaksuutta. Säänkestävät luonnonkivet kuten graniitit eivät käyristy julkisivussa, joten kivi-laattojen paksuuden lisäys tästä syystä ei ole tarkoituksenmukaista.

Käytännössä julkisivulaattojen paksuudet vaihtelevat yleensä välillä 30 - 40 mm. Kiven paksuuden mitoituksessa käytetään mahdollisuuksien mukaan valitulle kivelle laboratoriotesteissä saatuja taivutus-vetolujuuden ja lohkaisukokeen tuloksia ja murtoarvojen hajontaa. Kun kiven pintakäsittely on poltettu, tai ristipäähakattu vähennetään laskelmissa kivilaatan tehollisesta poikkileikkauksesta 2 mm. Kiven tarkka mitoitus kannattaa, sillä ylimääräinen paksuus aiheuttaa lisäkustannuksia kivilaatalle ja kiinnitysrakenteille. Toisaalta kiven alimitoituksesta seuraa, että kiviverhouksen rakenteellinen varmuus alenee.

Reunakiinnitys voidaan tehdä toispuoleiseksi, mikäli kivilaataan kohdistuvat vaakakuormat ovat selvästi toispuoleisia, kuten esimerkiksi kallistetussa tai roikkuuissa laatoissa. Kiinnitysreiän nimellisen reunaetäisyyden syvyysuunnassa tulee kuitenkin aina olla vähintään 10 +₋ 1 mm.

Mittatarkkuus

Luonnonkiviteiden mittatarkkuus on muuratuissa massiivirakenteissa ollut perinteisesti suhteellisen vaatimaton. Viimeisten vuosikymmenien aikana kiviteollisuuden työstökoneiden ohjauksjärjestelmät ja mitta-tarkkuus on parantunut huomattavasti. Kalibroittujen ohutlaattojen toleranssi on nykyisin yleisesti ± 0,5 mm. Projektikohtaisesti on mahdollista päästä tätäkin tarkempaan mittoihin, joskin lisätarkkuus nostaa kiven hintaa.

RYL 90:ssa määritellään kivilaattojen mitat ja mitta-tarkkuus seuraavasti:

”Luonnonkivilaattojen tulee mitoiltaan olla sellaisia, että ne asiakirjojen mukaisesti kiinnitettyinä kestävät moitteettomina käyttökohteen rasitukset.”

”Luonnonkivilaattojen mitoissa saa olla ainoastaan sellaisia poikkeamia, että laatat voidaan kiinnittää asiakirjojen määräysten mukaisesti.”

”Julkisivuverhouksissa luonnonkivilaattojen paksuudessa saa olla ainoastaan sellaisia poikkeamia, jotka eivät huononna laattojen takana olevan tuuletusvälin eivätkä kiinnikkeiden toimintaa. Laattojen suorakulmaisuuksien tarkkuuden tulee olla niin hyvä, että sauman leveys ei häiritsevästi muutu.”

Vaatimukset on ilmaistu sanallisesti ja varsin väljästi. Toleranssivaatimuksia täydennetään RYL 90:ssa rakennusosakohtaisissa vaatimuksissa seuraavasti:

	Tavanomaiset laatat	Kalibroidut ohutlaatat
sivumitat:	$\pm 2,0$	$\pm 0,5$
paksuus:		
– sileä pinta	$\pm 2,0$	$\pm 0,5$
– karkea pinta	$\pm 3,0$	$\pm 1,5$

Taulukko 3-2. Julkisivun luonnonkivilaattojen toleranssit (mm).

”Suurin sallittu hammastus samassa tasossa olevien viereisten hiottujen laattojen välillä saa olla enintään 2 mm ja karkeapintaisten laattojen välillä enintään 3 mm, ellei asiakirjoissa toisin määrätä. Saumaleveyden poikkeama nimellismittasta saa olla enintään ± 3 mm.”

Taulukossa 3-2 on esitetty julkisivun luonnonkivilaattojen suositeltavat toleranssit. Tapauskohtaisesti voidaan sopia joko väljemmistä tai tiukemmista vaatimuksista, mikäli se rakenteen toteutuksen kannalta on tarkoituksenmukaista. Turhaa mittatarkkuutta kannattaa välttää, koska kivitäissä toleranssin väljentämisellä voi olla merkittävä vaikutus kiven hintaan. Laatan näkyvät reunat kalibroidaan. Kivilaatan mittatarkkuusvaatimusta ovat omiaan tiukentamaan myös kiillotettu pintakäsittely ja pieni saumaleveys. Tavanomaisessa tuulettussa julkisivussa, jossa verhouksen takana on tuuletusväli, ei ole tarpeen vaatia kivilaatan paksuudelta kovin hyvää mittatarkkuutta. Toleransseja määriteltäessä tulee kuitenkin muistaa, että laatan vähimmäispaksuus on nimellismitta vähennettynä miinustoleranssilla. Esimerkiksi, kun kivi-laatan vähimmäispaksuudeksi on määriteltä 30 mm ja toleranssi on ± 2 mm, esitetään mittatarkkuus 32 ± 2 mm.

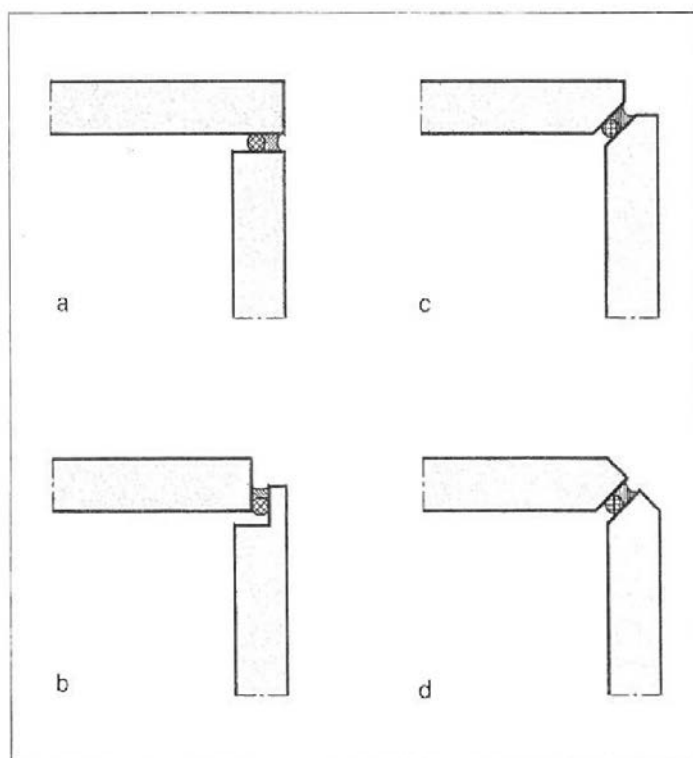
Laatan ristimittojen tarkkuuden tulee olla niin hyvä, että saumaleveyden vaihtelu pysyy sallituissa rajoissa. Muita vaatimustasoon vaikuttavia tekijöitä ovat laatan muoto ja sauman leveys. Käytännössä vaatimuksena ristimittojen tarkkuudelle voidaan pitää toleranssia $-F 2,0$ mm.

Julkisivuverhouksen nurkkien muotoilu

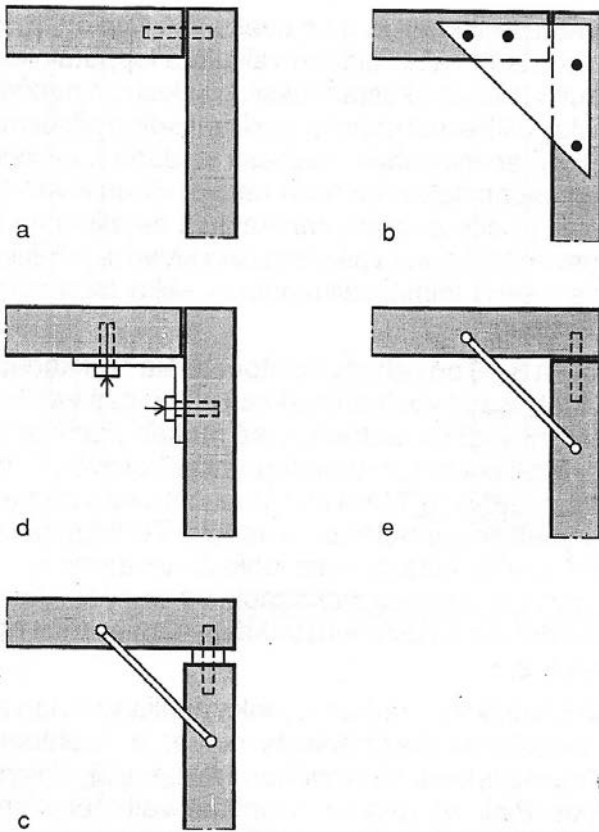
Luonnonkivijulkisivussa on useita yksityiskohtia, joiden ratkaisutavalla voidaan vaikuttaa lopputuloksen laatuun ja toteutuskustannuksiin. Julkisivun nurkat ja tasosta poikkeavat muodot sekä aukkojen pielet ovat tyypillisiä erikoiskohtia. Yleisesti voidaan suositella, että jo suunnitteluvaiheessa neuvotellaan kiven toimittajan ja elementtitehtaan kanssa detaljien eri toteutusvaihtoehtojen vaikutuksesta kiven ja julkisivun hintaan sekä toimitusaikatauluun sekä lopputuloksen laatuun.

Kuvassa 3-16 on esitetty vaihtoehtoisia nurkkadetaljeja. Mallissa a) voidaan nurkkaa elävöittää vaihtelemalla limitystä eri laatutariveissä nurkan puolelta toiselle. Mallissa b) tarvitaan reunan erikoistyöstö vain toisessa laatussa. Mallit c) ja d) edustavat symmetrisiä jiirimäisen nurkan toteutustapoja. Terävä jiirinurkka ei ole suositeltava kiven lohkeamisvaaran ja erittäin suuren toleranssivaatimuksen vuoksi. Kuvan nurkkadetaljien kustannustarkastelu on esitetty kohdassa 6.2.

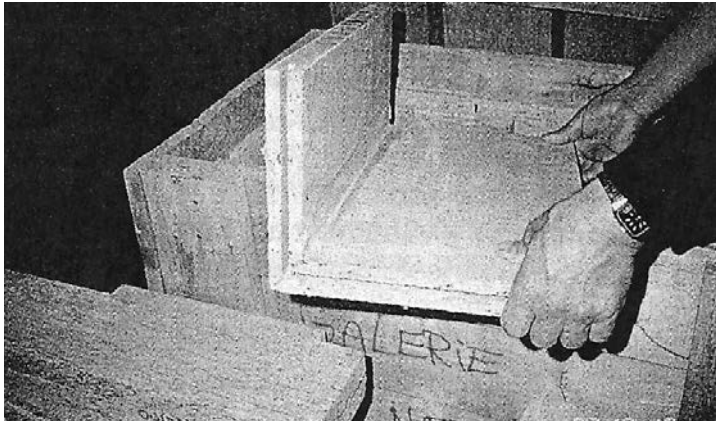
Pielikivinurkka on ratkaisu, jonka avulla voidaan antaa vaikutelma massiivisesta nurkasta. Vaihtoehto on yleensä taloudellisempi kuin vastaavatäyskivinen nurkka. Pielikivi voidaan kiinnittää vaihtoehtoisesti emolaatan pysty- tai vaakareunaan kuvassa 3-17 esitetyillä menetelmillä. Menetelmä a) soveltuu pieneten ($l < 120$ mm) pielikiven kiinnitykseen. Siinä pielikivi leimataan reaktiivisella liimalla kiinni emolaatan takapintaan. Liitos varmistetaan ruostumattomilla, noin 300 mm välein sijoitettavilla terästapeilla. Pitempien pielikivien kiinnityksessä voidaan käyttää kuvien b), c), d) tai e) mukaista kiinnitystä. Mallissa b) tappikiinnitys varmistetaan kulman jäykkyyttä lisäävällä saumaan sijoitettavalla diagonaaliteräksellä, joka taivutetaan ja liimataan kivilaatan reunaan porattuihin reikiin. Mallissa c) järjestetään pielikiven ja emolaatan välille sovituspalkan avulla normaalin levyinen sauma. Vaihtoehdossa c) pielikivi kiinnitetään emolaattaan saumaan asennettavalla kolmion muotoihin. Jäykin kulmaratkaisu saadaan kuvan d) menetelmällä, jossa kivilaattojen takapintaan kiinnitetään kiila-ankkureilla kulmateräskappale. Pielikivirakenteen siisti lopputulos edellyttää erittäin hyvää huolellisuutta ja kiven mittatarkkuutta. Sivusaumaa käytettäessä viereisen laatan



Kuva 3-16. Nurkkadetaljeja.



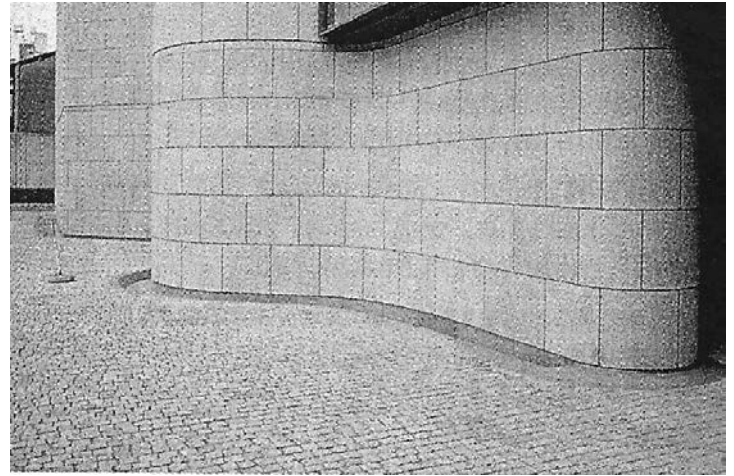
Kuva 3-17. Pielikivinurkan toteutustapoja.



Kuva 3-18. Esimerkki pielikivikiinnityksestä



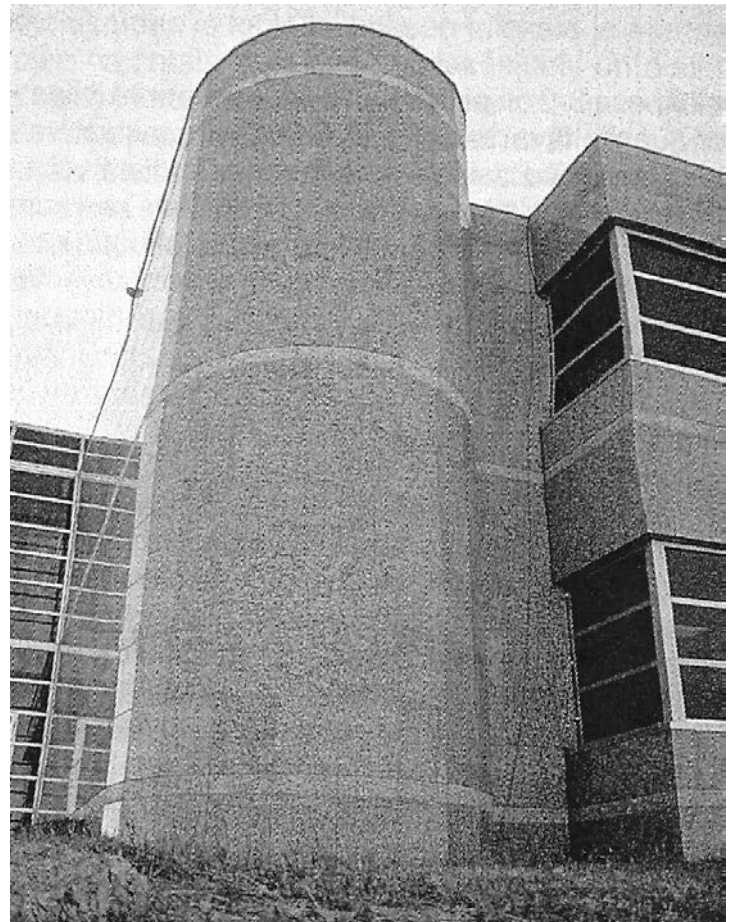
Kuva 3-19. Kuvassa 3-18 esitetyllä kivellä toteutettu nurkka.



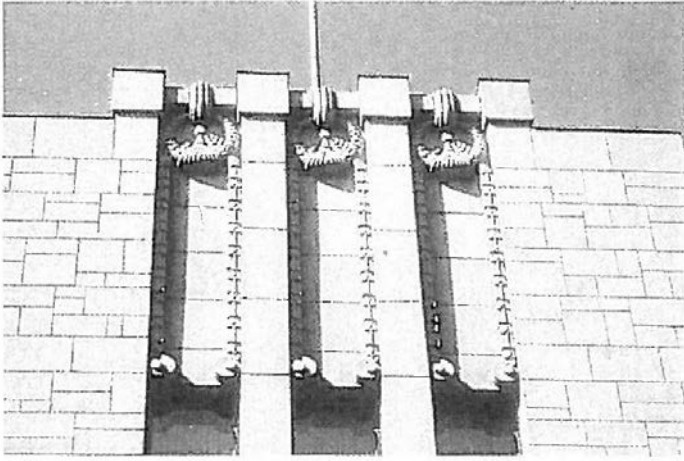
Kuva 3-20. Kaareva kivipinta luo massiivisen vaikutelman.

näkyvä reuna on kalibroitava mittatarkaksi. Pielikiven paino tulee huomioida emolaatan kiinnitysten suunnittelussa.

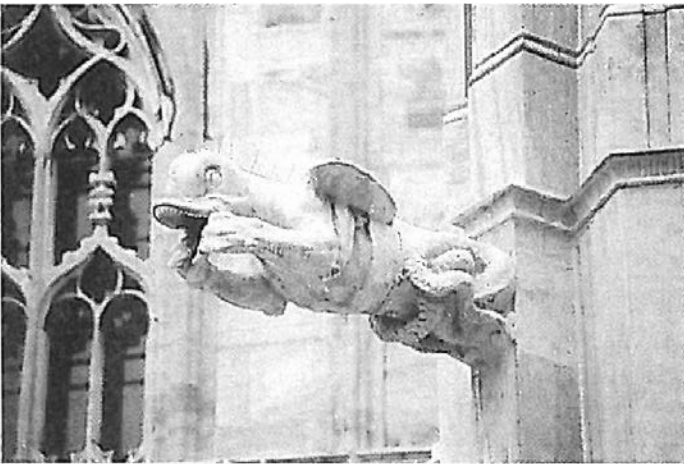
Suomalainen rakennuskiviteollisuus on viime vuosina kehittänyt rakennuskivien tuotantotekniikkaa. Myös kaarevien ja muiden erikoispintojen sekä kuvanveistoon asti ulottuva kivipinnan kuviointi voidaan toteuttaa kotimaisin voimin. Suunnittelijan on kuitenkin hyvä muistaa, että poiketessa suorakulmaisesta



Kuva 3-21. Kaareva pinta voidaan toteuttaa edullisesti murtoviivana suorilla kivilaatoilla.



Kuva 3-22. Graniittisia detalleja Helsingin arvopaperipörssin julkisivussa.



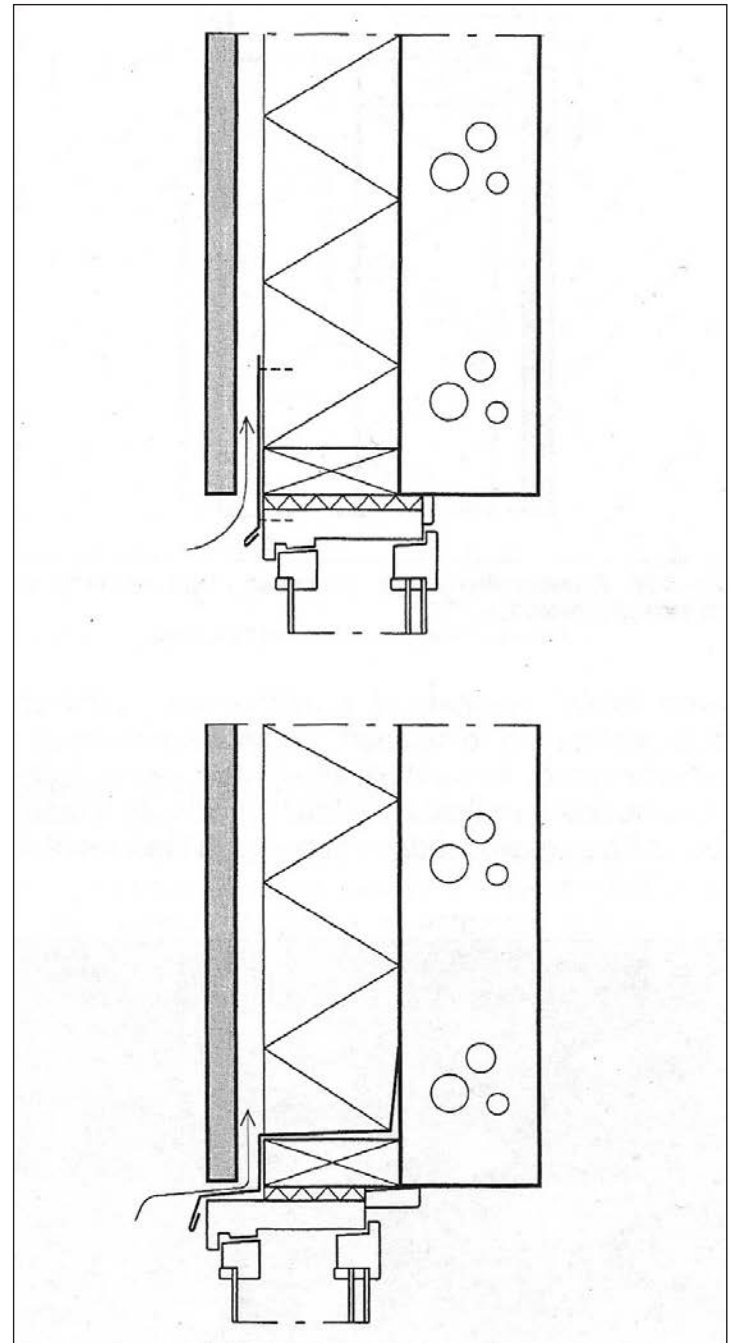
muodosta, jonka tuotanto voidaan toteuttaa varsin rationaalisesti, kivilaatan valmistuskustannus saattaa nousta yllättävän paljon. Esimerkiksi kaarevan kiillotetun kivipinnan hinta on noin nelinkertainen vastaavan kokoiseen suoraan laattaan verrattuna. Pieni kaarevuussäde on kalliimpi kuin suuri. Kupera ulkopinta on edullisempi kuin kovera. (ks. 6.2)

3.3 Rakenteelliset näkökohdat

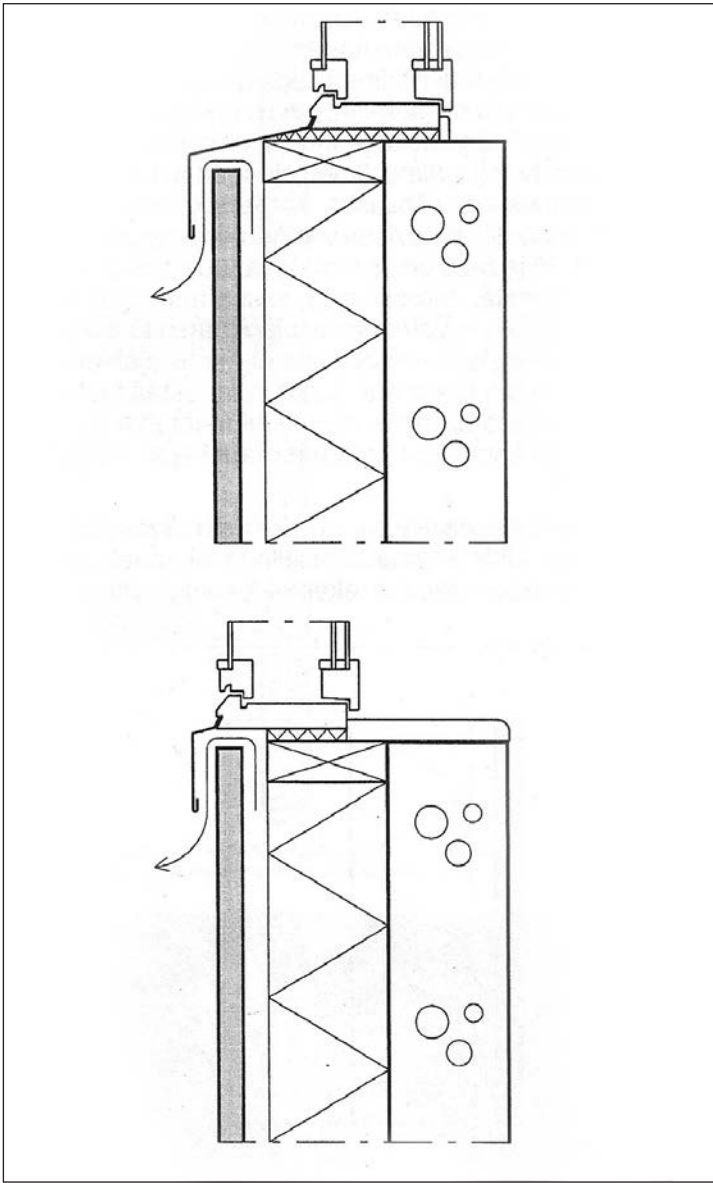
Tuuletuksen suunnittelu

Tiivispintainen luonnonkivillä verhottu ulkoseinärakenne tuuletetaan julkisivupinnan taakse sijoitettavan tuuletusvälin avulla. Tuuletusvälin tehtävä on kuljettaa ulos rakennekosteus sekä huonetiloista ja ulkoisista lähteistä seinärakenteeseen päässyt ulko-seinärakenteen toiminnalle haitallinen vesihöyry ja kosteus. Tuuletusvälin nimellismitta on 30 mm. Kuvassa 3-24 on esitetty tuuletetun ulkoseinärakenteen poikkileikkaus ja rakennusfysiikkaalinen toiminta. Kivipintaisten betonielementtien tuuletusratkaisut esitetään kohdassa 3.5.

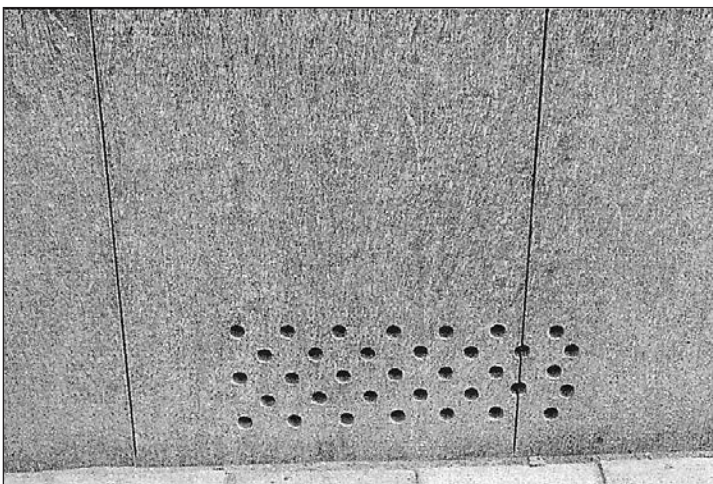
Tuuletusvälin yhteyden ulkoilmaan tulee olla riittävä, mutta tuuletusaukot tulee suunnitella siten, että sadevesi ja lumi eivät niiden kautta pääse seinärakenteeseen. Tuuletusvälin toiminta edellyttää, että ilman riittävä sisääntulo on järjestetty verhouksen alaosaan, ikkunoiden yläpuolelta ja muista soveliaista kohdista. Vastaavasti tuuletusilman ulospääsy tulee järjestää verhouksen yläosassa esimerkiksi räystään alta ja ikkunapellin tai kivisen vesipenkin alapuolelta. Kuvissa 3-25 ja 3-26 on esimerkkejä tuuletusaukkojen toteutuksesta. Julkisivuissa, joissa tuuletusaukkojen järjestäminen verhouksen alaosaan on hankalaa, esimerkiksi kun verhous jatkuu maanrajan alapuolelle, voidaan harkinnan mukaan järjestää tuuletusilman sisäänotto myös avoimiksi jätetyn pystysauman tai kiven läpi porattujen aukkojen kautta (kuva 3-27).



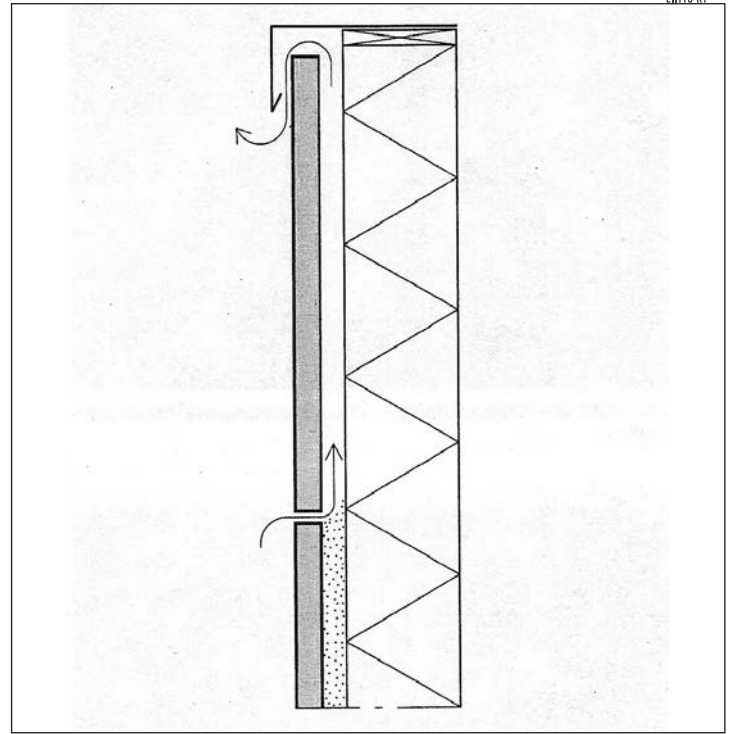
Kuva 3-25. Tuuletusvälin yhteys ulkoilmaan, ilman sisäänotto aukkojen yläosassa.



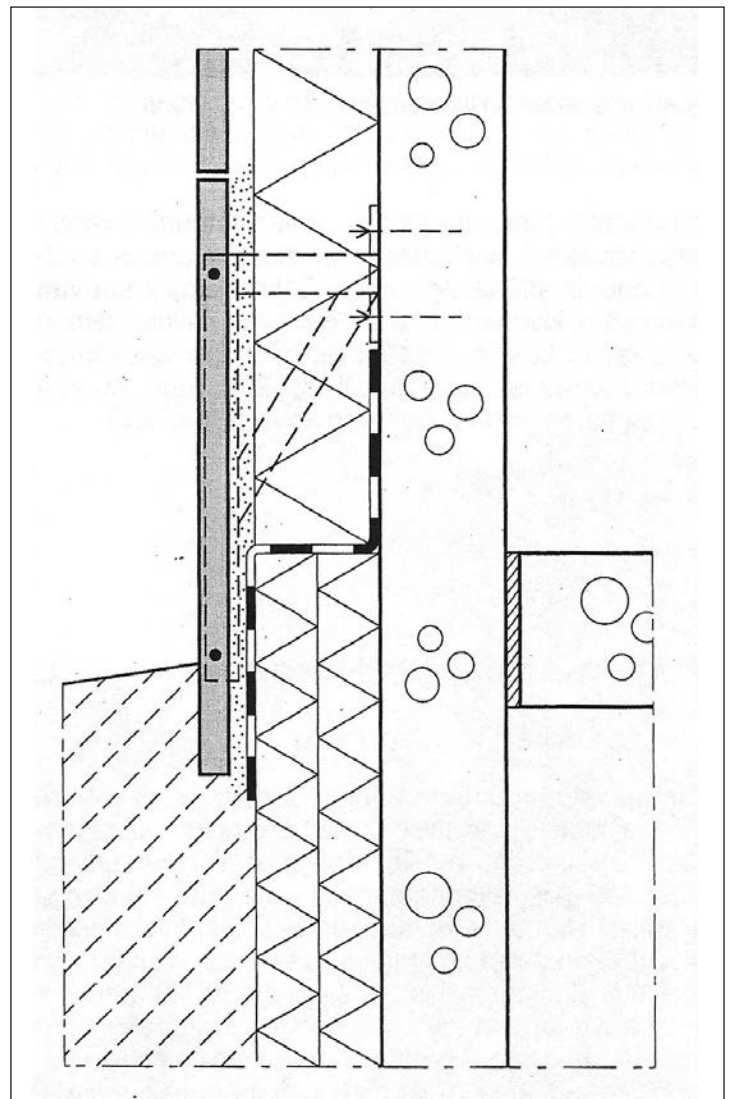
Kuva 3-26. Tuuletusvälin yhteys ulkoilmaan, ilman ulos johtaminen aukkojen alaosaan.



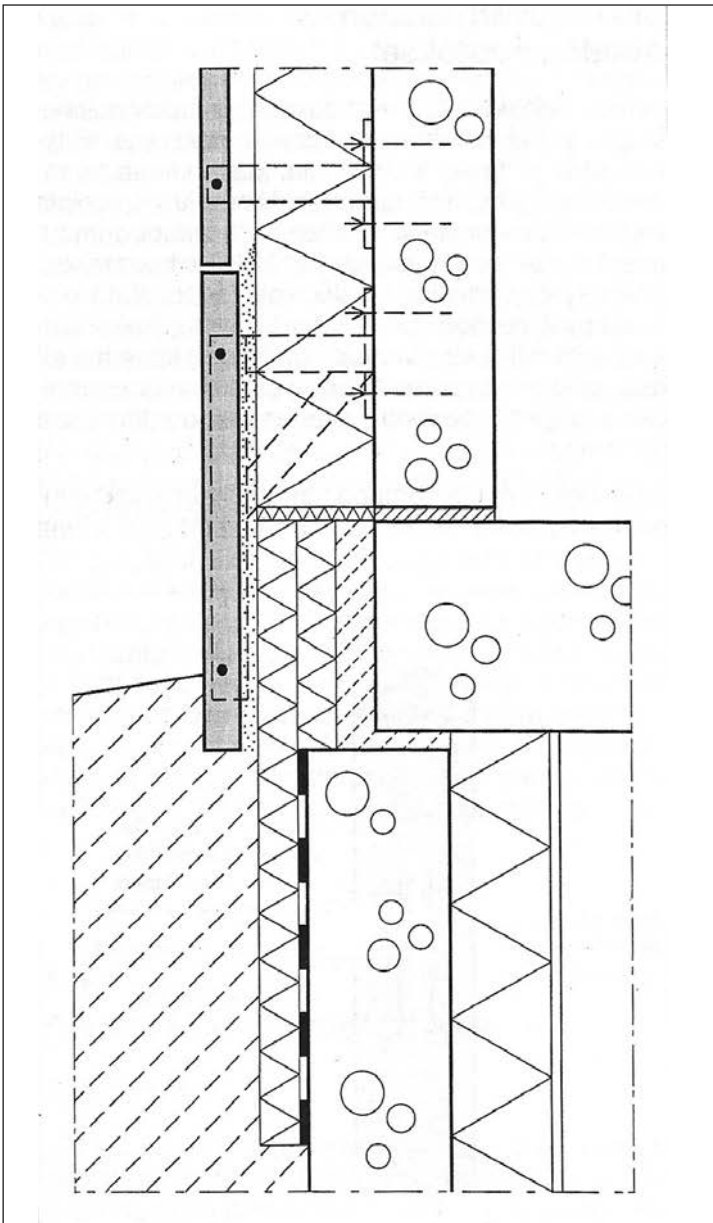
Kuva 3-27. Tuuletusilman sisäänotto verhouksen alaosaan kiven läpi porattujen reikien kautta.



Kuva 3-22. Tuuletettu luonnonkivipintainen julkisivurakenne, tuuletuksen periaate.



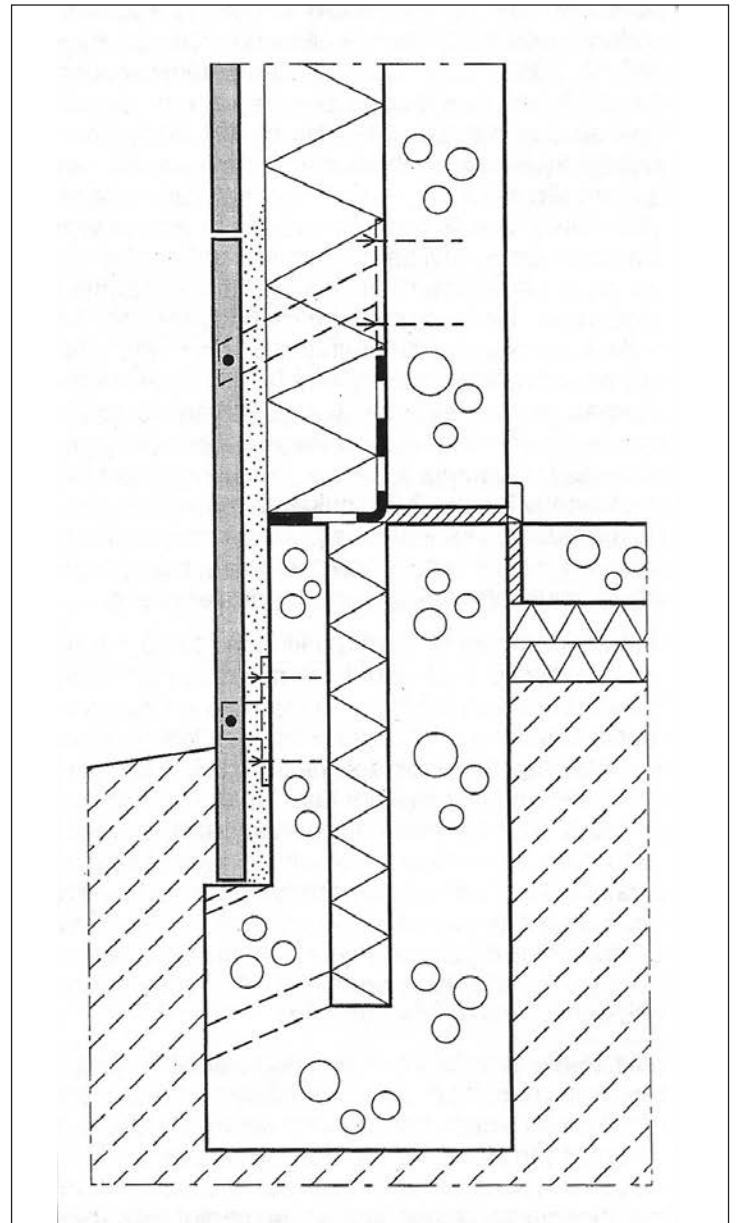
Kuva 3-28. Luonnonkiviverhouksen alimman laatan kiinnitys ja taustatuenta.



Kuva 3-29. ttKivilaatan paksuutta voidaan tarvittaessa lisätä verhouksen alaosassa.

Julkisivuverhouksen alaosa on muuta seinäverhousta enemmän alttiina likaantumiselle ja liikennekuormille. Verhouksen alaosan rakenteiden suunnittelussa on lisäksi kiinnitettävä erityishuomio julkisivun kosteustekniseen toimintaan. Verhouksen alaosalta asetetaan myös korkeat ulkonäkövaatimukset. Sokkeliverhouksen kivilaatat tuetaan tavallisesti taustavaluilla. Taustavalu tehdään harvaksi ja läpäiseväksi käyttämällä valussa esimerkiksi maakostea betonimassaa. Näin voidaan vähentää kiven läpi kulkeutuvan kosteuden aiheuttamaa kivipinnan värjäytymistä. Vettä läpäisevä taustavalu mahdollistaa lisäksi seinärakenteeseen tunkeutuneen ja kiven takapintaan kondensoituneen veden johtamisen ulos verhouksen alaosasta.

Kuvassa 3-28 kivilaatta kannatetaan sokkelin vesieristyksen yläpuolelta erikoiskannattimella. Taustavalu nostetaan ensimmäisen vaakasaumalinjan ala-reunan tasolle, jolloin tuuletusvälin



Kuva 3-30. Kivilaatan kannatus sokkelirakenteessa.

ilman sisäänotto voidaan järjestää pystysauman kautta. Kuvassa 3-29 on elementtirakenteisen rungon sokkelidetallji, jossa alin kivilaatta on mitoitettu liikennekuormia silmälläpitäen muuta verhousta paksummaksi. Sokkeliverhouksessa kivilaatta voidaan kannattaa myös rakennuksen perustuksista kuvan 3-30 mukaisesti. Kuvassa kivilaatan kiinnitys varmistetaan lisäksi mekaanisilla kannattimilla. Kivilaatan tulee ulottua vähintään 100 mm maanpinnan tason alapuolelle.

Saumojen suunnittelu

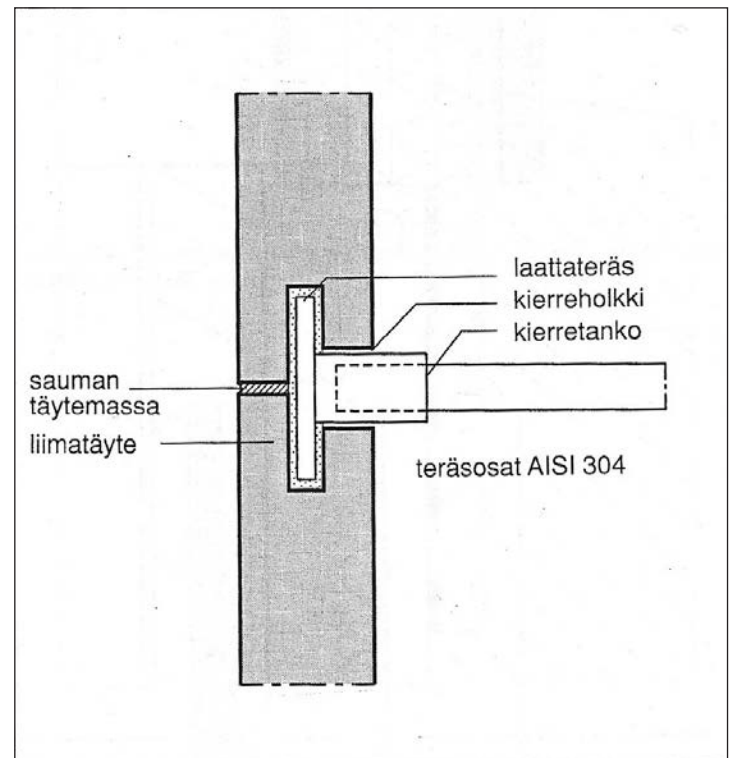
Suomen ilmastossa luonnonkivipintaisen julkisivun tiiveys varmistetaan käytännössä tiivistämällä julkisivuverhouksen saumat. Näin estetään sadeveden ja lumen pääsy seinärakenteeseen. Muurattujen kivirakenteiden saumoissa on käytetty kovettuvia

kalkki- ja sementtipohjaisia laasteja. Tuuletuissa julkisivuverhouksissa kivilaattojen väliset saumat ovat toiminnaltaan liikuntasauvoja, joten niissä tulee käyttää elastisia saumaustarvikkeita. Teoriassa kiviverhouksen saumat voi jättää avoimiksi. Tällöin on kuitenkin varmistettava muilla rakenteellisilla tavoilla kiviverhouksen takana olevan seinärakenteen ulko-pinnan sateenpitävyys. Ulkomailla (mm. Saksa ja Norja) on tietyissä olosuhteissa sallittu myös avosauvojen käyttö, mutta meidän ilmastossamme niiden käyttö ei ole suositeltavaa.

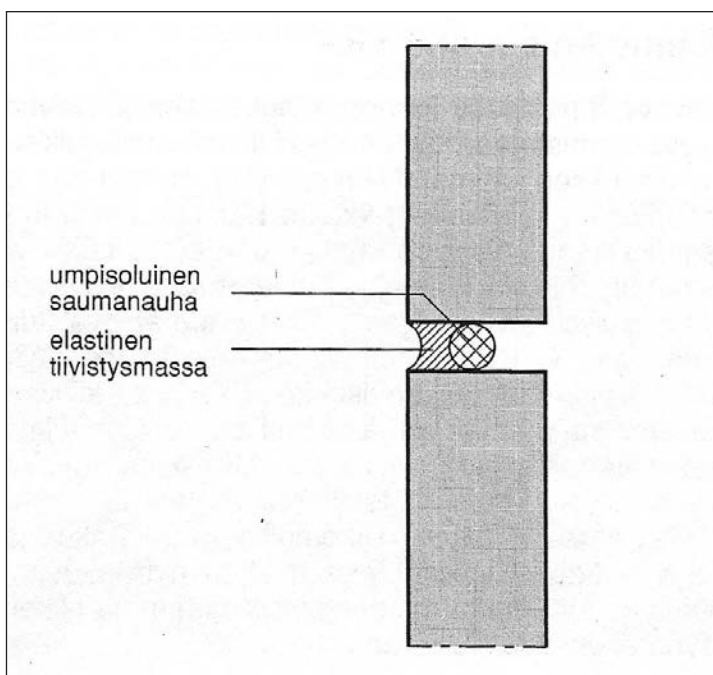
Kivilaattasaumat mitoitetaan niin, että saumassa on tilaa kiinnikkeille, kivilaattojen mittapoikkeamille ja riittävä liikevara rakenteosien lämpö- ja kosteus-muodonmuutoksille. Nyrkkisääntönä voidaan käytännössä pitää, että sauman vähimmäisleveyden tulee olla kiinnitysteräksen paksuus + 5 mm. Suositeltava saumaleveys on 10 -12 mm: RYL 90 mukaan saumaleveyden poikkeama nimellislevydestä saa olla enintään ± 3 mm. Kapeat saumat vaikeuttavat käytännössä kivijulkisivun toteutusta ja aiheuttavat lisäkustannuksia. Kivilaattojen mittapoikkeamat näkyvät myös helpommin häiritsevästi kapeaa saamaa käytettäessä. Periaatteessa on mahdollista upottaa kiinnike kiven reunaan työstettyyn koloon, mutta työstöistä aiheutuu lisäkustannuksia ja kiven paksuutta saatetaan joutua reunataskuja käytettäessä lisäämään. Betonielementeissä voidaan tietyin edellytyksin käyttää kapeampia saumoja. Vuolukivijulkisivuissa on käytetty kuvan 3-32 mukaista muurattua saamaa kerroksittain kannatetuissa verhouksen osissa. Kuvassa 3-33 on esitetty vaihtoehtoisia tapoja kivi-laattaverhouksen vaakasuman muotoilemiseen.

Kivilaattasaumojen tiivistystarvikkeiden tulee yleensä olla elastisia ja aina laadultaan sellaisia, että niistä ei kulkeudu kiveen

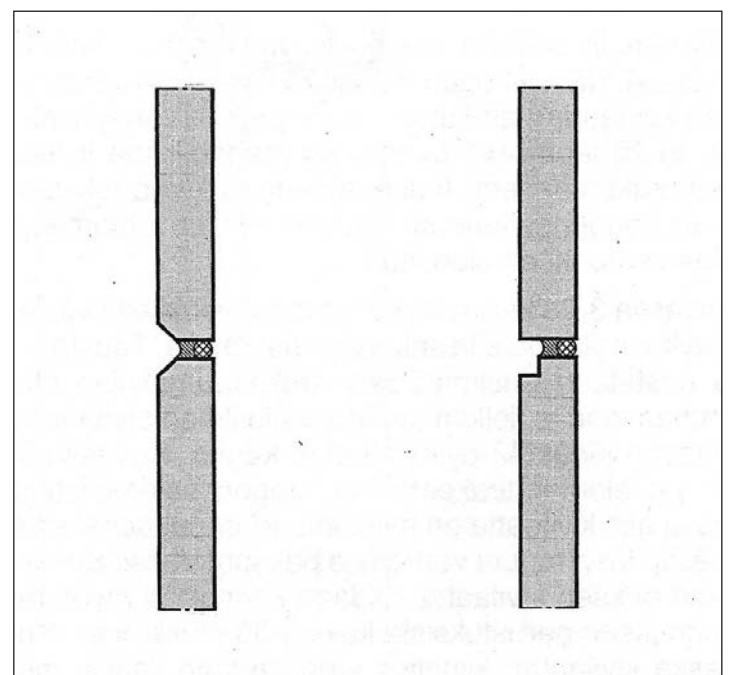
tahrivia ja kivipintaa rumentavia aineosia kuten mineraaliöljyä. Etikkahappopohjaisia silikonimassoja tulee tästä syystä välttää. Valmistajan ohjeiden mukaisesti käytetään tarvittaessa erillistä primeria saumamassan tartunnan parantamiseksi. Saumaan asetetaan umpisoluihin pohjanauha, jota vasten saumamassa levitetään. Saumauksessa on varottava tahrasta kivilaattojen reunoja. Tiivistysmassojen myötämiskyky on huomioitava sauman mitoituksessa, jotta sauman yli ei siirry muodonmuutosten seurauksena kuormia.



Kuva 3-32. Muurattu sauma itsekantavassa vuolukiviverhouksessa.



Kuva 3-31. Tyypillinen kivilaattaverhouksen saumadetalji.



Kuva 3-33. Julkisivuverhouksen vaakasuman vaihtoehtoisia toteutustapoja.

Työläs, mutta mahdollinen menetelmä elastisen saumamassan muovisen ulkonäön häivyttämiseen, on hienojakoisen hiekan levittäminen kovettumattoman saumamassan pintaan ennen sen kovettumista. Tällöin elastisen sauman pinta saadaan muistuttamaan sementtipohjaista saumausta. Kivilaattapintaisten betonielementtien saumoissa voidaan käyttää myös avosaumaa ja kovaa, sementtipohjaista saumaa (ks. 3.5. sivu 84).

Julkisivuverhouksen muodonmuutokset

Kiviverhouksessa tai verhouksen ja rakennuksen rungon välillä tapahtuu muodonmuutoksia ja siirtymiä, jotka johtuvat lämpötilasta, kosteudesta tai rakenteiden siirtymistä. Luonnonkivinen julkisivupinta suunnitellaan joustavaksi siten, että muodonmuutokset voivat tapahtua ilman, että kiviverhousrakenteisiin syntyy haitallisia pakkovoimia. Neljästä pisteestä pystyreunoista kiinnitetyn kivilaatan kaksi kiinnikettä (tavallisesti ylemmät kiinnikkeet) tulee haitallisten pakkovoimien syntymisen estämiseksi suunnitella siten, että ne ovat kivilaatan tason suunnassa joustavia.

Luonnonkiven lämpömuodonmuutokset ovat suhteellisen pieniä, mutta ne voivat estettynä johtaa vakaviin vaurioihin. Kivien pituuden lämpötilakertoimet vaihtelevat välillä $0,5 - 0,9 \text{ } 11^{\circ}\text{C} \cdot 105$. Tumman kivipinnan lämpötilavoit meidän ilmastossamme nousee kuumalla kesähelteellä $+ 70^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. Talvella kiven lämpötila voi vastaavasti pudota $- 40^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. Käytännössä 10 m pituisen kivrakenteen vuotuinen pituudenmuutos voi siis olla noin 10 mm. Äkilliset lämpötilanmuutokset kiven ulkopinnassa, esimerkiksi ukkossateella, voivat aiheuttaa kiviverhoukseen käyristäviä pakkovoimia. Tietyillä marmoreilla on taipumus käyristyä huomattavasti kastuessaan toispuolisesti. Käyristymä palautuu yleensä kiven kuivuessa, mutta esimerkiksi tausta-valun yhteydessä saattaa esiintyä haitallista laattojen käyristymistä. Käyristymää voidaan hillitä käyttämällä paksumpaa kiveä tai käsittelemällä kiven takapinta kiven pintaa tiivistävällä aineella.

Betonirungon viruminen siirtyy kiviverhoukseen kiinnikkeiden kautta. Riittämätön liikevara verhouksen vaakasauoissa voi johtaa kivipinnan kuormittumisen kautta kivilaattojen lohkeamiseen, putoamiseen ja jopa koko verhouksen purkamiseen. Rakennuksen perustusten tai verhoukseen liittyvien rakennosien muodonmuutokset tai siirtymät huomioidaan suunnittelemalla rakenteiden liitoskohtiin liikevara ja käyttämällä tarvittaessa elastista saumausta.

3.4 Kivien kiinnitystekniikka

Johdanto

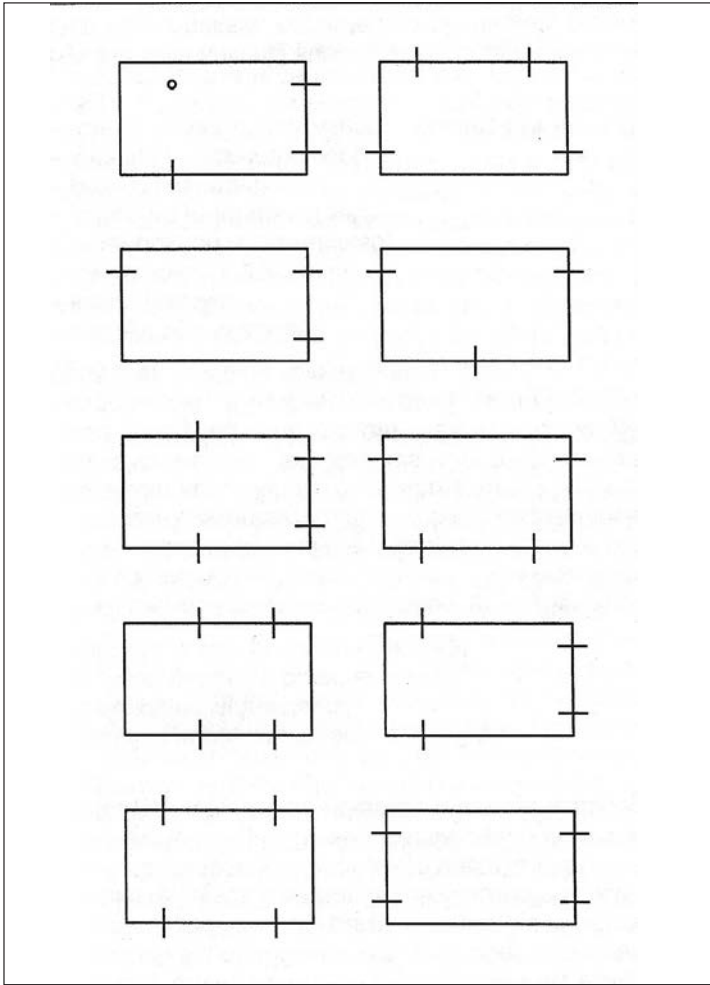
Luonnonkivijulkisivun arkkitehtuurille on ominaista vaihtelevuus. Kivilaattojen koot, kivien limitys ja julki-sivun muotoilu toteutetaan kussakin kohteessa yksilöllisesti, vakioratkaisuja ei juuri ole. Luonnonkivi on joustava ja monimuotoinen julkisivumateriaali, joka tarjoaa hyvät mahdollisuudet vaihtelevaan suunnitteluun. Tästä seuraa toisaalta, että kivien kiinnitys ja rakenneratkaisut vaihtelevat tapauksittain.

Luonnonkivijulkisivu voidaan toteuttaa rakenteellisesti useilla eri tavoilla. Toteutustapa valitaan olo-suhteiden mukaan siten, että saavutetaan laadullisesti, ajallisesti ja taloudellisesti tavoitteiden mukainen lopputulos. Ohuista kivilaatoista tehdyn julkisivuverhouksen yleiset rakenteelliset suunnitteluperiaatteet ovat:

- kivilaatat kannatetaan rakennuksen seinärungosta,
- kivilaattaverhous tehdään joustavaksi rakennuksen runkoon ja laattojen keskinäisiin muodonmuutoksiin ja siirtymiin nähden,
- kivilaattaverhous tiivistetään sateenpitäväksi,
- kivipintainen ulkoseinä tuuletetaan kiven takana sijaitsevan tuuletusvälin kautta.

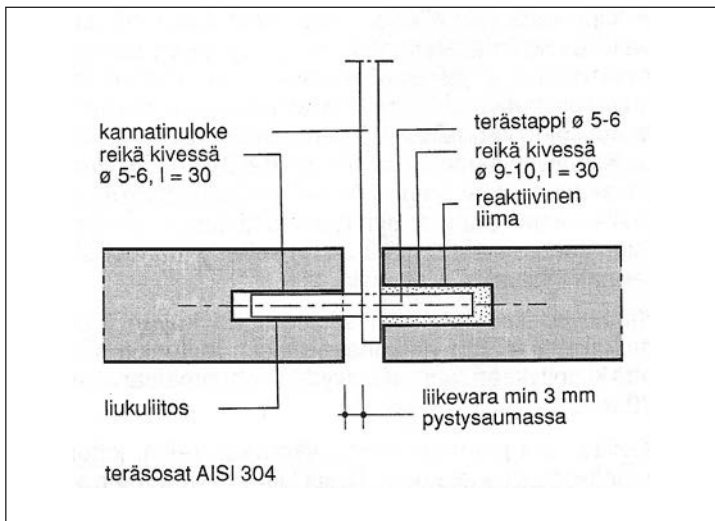
Luonnonkivijulkisivun kiinnitysjärjestelmiä ja rakenteita on viime vuosina kehitetty. Uudet ratkaisut ovat entistä teknisesti parempia, nopeampia ja sen vuoksi useimmiten myös taloudellisempia. Uusille menetelmille ovat ominaisia entistä pidemmälle viety esivalmistus sekä luonnonkiven ominaisuudet ja jalostus-tekniset mahdollisuudet paremmin huomioon ottavat kiinnitysratkaisut. Luonnonkivijulkisivun kiinnitysmenettelmät voidaan karkeasti jakaa paikallarakentamisen menetelmiin ja elementtitekniikkaan. Yleisimmin käytettyjä kivijulkisivun rakenteellisia toteutustapoja ovat:

- perinteiset paikallarakennustekniikat,
- kiskokiinnitysjärjestelmät,
- kivilaattapintaisten betonielementit,
- muut kiinnitys- ja rakennetekniikat.

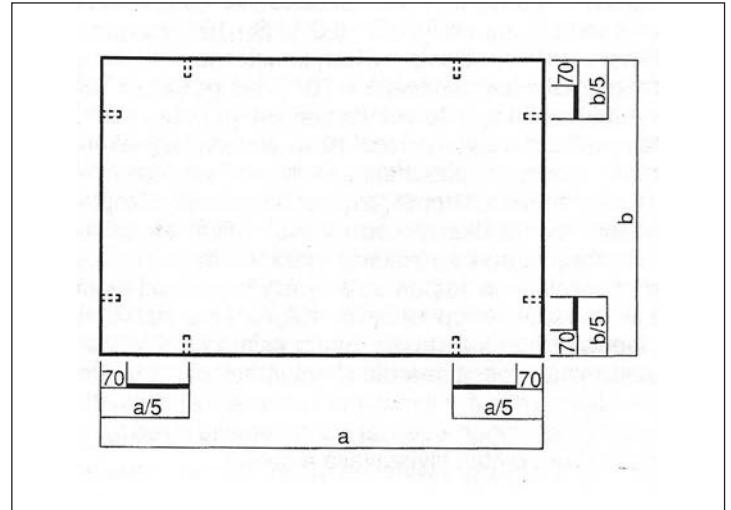


Kuva 3-34. Kivilaatan reunakiinnitysten vaihtoehtoisia sijoitustapoja.

Eri kiinnitystekniikoiden edullisuus ja käyttökelpoisuus vaihtelevat kohteesta toiseen. Rakennerratkaisua valittaessa perehdytään kohteen olosuhteisiin, verrataan keskenään vaihtoehtoisia ratkaisutapoja ja valitaan kulloinkin parhaiten soveltuva kivi-julkisivun rakenteellinen toteutustapa. Optimaalinen ratkaisu edellyttää aina jossain määrin 'räätälöityjä' suunnitelmia. Kiinnitysteknisessä suunnittelussa huomioon otettavia asioita ovat:



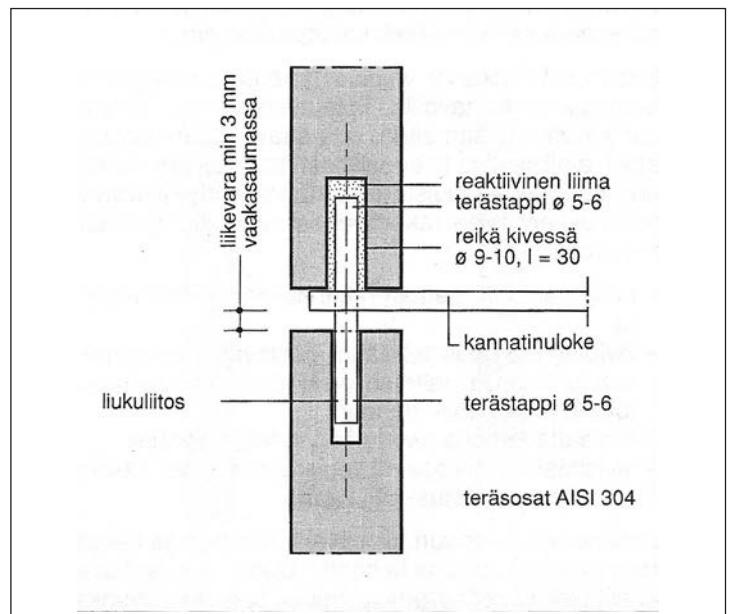
Kuva 3-36. Kiven kannatus pystysaumasta, vaakaleikkaus.



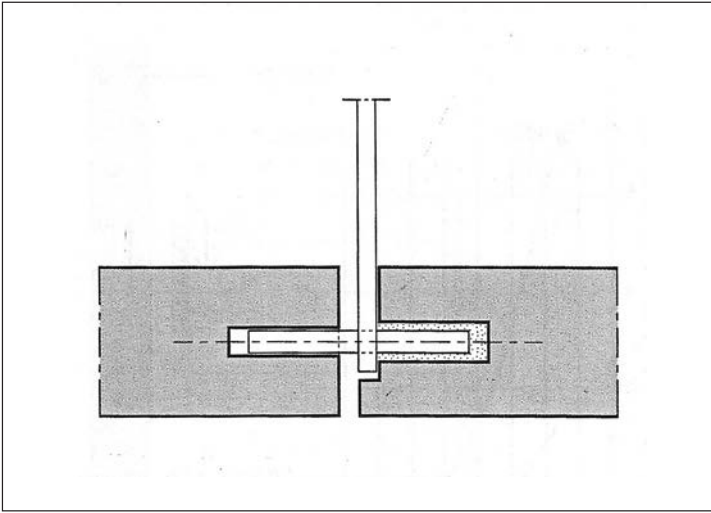
Kuva 3-35. Reunakiinnityksen sijoitusalueet kivilaatan reunassa.

- kivilajin ominaisuudet,
- kivilaattakoko,
- kivilaattojen limityskuvio,
- rakennuksen runkoratkaisu,
- julkisivun muut rakenteet,
- projektin aikataulu,
- kivenjalostajan valmiudet,
- käytettävissä olevat asennusresurssit ja -valmiudet.

Hyvällä kiviteknisellä suunnittelulla säästetään kohteen kustannuksia, nopeutetaan aikataulua, parannetaan rakennusprojektin hallintaa ja varmistetaan kivirakenteen tekninen laatu.



Kuva 3-37. Kiven kannatus vaakasaumasta, pystyleikkaus.



Kuva 3-38. Kiinnikkeen upottaminen laatan reunaan jyrskittyyn koloon kapeaa saumaa käytettäessä, vaakaleikkaus.

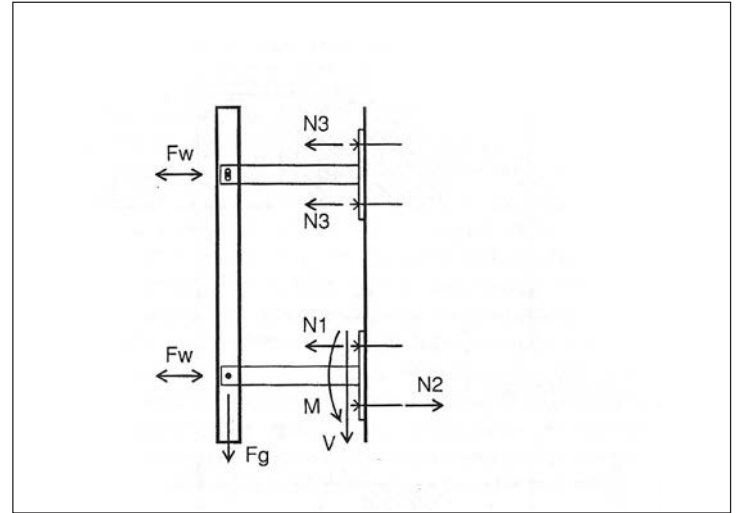
Perinteinen julkisivuverhouk

Kivien kiinnitystapa

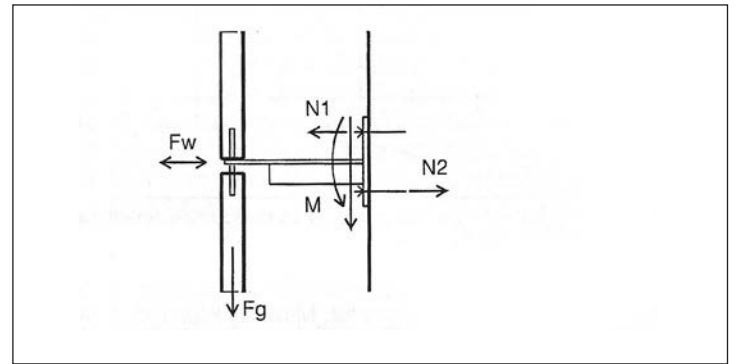
Julkisivuverhouksen luonnonkivilaatat kiinnitetään tavallisesti reunoista pysty- tai vaakasaumoihin sijoitettavilla kiinnikkeillä. Kiinnitykset suunnitellaan pääsääntöisesti niin, että kiinnikkeet jäävät valmiissa julkisivussa piiloon. Kiven näkyviin jäävään reunaan ei kiinnikettä näin ollen sijoiteta. Kohteessa valitaan vallitsevaksi menetelmäksi joko pysty- tai vaakasaumakannatus. Pääsäännöstä poiketaan tarvittaessa, kuten esimerkiksi kiven näkyvien reunojen, liittymien ja aukkojen kohdalla sekä verhouksen reuna-alueilla. Kiinnityspisteitä on tavallisesti neljä, mutta kuitenkin aina vähintään kolme. Kiinnikkeet sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan symmetrisesti laatan keskilinjojen suhteen. Kuvassa 3-34 on esitetty mahdollisia reunakiinnitysten sijoituksia.

Kiinnityspisteet pyritään sijoittamaan kuvan 3-35 mukaisesti laatan viidennospisteisiin kuitenkin niin, että kiinnityksen reuna-etaisyyden vähimmäisarvo on 70 mm.

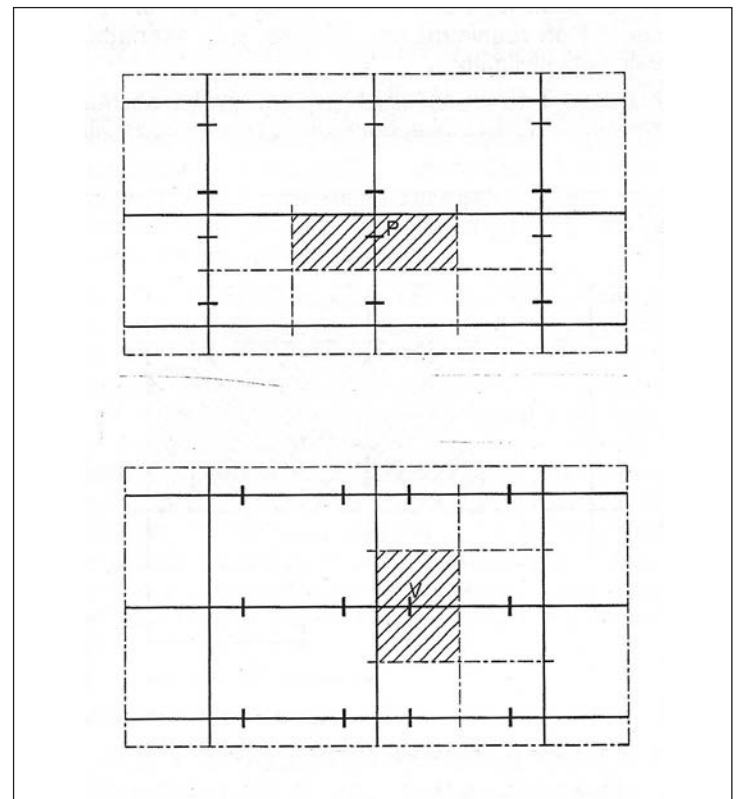
Kivilaattaan porataan kiinnityskohtaan reikä, johon kiinnitystappi asetetaan. Tappi kiinnittyy sauman yli kahteen vierekkäiseen kiveen. Toinen reikä tehdään halkaisijaltaan tapin kokoiseksi. Tappi asetetaan reikään ilman liimaa niin, että se voi liukua reiässä. Vastakkainen reikä seuraavaksi asennettavassa kivilaatasta tehdään säädettävyyden vuoksi halkaisijaltaan noin 4-5 mm tappia suuremmaksi ja se täytetään asennuksen yhteydessä kaksikomponenttisellä liimalla. Reiät porataan timanttikoralla tai varovasti iskuporalla pientä iskua käyttäen. Pystysaumakiinnityksessä kannatinuloke sijoitetaan niin, että sauman liikevara jää liukuvan tapin puolelle. Vaakasaumassa kiinnike sijoitetaan vastaavasti kiinni yläpuoliseen laattaan. Kuvassa 3-36 ja 3-37 on esitetty tyypilliset kivilaatan reunakiinnityksen toteutustavat.



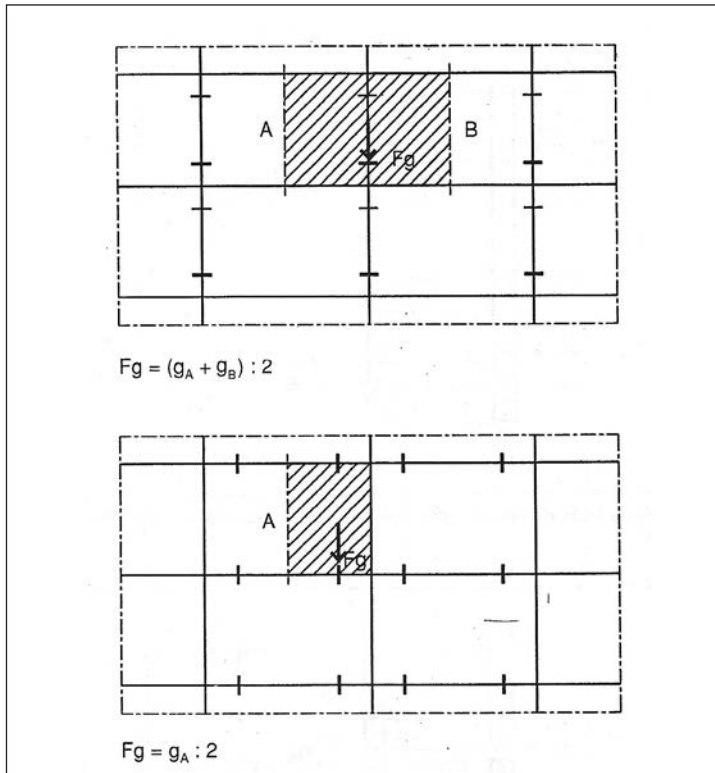
Kuva 3-39. Kivilaatan pystysaumakannatuksen staattinen periaate.



Kuva 3-40. Kivilaatan vaakasaumakannatuksen staattinen periaate.



Kuva 3-41. Tuulikuorman jakaantuminen kiinnikkeille P ja V, a) pystysaumakannatus (P), b) vaakasaumakannatus (V).

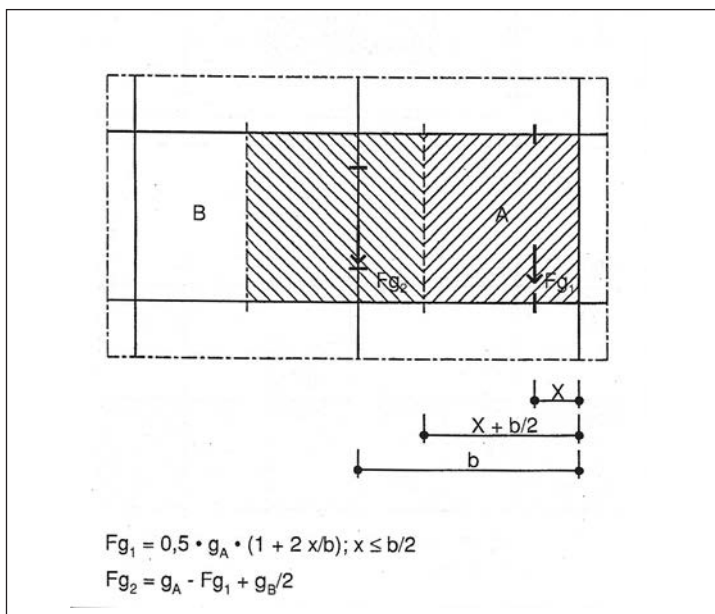


Kuva 3-42. Laatan painosta pysty- ja vaakasaumakannattimille aiheutuvat kuormat F_g

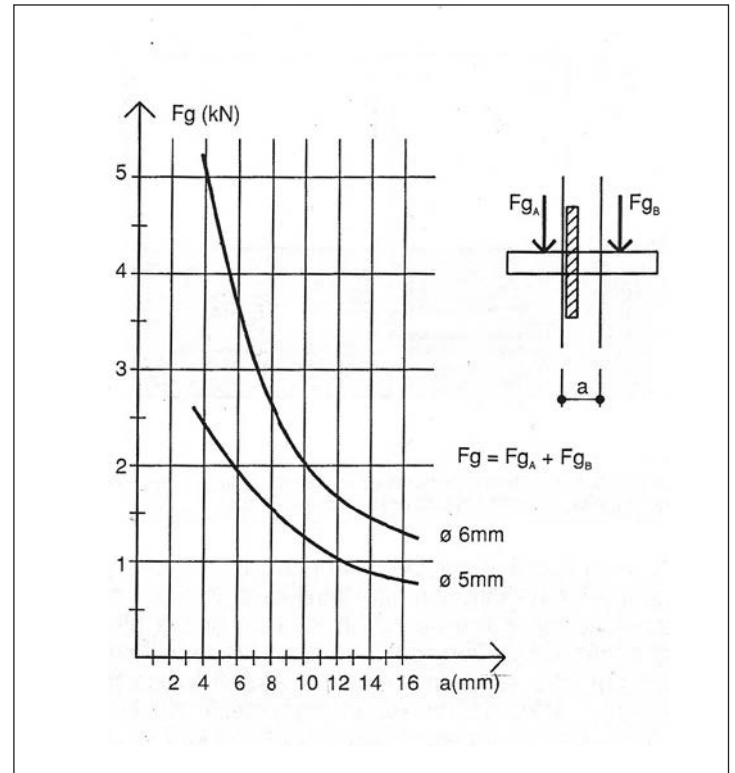
Kapeita saumoja tai tilaa vieviä kiinnikkeitä käytettäessä kivi-laatan reunaan voidaan periaatteessa työstää kolo kiinnikettä varten (3-38). Kiinnikkeen upotusta kiven reunaan tulee välttää, koska se johtaa usein laatan paksuuden lisäykseen ja nostaa kiviverhouksen rakennuskustannusta.

Kiinnikkeiden suunnittelu ja mitoitus

Kaikki kiinnikkeet ottavat vastaan tuulikuorman ja kuut kiveen kohdistuvat vaakavoimat. Kaksi alinta kiinnikettä kantavat lisäksi

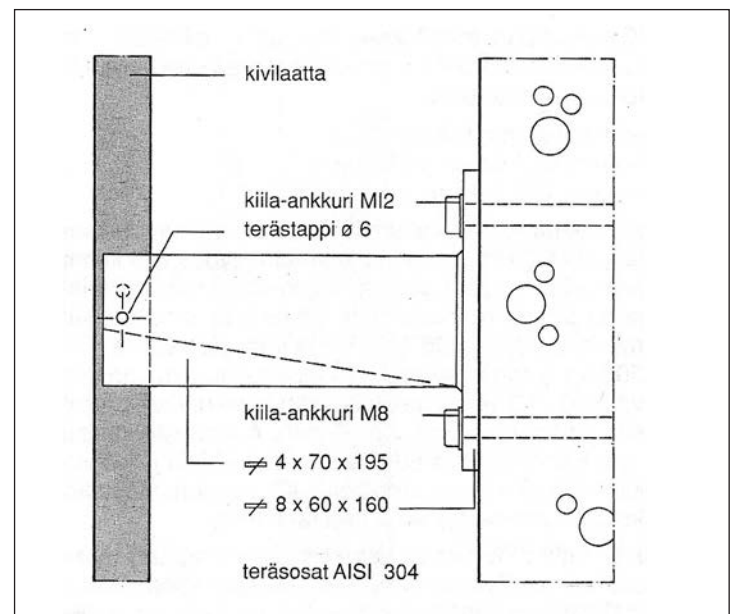


Kuva 3-43. Laatan omapainon kannatus epäsymmetrisessä kannatustapauksessa.

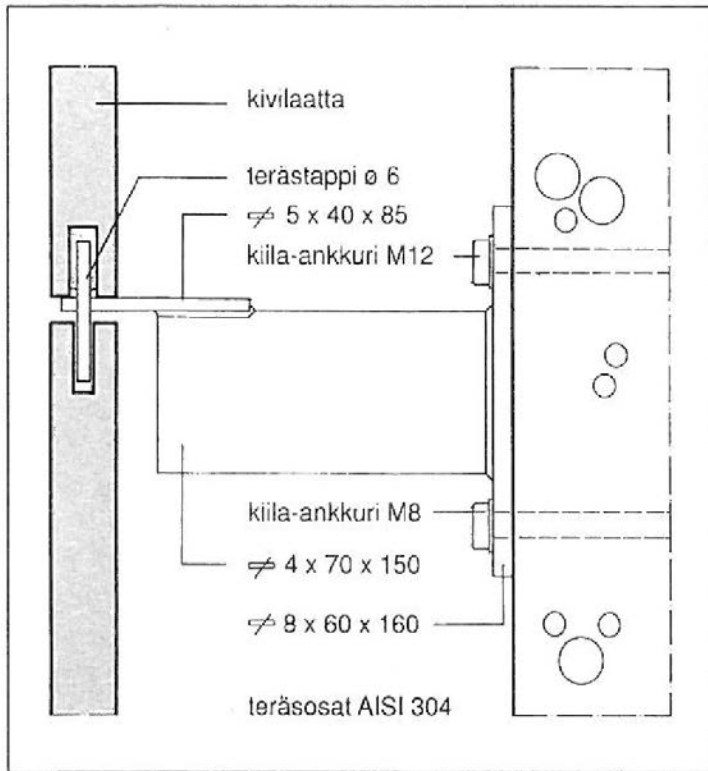


Kuva 3-44. Kiinniketapin mitoitus, teräslaatu AISI 304

laatan omapainon. Kantavia kiinnikkeitä nimitetään kannattimiksi ja pystysaumakiinnityksen ylempiä kiinnikkeitä vastaavasti vaakasaiteiksi. Kantavia kiinnityksiä on oltava aina vähintään kaksi. Kiven paino siirretään rakennuksen rungolle joko suoraan kannatinulokkeen avulla tai erilaisten sekundäärirunkojen välityksellä. Kuvissa 3-39 ja 3-40 on esitetty julkisivulaattojen kannatusen staattinen periaate. Eri maissa käytettyjen kivi-kiinniketyyppien lukumäärä on erittäin suuri.



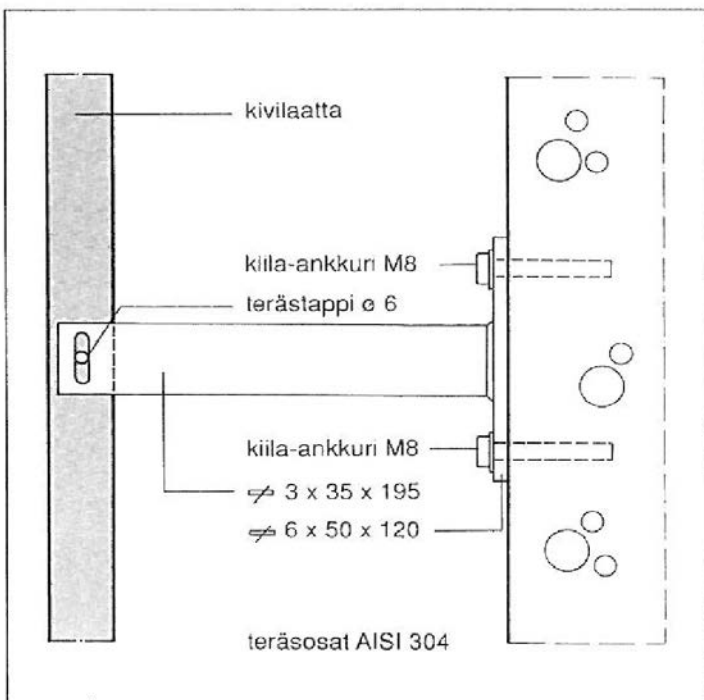
Kuva 3-45. Kivilaatan pystysaumakannatin.



Kuva 3-46. Kivilaatan vaakasaumakannatin

Tuulikuorma jaetaan tasan kaikkien saman laatan kiinnitysten kesken. Kahteen vierekkäiseen laattaan kiinnittyvälle kiinnikkeelle lasketaan osuus molempien laattojen tuulikuormasta.

Symmetrisesti kannatetuissa laatoissa laatan oma-paino jakaantuu tasaisesti kantaville kiinnikkeille kuvassa 3-42 esitettyjen periaatteiden mukaisesti.



Kuva 3-47. Kivilaatan vaakaside.

Epäsymmetrisissä kannatustapauksissa laatan painon jakaantuminen kannattimille voidaan laskea tukipisteiden momenttitasapainon avulla kuva 3-43 mukaisesti.

Kiinnikkeiden mitoituksen kussakin vaiheessa tarkastellaan erikseen kannatinta ja vaakasidettä. Mitoituksen osat ovat:

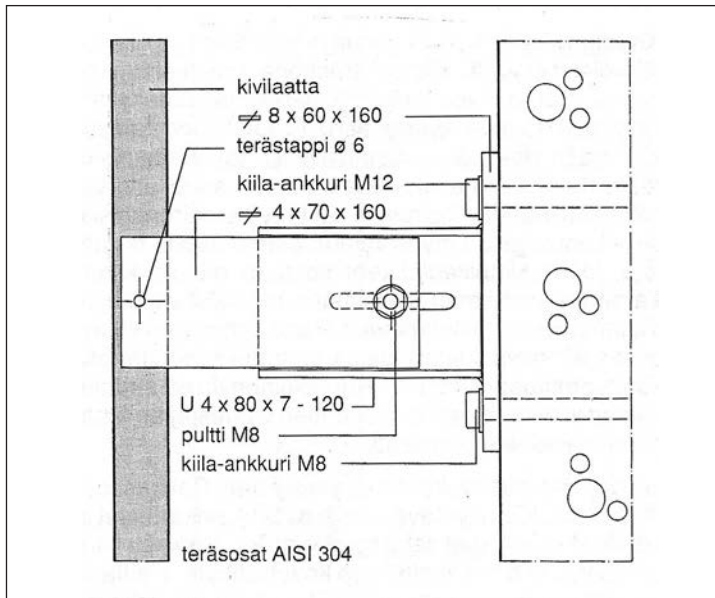
- kiinniketapin mitoitus
- kiinnikeulokkeen mitoitus
- runkokiinnityksen mitoitus

Kiinniketappi mitoitetaan leikkaukselle ja taivutukselle, jonka suuruus riippuu saumaleveydestä ja kiinnikeulokkeen paksuudesta. Tapin vähimmäishalkaisija on 5 mm. Kuvassa 3-44 on esitetty kiinniketapin mitoitus, kun tapin kuormitus vaihtelee välillä 0 - 500 kg ja tapin taivutuksen ulokepituus vastaavasti välillä 0 - 15 mm. Vaakasiteessä tapin riittävä halkaisija on käytännössä aina 5 mm. Asennusteknisistä syistä on kuitenkin edullista valita kaikkiin julkisivun kiinnikkeisiin sama tappikoko. Kannattimen tappikokko on tavallisesti joko 5 mm tai 6 mm.

Kannatin mitoitetaan tavanomaiseen tapaan teräs-ulokkeena. Pystykuormien vaikutuspisteeksi valitaan laskelmissa kiinnitystapin keskilinja. Näin on suositeltavaa menetellä myös vaakasaumakiinnityksessä, vaikka kivi laatan tukipiste sijaitseekin käytännössä kiven takareunan alueella. Mitoitus käsittää poikkeileikkauksen jännitystarkastelun, taipumatarkastelun ja ulokkeen stabiiliustarkastelun (nurjahdus, kiepahdus). Kiepahdustarkastelu on tarpeellinen, kun vierekkäiset kivilaatat ovat erikokoiset tai, kun kyseessä on reunimmainen kiinnike, joka kannattaa vain yhtä kivilaattaa.

Kuvassa 3-45 on esitetty tyypillinen pystytysauma-kannatin. Pitkillä ulokepituuksilla ja suurilla kuormilla on edullista muotoilla kannatin kiilamaisiksi ulokkeen momenttipinnan muotoisesti (katkoviiva). Kannatinuloke voidaan joko hitsata erilliseen runkokiinnityslevyyn tai taivuttaa 90-asteen kulmaan runkokiinnityksenosalta. Hitsiliitos nostaa kiinnikkeen hintaa, mutta se mahdollistaa symmetrisen runkokiinnityksen, mikä on edullista etenkin, kun rasitukset ovat suuret. Kuvassa 3-46 on vastaavasti esimerkki vaakasaumakiinnikkeestä. Kuva 3-47 esittää pystysaumakannatuksen vaakasidettä, jonka mitoituksessa huomioidaan vain tuulikuorma ja muut vaakakuormat. Vaakasiteellä on oltava riittävä myötäämiskyky, jotta kivilaatan lämpömuodonmuutoksista sekä kiven ja rungon välisistä liikkeistä ei aiheudu verhoukseen haitallisia jännityksiä.

Kivien kiinnitystavat vaihtelevat varsin paljon eri maissa johtuen paikallisista olosuhteista ja rakentamistapojen eroista. Esimerkiksi maissa, joissa lämmöneristyksen tarve on pieni tai olematon ovat kivikiinnikkeet mitoitukseltaan huomattavasti pienempiä ja yksinkertaisempia kuin pohjoisen alueen maissa. Markkinoilla

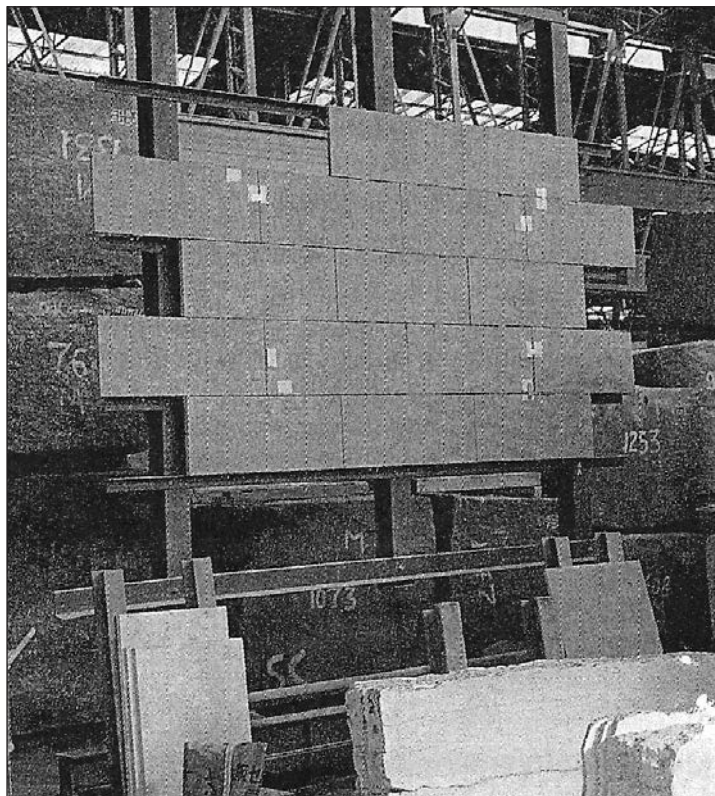


Kuva 3-48. Mekaanisesti säädettävät kiinnikeuloke.

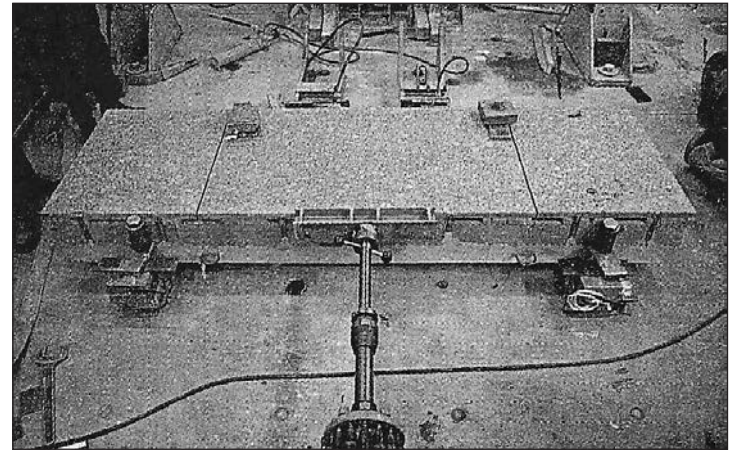
on useita valmiskiinnikejärjestelmiä, mutta niiden käyttö ei, lähinnä kustannussyistä, ole Suomessa yleistynyt.

Runkokiinnityksen suunnittelu

Kivikiinnikkeiden runkokiinnitys tehdään tyypillisesti jälkikiinnityksenä. Kiinnitysrunkona on useimmiten betoni, mutta myös teräs, harkko ja painekyllästetty puu tulevat kyseeseen. Betonikiinnityksessä käytetään yleensä mekaanisia kiila- tai lyöntiankureita. Kemiallisia ankkureita on myös sovellettu vähäisessä määrin. Joskus on käytetty betonirunkoisissa rakennuksissa



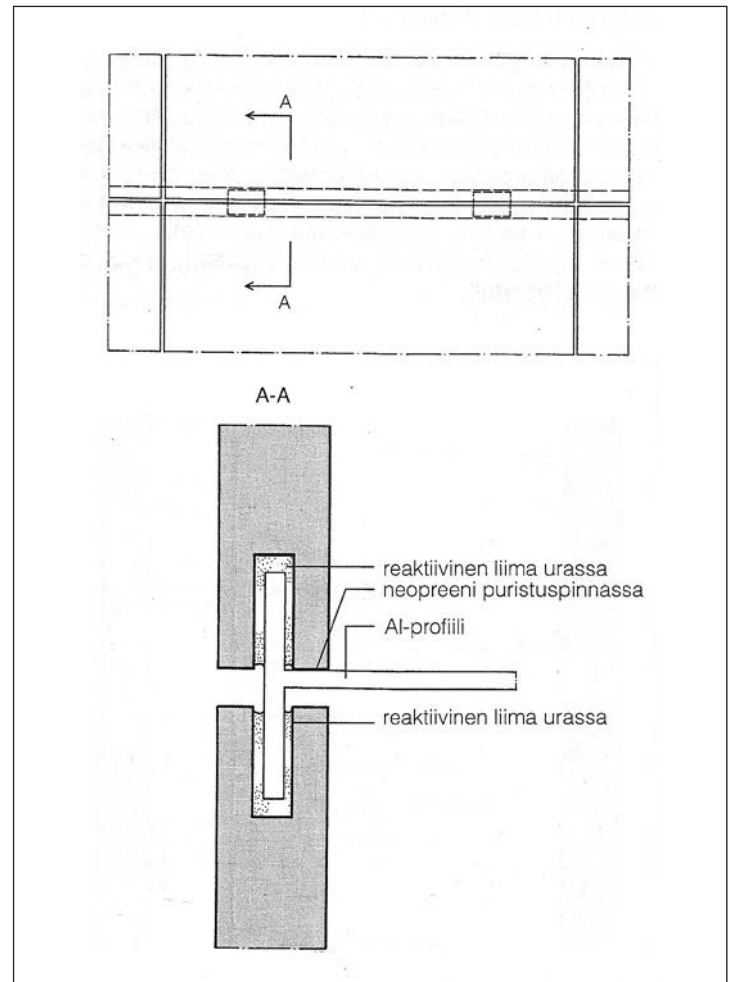
Kuva 3-50. Kiviverhouksen kiinnitysten testaus värähtelykokeessa.



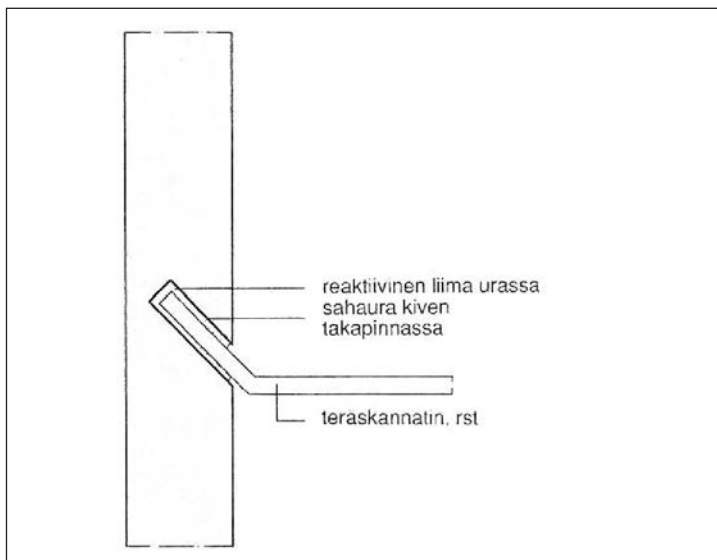
Kuva 3-49. Kivilaatan kiinnikkeiden murtokapasiteetin testausta.

myös valuun asennettavia tartuntoja, joihin kiinnikeulokkeet voidaan hitsata kiinni. Tämän menetelmän ongelmana on valutartuntojen sijainnin huono mittatarkkuus. Peruskorjausten yhteydessä kiinnitysalustan lujuus testataan tarvittaessa koekuorimitusten avulla. Runkokiinnitykset suunnitellaan ja mitoitetaan kiinnikkeiden valmistajien antamien ohjeiden mukaisesti.

Laastijuotoskiinnitykset ovat yleisiä mm. Saksassa ja Ruotsissa. Kiinnitystavan etuja ovat yksinkertaiset ja edulliset kiinnikkeet sekä hyvä kiinnikeulokkeen säädettävyyden ennen kiinnityksen



Kuva 3-51. Urakiinnityksen periaate.

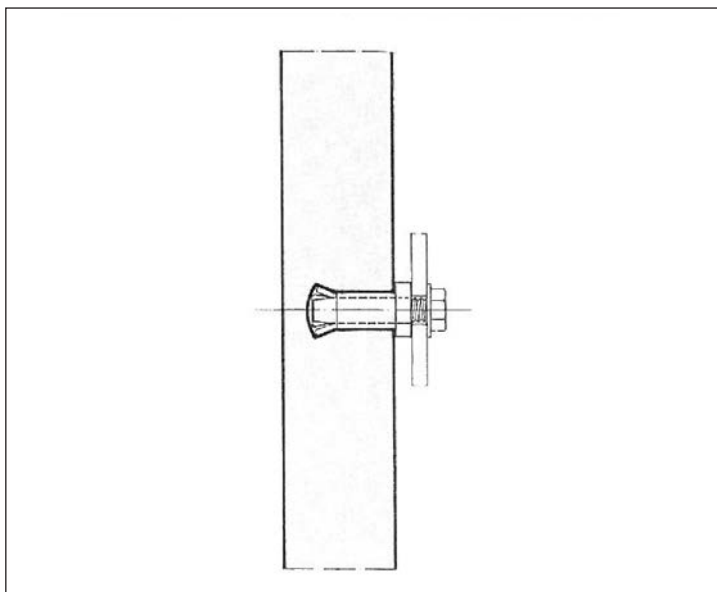


Kuva 3-52. Takapintakiinnityksen periaate.

kovettumista. Haittana on, että runkoon porattavat reiät ovat pitkillä ulokemitoilla varsin suuria ja kivilaatat joudutaan kovettumisen aikana kannattamaan väliaikaisilla tuilla. Juotoskiinnityksen asennuspaikan lämpötilan on oltava vähintään +5 °C, mikä rajoittaa sen käyttämistä kylmänä vuodenaikana. Suomessa juotoskiinnityksiä ei nykyisin käytetä.

Kiviverhouksen toleranssit

Luonnonkivijulkisivun toleranssit ovat huomattavasti pienemmät kuin rakennuksen rungon toleranssit. Rungon ja kiven välisen kiinnitysten on siis oltava asennuksen yhteydessä riittävän hyvin säädettäviä, jotta haluttu julkisivun mittatarkeus voidaan saavuttaa. Säädettävyyden suunnittelu on tärkeä osa kiinnitysten suunnittelua. Kiinnitysolosuhteet samoin kuin säädettävyyden tarve vaihtelevat. Erilaisia säätömenetelmiä on useita. Kiinnikkeen säädettävyys on usein suoraan verrannollinen sen



Kuva 3-53. Uudentyyppinen kivilaatan taakse kiinnittyvä kiila-ankkuri.

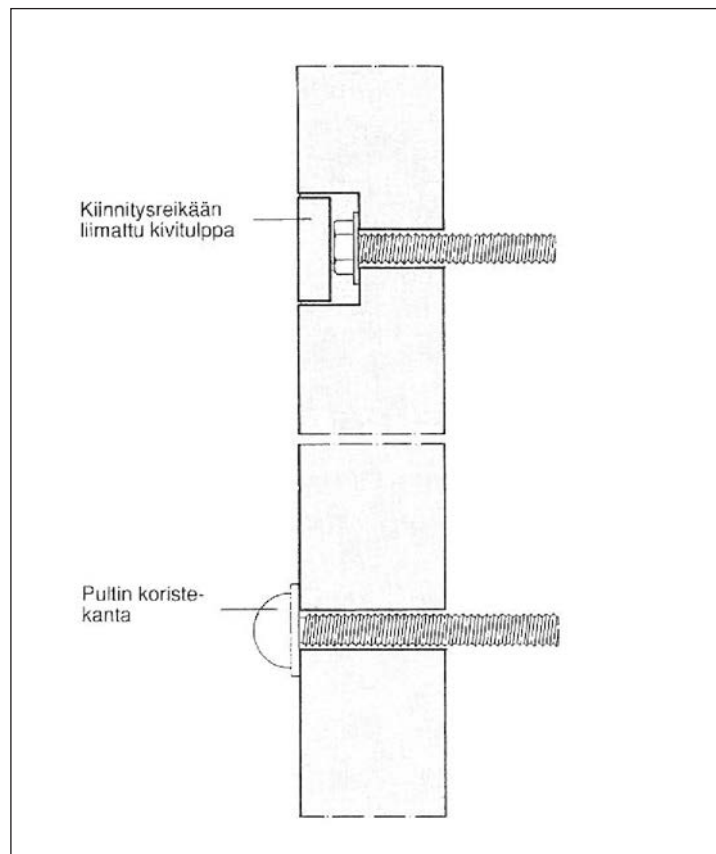
hintaan. Vaihtoehtoisten menetelmien edullisuus riippuu lisäksi mm. kohteen toteuttavien kivasentajien valmiuksista ja sovellettavista työmenetelmistä.

Suomessa vakiintuneessa kiinnitysmenelmässä kivilaatan kannatinuloke tehdään tavallisesti ylipitkinä. Asennuksen yhteydessä ulokkeen pituus katkaistaan sopivaksi ja siihen porataan erikoistekniikalla reikä kiinnitystappia varten. Uutta paikallarakennustekniikkaa ovat erilaiset mekaanisesti säädettävät kiinnikeulokset, joita on käytetty muutamissa kohteissa (Kuva 3-48). Runkokiinnityksen sivuttaissäätömahdollisuus voidaan järjestää tekemällä levyyn pitkä kiinnitysreikä. Uudentyyppisten kiinnikkeiden ja rakenteiden toiminta voidaan tarvittaessa selvittää kuormituskokeiden avulla (ks. kuvat 3-49 ja 3-50).

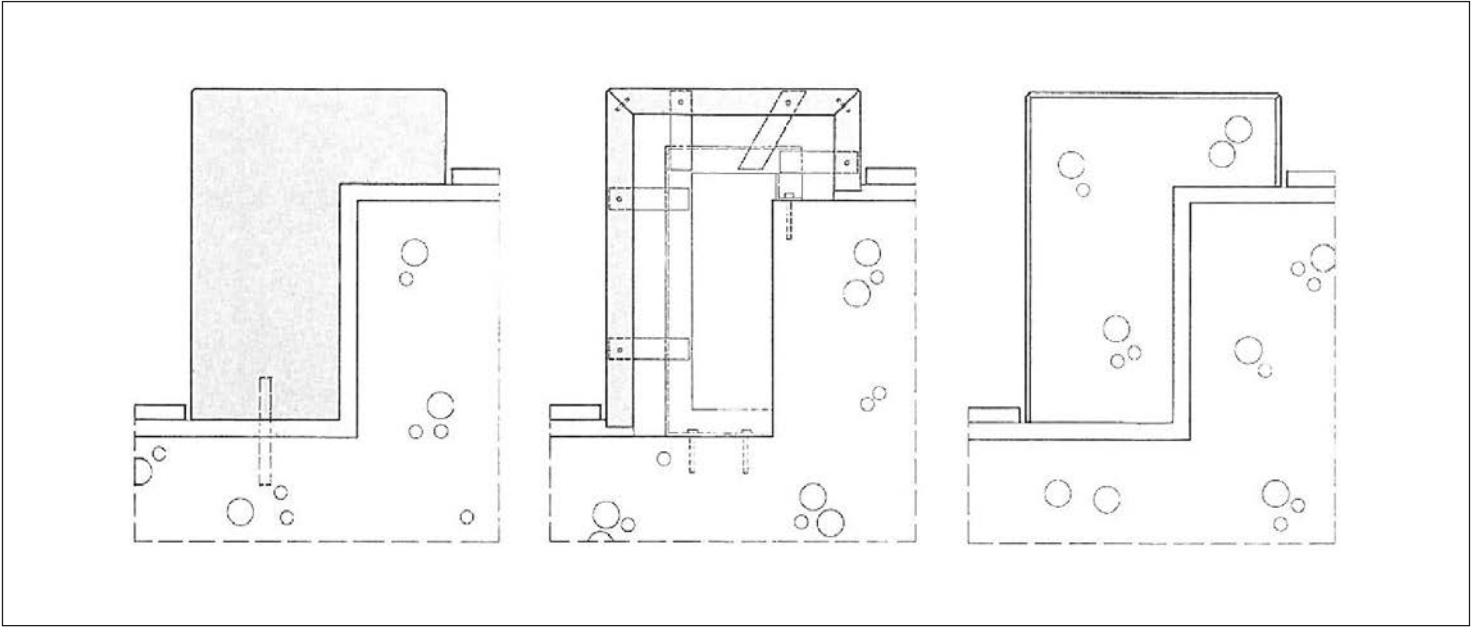
Muut kiinnitysmenelmät

Julkisivun verhouslaattojen kiinnityksessä on sovellettu erikoistapauksissa myös muita menetelmiä, kuten esimerkiksi reunaurakiinnitystä, takapintakiinnitystä, laatan läpi menevää kiinnitystä, osittain näkyviin jäävää jatkuvaa vaakasaumakannatinta sekä verhouksen kerroksittaista kannatusta.

Reunaurakiinnityksessä kivilaatan vaakareunaan sahataan läpi menevä ura tai vaihtoehtoisesti paikallinen "tasku" kiinnityksiä varten. Kiinnitystappia käytetään mm. teräsristikoelementeissä, kiskokiinnitystekniikassa ja itsekantavissa kiviverhouksissa.



Kuva 3-54. Kiven läpi menevän kiinnityksen toteutus.



Kuva 3-55. Kividetaljin vaihtoehtoiset toteutustavat.

Reunakiinnityksen kannatin mitoitetaan tavalliseen tapaan vaakasaumakannattimena. Urakiinnikkeet ovat yleensä erilaisia taivutettuja teäslattoja tai alumiiniprofileja. Kiinnikkeen ja kivilaatan liikkumattomuus varmistetaan uraan annosteltavalla elastisella massalla. Pohjoisilla alueilla laatan yläreunan sahaura valetaan asennuksen yhteydessä umpeen, jotta siihen joutuva vesi ei jäätyessään aiheuttaisi pakkasvaurion vaaraa. Kuvassa 3-51 on esitetty tyypillinen reunaurakiinnityksen periaate.

Takapintakiinnityksessä kiinnike ankkuroidaan laatan takapintaan työstettyyn reikään tai uraan. Takapintakiinnikkeiden muoto ja tyyppi vaihtelevat varsin paljon riippuen mm. kannatuksenjännevälistä. Useimmiten kannatin on ruostumatonta terästä, mutta muiltakin metalleja, kuten kuparia ja pronssia on käytetty. Erikoisuutena mainittakoon kiven takapintaan liimattu ja tapitettu luonnonkivikappale, joka toimii kiven kannattimena. Betonielementtirakenteissa käytetään yleisesti kiven takapintaan ankkuroitua tappikiinnitystä.

Takapintakiinnityksen soveltaminen työmaolosuhteissa on hankalaa, koska kiinnitys jää kokonaan kiven taakse. Kiven asentaminen ja kiinnityksen tarkastus vaikeutuvat tällöin yleensä huomattavasti verrattuna reunakiinnitykseen. Kiinnityksen etuna on, että laatan reuna jää vapaaksi kiinnityksestä. Taka-pintakiinnitys soveltuu työmaalla lähinnä erikoistapauksiin esimerkiksi, kun kivilaatan reunoja ei voida käyttää kiinnityksiin. Kuvassa 3-52 on esimerkki työ-maolosuhteissa käytetystä takapintakiinnityksestä.

Uudentyyppinen takapintakiinnike on kuvassa 3-53 esitetty kiila-ankkuri, joka kiinnitetään kiveen erikois-terällä jyrstettyyn n. 15 mm syvyiseen koloon. Reiän pohjalla on kartiomainen levennys, johon kiila-ankkuri kiinnittyy. Kivilaatalta vaadittava

vähimmäispaksuus on tätä menetelmää käytettäessä 20 mm. Kiinnitysjärjestelmään liittyvät poralaitteet, jyrsterät ja muut erikoistyökalut on kehitetty yhteensopiviksi uudentyyppisen kiila-ankkurin kanssa.

Kiven läpi menevä kiinnitys on takapintakiinnityksen erikoissovellutus. Läpikiinnityksessä kiinnikkeen pää voidaan jättää näkyviin tai häivyttää paikkauksella, jossa kiinnitysreikään liimataan samasta kivistä porattu tulppa (kuva 3-54). Kiinnityksen häivyttäminen onnistuu parhaiten suurikiteisillä, porfyirisilla kivillä, joissa paikkaus ei näy häiritsevästi.

Kuvassa 3-55 on esitetty kolme vaihtoehtoista tapaa toteuttaa massiivinen kividetalji verhouksen alaosaan. Vaihtoehto a) on täyskivinen vaihtoehto. Kuvassa b) on erikoiskiinnikkeillä toteutettu kivilaattakuorirakenne. Kulmat on tehty jiiriin ja vahvistettu tapituksella. Kivilaatat kiinnitetään teräsrakenteeseen saumoihin sijoitetuilla ulokkeilla. Vaihtoehdossa c) detalji toteutetaan kivilaattapintaisena betonielementtinä. Täyskivivaihtoehto on laadullisesti varmin, mutta samalla kallein toteutustapa. Kivilaattapintainen betonielementti on esitetyistä menetelmistä edullisin ja huolellisesti toteutettuna myös laadukas vaihtoehto.

Usein päädytään julkisivun muotoilussa kivilaatoista toteutettuun, kuvan b) tyyppiseen rakenteeseen, jolloin kivilaattojen kiinnitykset suunnitellaan tapauskohtaisesti.

Kiinnikemateriaalin valinta

Julkisivuverhouksen kiinnikkeet ovat alttiina varsin ankarille ilmasto-olosuhteille. Erityisen rasitettuja ovat eristeen ja kaste-pistevyöhykkeen läpi menevät kiinnikkeet. Ilmasto-olosuhteet ovat rasittavimmat meren läheisyydessä, jossa kiinnikkeisiin voi

kulkeutua korroosiota voimakkaasti kiihdyttäviä suojoja. Materiaalien kestävyysvaatimuksia korostaa lisäksi se, että kivipinnan takana sijaitsevien kiinnikkeiden kuntoa ei voida tarkistaa. Lisäksi kivilaattojen putoamiseen liittyy henkilövahinkojen riski.

Kiveen kosketuksissa olevat kiinnikkeet tehdään nykyisin yleisimmin ruostumattomasta teräslaadusta (AISI 304) tai vaativissa tapauksissa haponkestävästä teräksestä (AISI 316). Myös alumiini soveltuu kestävyytensä puolesta kivikiinnityksiin, kunhan se ei joudu kosketuksiin betonin kanssa. Sekundääriskannattimissa, kuten kiinnityskiskoissa ja teräsristikoelementin rungossa, käytetään kuumasinkittyä terästä ja ruostesuojamaalattua terästä. Aiemmin on kivikiinnityksissä käytetty myös mm. kuparia, pronssia ja valurautaa, mutta ne ovat nykyisin harvinaisia.

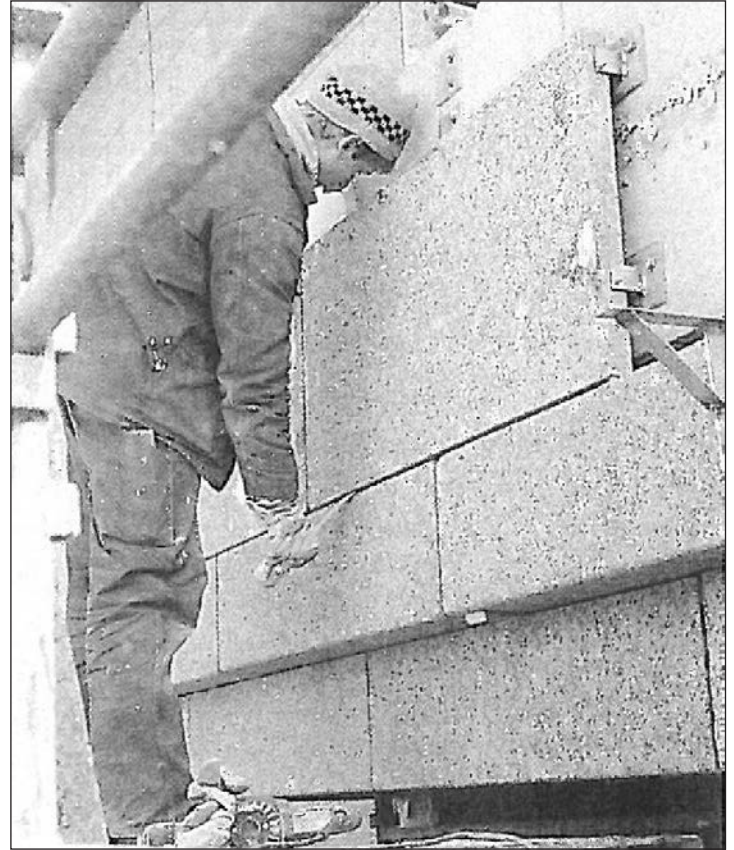
Eri metallilaatuja yhdistettäessä on muistettava estää eristekerroksella galvaanisten sähköparien synty eri jalosastetta olevien metallien välille. Sähkögalvaanisessa korroosiossa vähemmän jalo metalli vähitellen syöpyy. Esimerkiksi alumiini ei saa liitoksissa olla kosketuksissa teräksen kanssa.

Kiviverhouksen asennus työmaalla

Luonnonkiviverhouksen vallitseva asennustapa on ollut paikalla rakentaminen siten, että kivilaatat kiinnitetään paikoilleen yksitellen. Menetelmän etuna on pitkä, noin kolmenkymmenen vuoden, kokemus ja tänä aikana saatu varmuus hyvästä tekniestä toimivuudesta. Asentajien valmiudet tämäntyyppisten rakenteiden tekoon ovat myös varsin hyvät. Paikalla asentaminen on toisaalta vaativaa ja suhteellisen työvaltaista ammattityötä, jossa työsaavutus vaihtelee kiinnitysmenetelmästä ja olosuhteista riippuen.

Asennustyön suorituksella on ratkaiseva merkitys kivijulkisivun laatuun. Työmaa-asennuksen työmenetelmät ja toteutus kannattaa suunnitella huolellisesti, jotta työn aikataulu, laatutaso ja kustannukset voidaan pitää hallinnassa (ks. myös 6.6). Asennuksen suunnittelussa selvitettäviä ja huomioon otettavia asioita ovat:

- asennusryhmien määrä ja kokoonpano,
- asennustyön toteutuksen jako alueisiin,
- asennustyön ja siihen liittyvien aputöiden aikataulusuunnittelu ja työmaan muiden töiden yhteensovittaminen,
- telineiden, nosturien, sähkön ja muiden työmaalla tarvittavien palvelujen tarve ja hankintatapa,
- kivien työstämisessä ja kiviasennuksessa tarvittavat välineet ja tarvikkeet,
- kivitoimitusten, kivien välivarastoinnin ja kivilaattojen siirtojen suunnittelu,
- saumauksen ja verhouksen viimeistelytöiden toteutus.



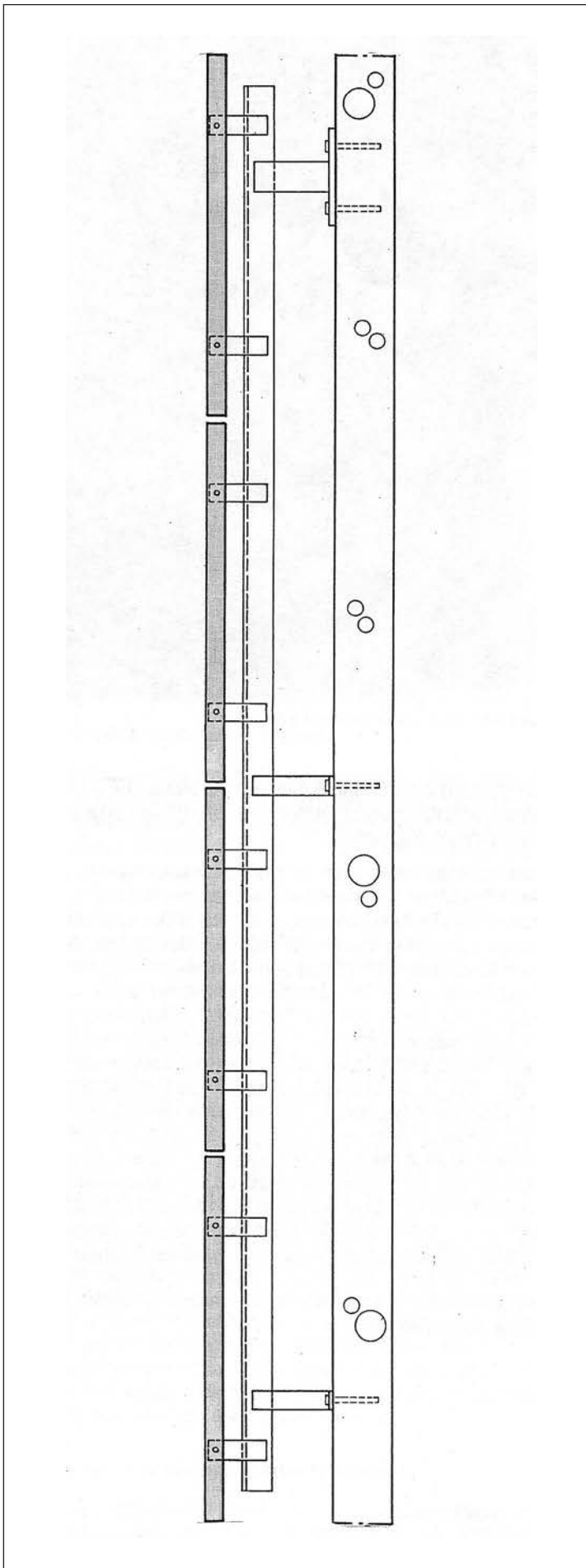
Kuva 3-56. Kivilaatan asennusta työmaalla.

Luonnonkivitöiden yleiset laatuvaatimukset on esitetty RYL 90:ssä. Siinä määritetään hyvän rakennustavan mukainen laatutaso kivilaattojen toimituksen ja varastoinnin, kiinnitystarvikkeiden ja alustan laadun, luonnonkivitöiden suoritustavan sekä laadun ja tarkastusten osalta. Lisäksi esitetään luonnonkivilaatoista tehdyn julkisivuverhouksen rakennusosakohtaiset laatuvaatimukset. RYL 90:ssä todetaan mm. seuraavaa:

”Luonnonkivilaatat toimitetaan siten pakattuina, että ne kestävät vahingoittumattomina asiallisen kuljetuksen ja varastoinnin. Luonnonkivilaatoissa on oltava kiinnitystyötä varten riittävät merkinnät.”

”Luonnonkivilaatat varastoidaan siten, että ne säilyvät moitteettomina.”

”Kiinnitys- ja saumaustarvikkeissa ei saa olla sellaisia aineksia, jotka saattavat aiheuttaa värivikoja laattoihin tai saumoihin. Kosteudelle alttiissa tiloissa kiinnitys- ja saumaustarvikkeiden on oltava vedenkestäviä. Ulkopuolisissa laatoituksissa käytettävien tarvikkeiden on oltava säänkestäviä. Metallikiinnikkeiden on oltava korroosionkestävää ainetta. Hitsauspuikon tulee olla hitsattavaan aineeseen sopiva. Juotoskiinnityksessä käytetään laastia tai liimaa. Liiman tulee olla reaktiivista ja kovettumisajan työn suorituksen kannalta riittävän nopea. Jos kiinnitystarvikkeilla on rajoitettu varastoimiskestävyys, on valmistusajankohdasta esitettävä tarvittaessa riittävä selvitys. Kemiallisilla ankkureilla tulee



Kuva 3-57. Kiskokiinnityksen periaate.

olla varmennettu käyttöseloste.”

”Alustan tulee olla rakennusosakohtaisten vaatimusten mukainen ja täyttää asiakirjoissa esitetyt vaatimukset.”

”Lämpötilan on oltava vähintään + 5 °C hitsausliitoksia tehtäessä. Kemialliset ankkurit kiinnitetään asia-kirjojen mukaan. Jos kiinnityksessä käytetään laastia tai liimaa, kiinnityspintojen tulee olla lujia ja puhtaita. Kiven työstäminen on tehtävä niin varovasti, ettei kivi vaurioidu.”

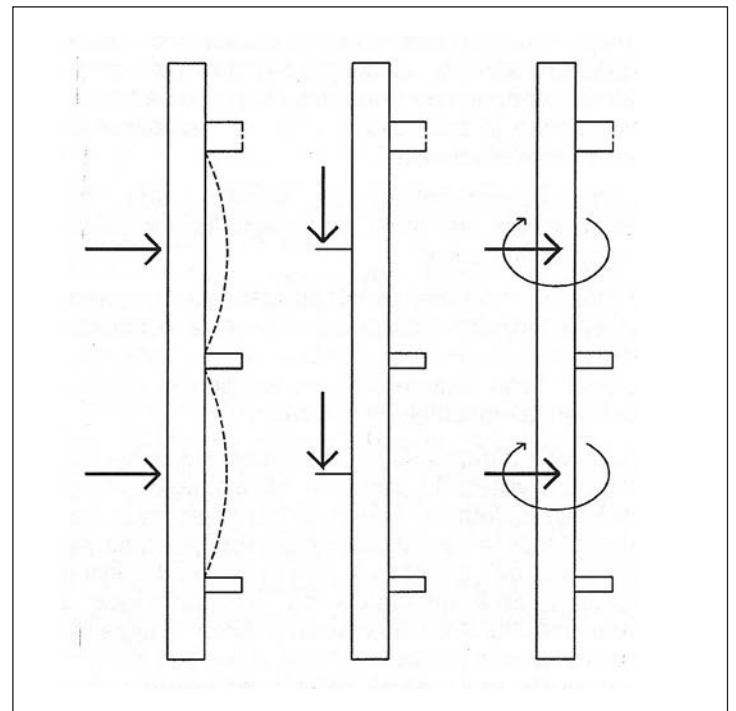
”Saumojen tulee olla asiakirjojen mukaisia ja leveydeltään luonnonkivilaattojen pintakäsittelyasteen, saumasaineen ja -tavan vaatimusten mukaisia.”

”Elastisella saumasaineella saumattaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, ettei saumasaine tahraa kivilaattaa. Ennen liirikuuntasaumojen saumauksen aloittamista on varmistauduttava, että sauma on puhdas.”

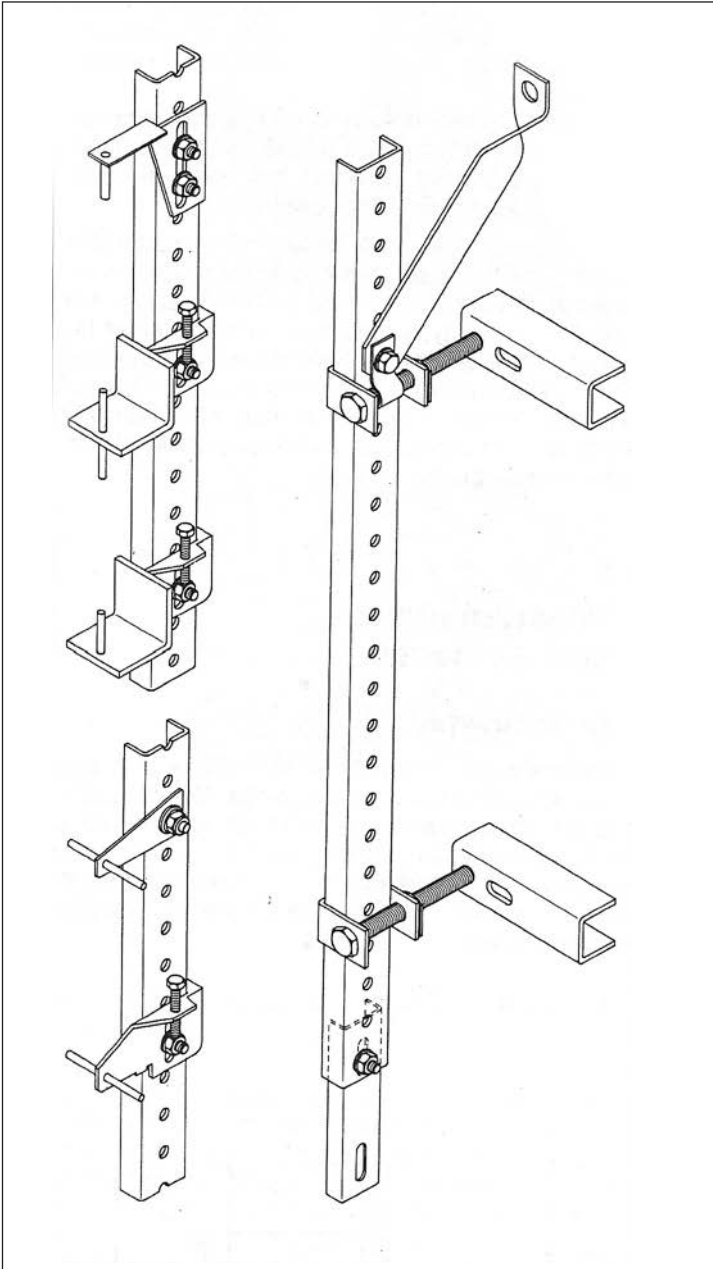
”Kaikissa työvaiheissa on vältettävä likaamasta kivi-pintoja. Puhdistukset suoritetaan välittömästi. Tahrat poistetaan laattojen toimittajan ohjeiden mukaisesti. Valmis luonnonkiviverhous suojataan siten, ettei valamiin pinnan ja suojauksen väliin pääse roskia tai muita haitallisia aineita.”

”Valmiin luonnonkivityön tulee olla rakennusosakohtaisten vaatimusten mukainen ja täyttää asiakirjoissa esitetyt vaatimukset”

”Ennen luonnonkivien asentamista todetaan alustan, tarvikkeiden ja kannattimien kiinnitysten asianmukaisuus sekä työn edel-



Kuva 3-58. Kivikiinnikkeistä kiskolle välittyvät kuormitukset.

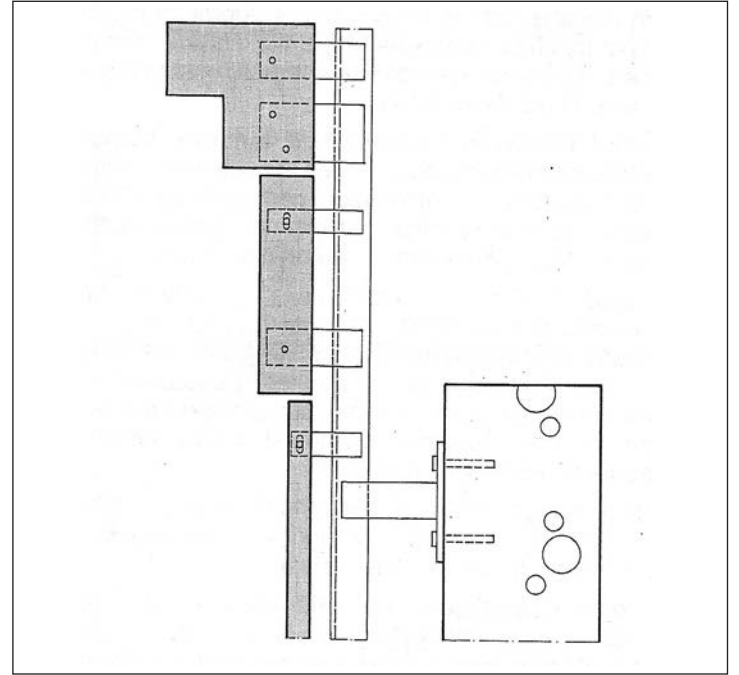


Kuva 3-59. Esimerkki patentoidusta kiskokiinnitysjärjestelmästä.

lyttämät kosteus- ja lämpötilaolosuhteet. Työn aikana todetaan vaadittujen ominaisuuksien ja olosuhteiden jatkuvuus”

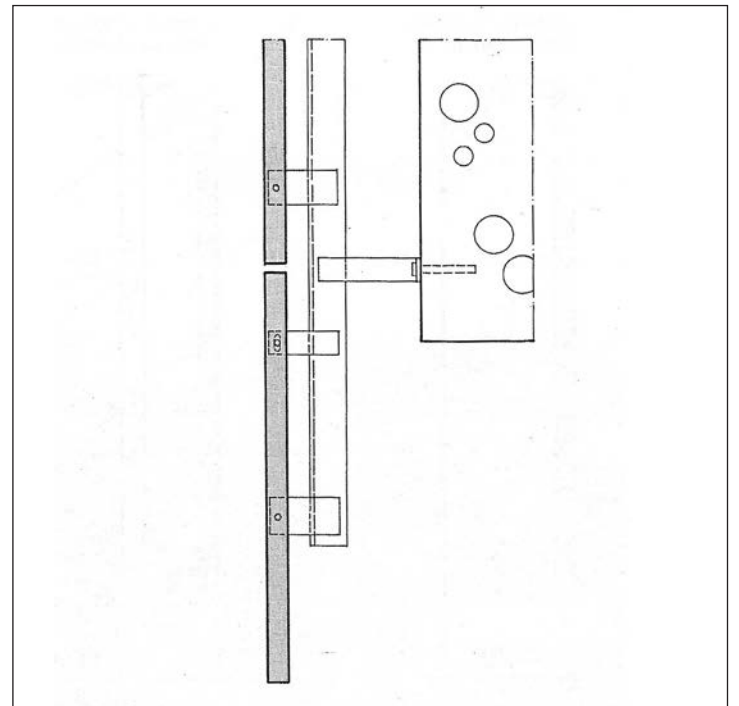
”Luonnonkivilaatta kiinnitetään metallikiinnikkeillä. Luonnonkivilaatoilla verhotun ulkoseinärakenteen tulee olla tuulettuva. Suurin sallittu hammastus samassa tasossa olevien viereisten hiottujen laattojen välillä saa olla enintään 2 mm ja karkeapintaisten laattojen välillä enintään 3 mm, ellei asiakirjoissa toisin määrätä. Saumaleveyden poikkeama nimellimitasta saa olla enintään ± 3 mm. Julkisivun alaosan (jalustan) laatat kiinnitetään kiviainesalustaan metallikiinnikkeillä tai tuetaan perustuksiin. Taustavalussa käytettävän betonin tulee olla vettä läpäisevää. Kivi-laatan pintakäsittely on ulotettava vähintään 100 mm maanpinnan alapuolelle.”

Luonnonkivitarvikkeiden siirroissa, varastoinnissa ja käsittelyssä



Kuva 3-60. Kiskokiinnitystekniikan sovellus verhouksen yläreunassa.

on noudatettava suurta huolellisuutta, jotta vältetään kiven vahingoittuminen. Rikkoontunut kivi on pääsääntöisesti korvattava uudella kivellä. Porattaessa reikiä kivilaattojen reunoihin on käytettävä piestä iskua ja noudatettava suurta huolellisuutta kiven rikkoontumisen välttämiseksi. Kiinnikkeiden asennuksessa on varmistettava, että kiinnitysreiät ja -kolot ovat puhtaat ja kuivat. Kiinnikkeet asennetaan siten, että saumaan jää suunnitelmien mukainen liikevara. Kiinnitysreikään asennettavan liiman (’kivi-kitti’) kovettumisen aikana kivilaatta tuetaan viereisiin laattoihin ja rakennuksen runkoon kiilojen, muuraussiteiden ja muiden väliaikaisten tukirakenteiden avulla. Kaikissa työvai-



Kuva 3-61. Kiskokiinnitystekniikan soveltaminen verhouksen alaosaan.

heissa on kiinnitettävä erityistä huomiota kivien likaantumisen estämiseen. Asennuksen yhteydessä on erityisesti estettävä öljyjen, liimojen ja teräksen leikkauksessa syntyvien teräshiukkasten "roiskeet" sekä saumausaineiden pääsy kivipintaan.

Luonnonkivijulkisivun kiskokiinnitystekniikka

Kivijulkisivun kannatukseen on kehitetty pysty- ja vaakakiskoihin perustuvia kiinnitysjärjestelmiä. Periaatteena on, että kiskosto muodostaa kiviverhouksen kannattavan apurungon, joka sijaitsee välittömästi luonnonkivipinnan takana. Menetelmän etu ovat runkokiinnitysten vähäinen määrä, kiinnitysten hyvä säädettävyys ja kiviverhouksen nopea asennus. Kiskokiinnitystekniikassa eristeen läpi menevien kiinnikkeiden määrä on yleensä merkittävästi pienempi kuin perinteisessä yksittäiskiinnitystekniikassa, mikä on lämpötaloudellisesti edullista.

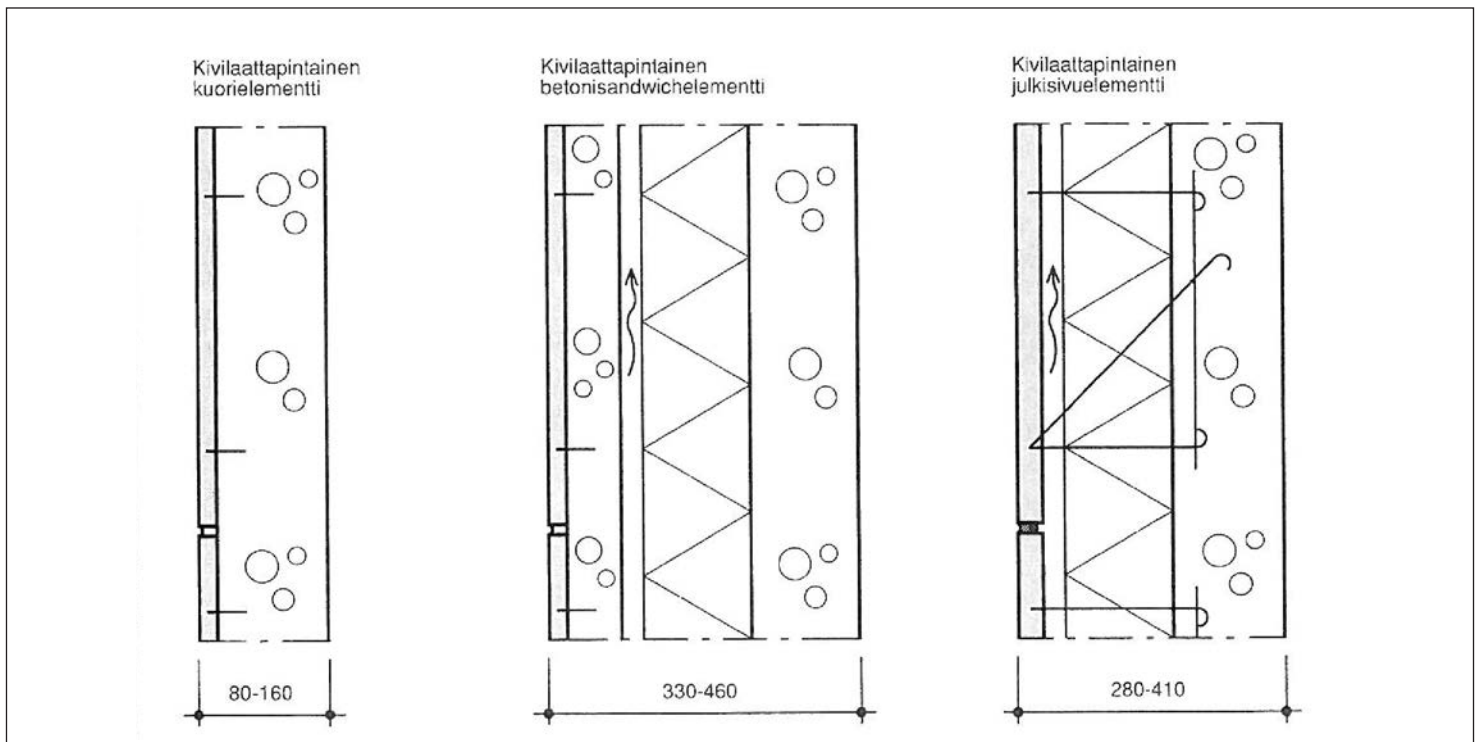
Huolellisesti suunnitellun kiinnitysjärjestelmän asennustyön työvaiheet ovat pitkälle viedyn esivalmistuksen ansiosta selkeitä ja yksinkertaisia, minkä ansiosta seinällä tehtävän työn määrä ja vaatavuus vähenevät. Lopputuloksena kiviverhouksen laatu paranee ja rakennuskustannukset alenevat.

Kiven kiinnitys voidaan kiskotekniikkaa käytettäessä toteuttaa periaatteessa samoilla menetelmillä kuin perinteisissä paikalla rakennetuissa julkisivuissa. Kivilaattojen kiinnityksessä voidaan käyttää joko reunareikä- tai reunauratekniikkaa. Menetelmien edullisuus riippuu erityisesti kiskoston suunnasta. Vaakakiskokiinnityksessä sovelletaan yleisesti reunaurakiinnitystä ja pystykiskokiinnityksessä vastaavasti reunareikäkiinnitystä.

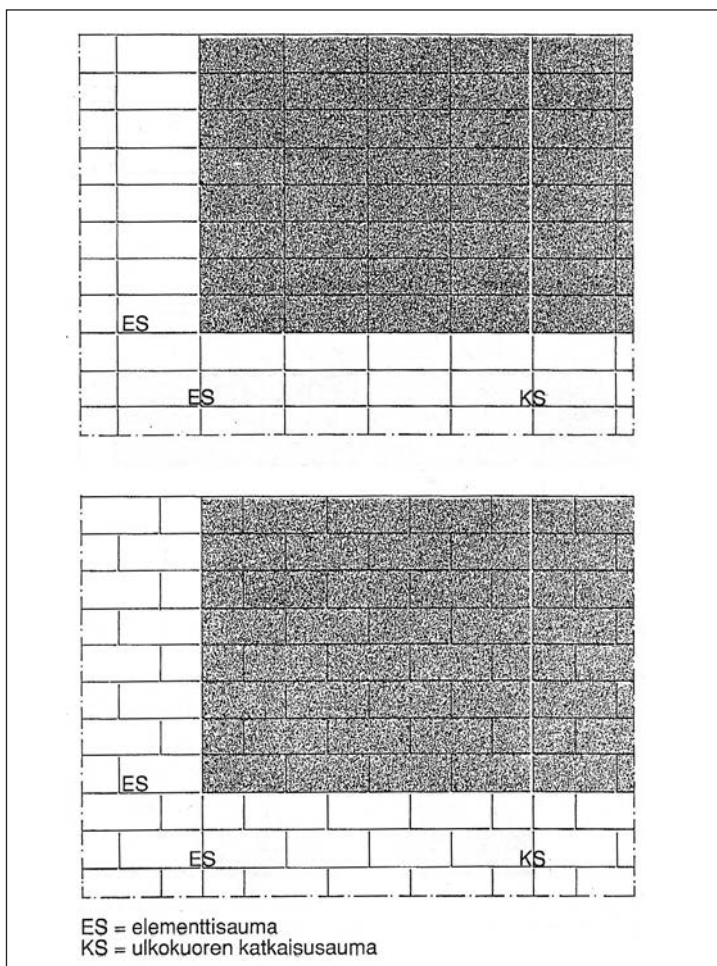
Kiinnikeulokkeiden pituus on kiskotekniikassa pieni, koska ulokkeet kiinnitetään kiven lähellä olevaan kiskoon. Lyhyen ulokemittan ansiosta kiinnikkeet ovat huomattavasti perinteisiä kivikiinnikkeitä pienempiä ja kevyempiä. Etuna on lisäksi, että kiskoston asema on säädettävissä suhteellisen tarkasti. Kivilaattokohtaisesti kiinnitykset suunnitellaan tavanomaisella tavalla. Pystysauma-kannatuksessa kaksi alinta kiinnikettä kantavat pystykuormat. Yläosassa sijaitsevat vaakasiteet ovat pystysuunnassa joustavia ja kantavat vain vaakakuormia. Kiskokiinnityksen liikevaroja suunniteltaessa on otettava huomioon kiskojen lämpömuodonmuutokset. Vaakakannatuksessa kiinnikkeet ovat useimmiten paikallisia, mutta myös jatkuvia reunauraan kiinnittyviä kiinnityskiskoja on käytetty. Ulokkeiden kiinnityksessä kiskostoon käytetään hitsausta, pulttiliitoksia ja poraruuveja. Kivikiinnikkeet tehdään ruostumattomasta teräksestä (AISI 304) tai alumiinista.

Kannatinkiskot mitoitetaan ottaen huomioon kivikiinnikkeistä aiheutuva taivutus sekä tuulikuorman aiheuttama vääntö, joka johtuu kiskon keskikohtaan nähden epäsymmetrisesti sijaitsevista kivikiinnikkeistä (Kuva 3-58). Kiskojen muoto ja mitat vaihtelevat tapausittain riippuen kiinnitystavasta ja kiskon materiaalista. Kiskoina käytetään kuumasinkitystä ja ruostumattomasta teräksestä valmistettuja putkia ja erilaisia kylmämuokattuja profiileja sekä suulakepuristettuja alumiinikiskoja. Eri metallien liitoskohdissa on julkisivuosuhteissa estettävä metallien kosketus toisiinsa sähkökemiallisen korroosion välttämiseksi.

Kiskojen runkokiinnitykset suunnitellaan niin, että ylin kiinnitys kantaa pystykuormat. Alemmat kiinnitykset toimivat vaakasitei-



Kuva 3-62. Kivipintaiset betonielementtityypit.



Kuva 3-63. Kivilaattojen koko ja laattajako toteutetaan elementtijaon mukaisesti.

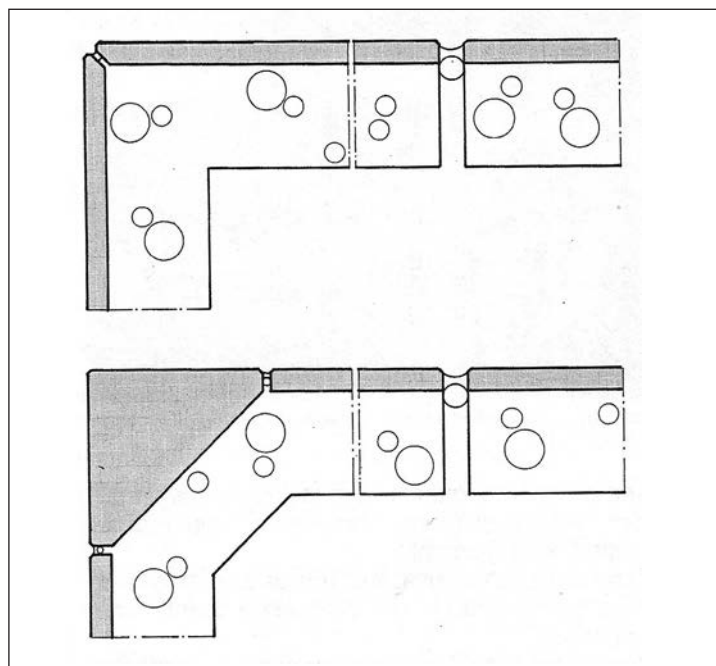
nä. Runkokiinnikkeiden ja kiila-ankkurien materiaalina käytetään ruostumatonta terästä (ks. kuva 3-57).

Valmiit kiskokiinnitysjärjestelmät tarjoavat helpon vaihtoehdon, mutta käytännössä saavutetaan useimmiten edullisin ja kohteeseen parhaiten soveltuva lopputulos, kun kiinnitys- ja rakenneratkaisut räätälöidään ottaen huomioon kohteen olosuhteet.

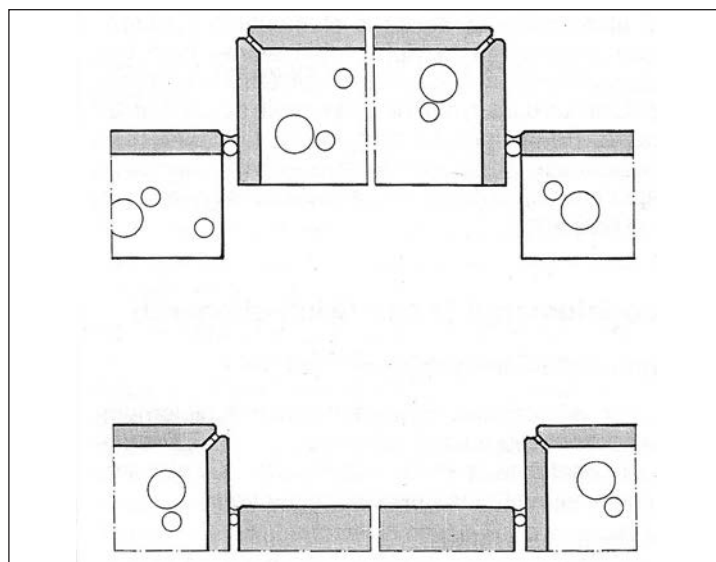
Kuvassa 3-59 on esitelty patentoitu kiskokiinnitysjärjestelmä, joka kehitettiin USA:ssa 1970-luvulla. Kuvassa 3-60 on esimerkki luonnonkivijulkisivun kisko-tekniikan soveltamisesta verhouksen yläosassa, kun kiviverhous kohoaa korkeammalle kuin rakennuksen kantava runko. Vastaava esimerkki verhouksen ala-osasta on esitetty kuvassa 3-61.

Kiskokiinnitystekniikkaa käyttämällä voidaan perinteiseen kivi laattojen yksittäiskiinnitystekniikkaan verrattuna saavuttaa seuraavia etuja:

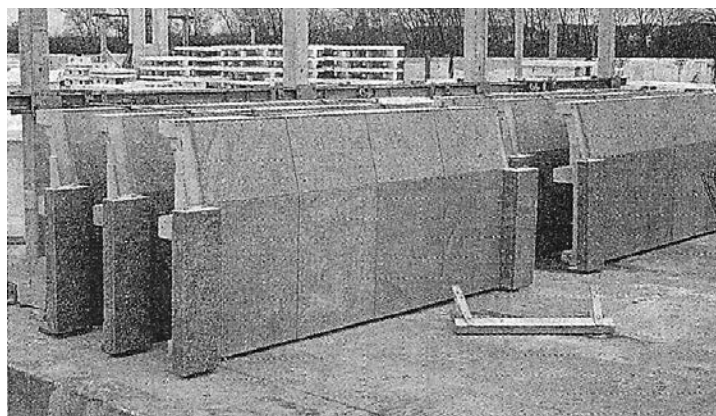
- kaikki kivilaattojen reunareitit voidaan valmistaa etukäteen kivenjalostamalla, koska reikien etäisyys laatan reunasta on vakio ja kannatinulokkeen ja pystykiskon liitoksen säätömahdollisuudet ovat hyvät, samoin voidaan kiinnikeulokkeet tehdä etukäteen valmiiksi,



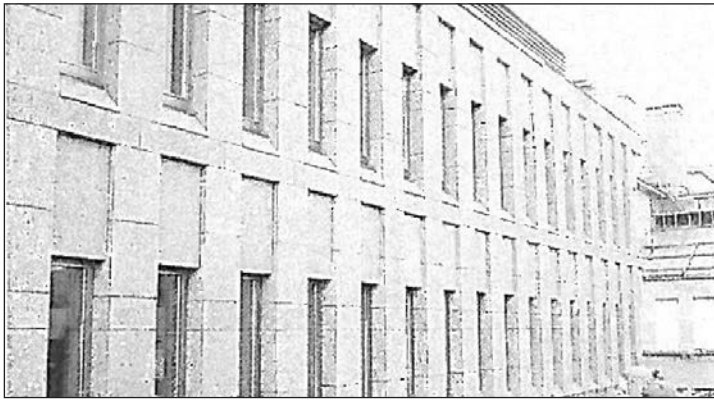
Kuva 3-64. Kivilaattapintaisen betonielementin nurkkadetaljeja.



Kuva 3-65. Luonnonkivijulkisivun muotoilu kivilaattapintaisen betonielementin avulla.



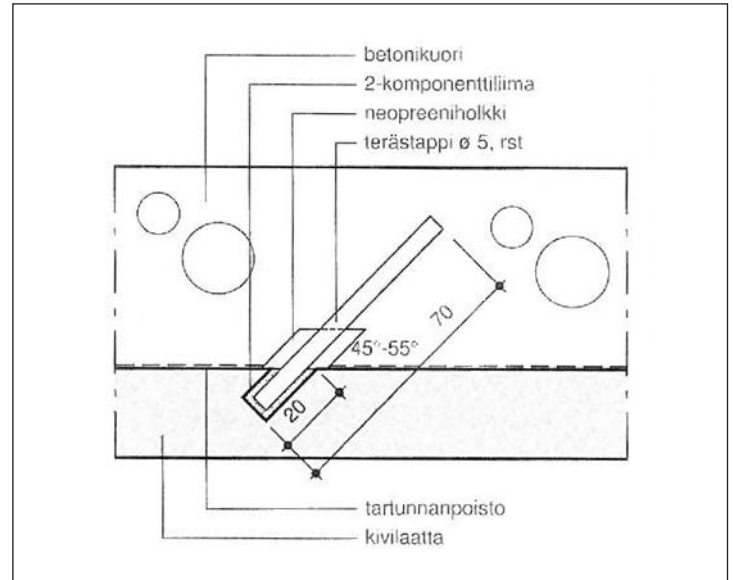
Kuva 3-66. Valmiita kivilaattapintaisia kuorielementtejä elementtitehtaan pihalla.



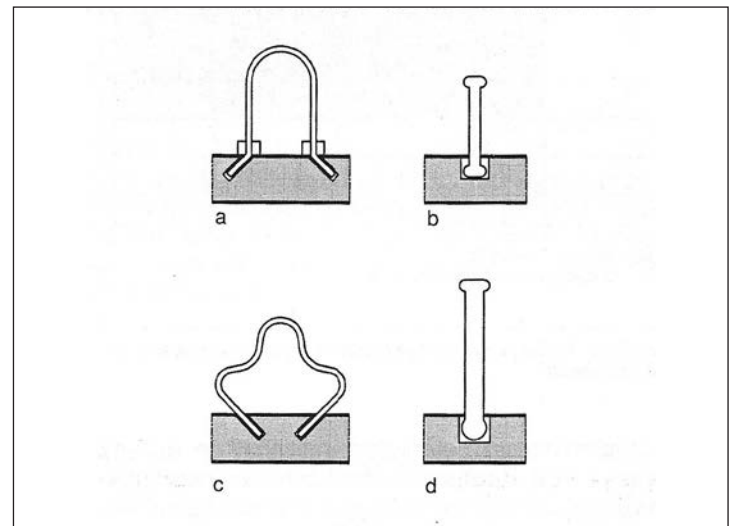
Kuva 3-67. Valmista kivilaattapintaisilla kuorielementeillä toteutettua julkisivua.

- kivilaattojen kiinnitykset ovat asennuksen yhteydessä helposti säädettävissä ilman monimutkaisia ja hankalia työvaiheita ja kivilaattojen edestakaisia nostoja,
- kivilaattojen asentaminen voidaan toteuttaa limityksen suunnassa helposti ja nopeasti,
- seinällä tehtävä asennustyö vähenee ja yksinkertaistuu, mistä seuraa, että kivilaattojen asennusnopeus lisääntyy perinteiseen tekniikkaan verrattuna,
- runkokiinnitysten määrä putoaa kiskotekniikan ansiosta merkittävästi yksittäiskiinnitystekniikkaan verrattuna, minkä ansiosta kiinniketarvikkeiden määrä ja kustannukset pienevät.

Kiskokiinnitystekniikkaa voidaan periaatteessa käyttää aina julkisivupinnan mitoituksesta riippumatta. Järjestelmän edut korostuvat kuitenkin selvimmin, kun julkisivun limityskuvio antaa mahdollisuuden tarkoituksenmukaiseen kiinnityskiskojen sijoittamiseen. Kiskokiinnitysjärjestelmän käyttö hankaloituu, kun kivipinnan limitys on monimutkainen. Kiskotekniikan edullisuus korostuu, kun julkisivuverhouksen kivilaattakoko on pieni.



Kuva 3-68. Kiven takapintaan liimattava vinotappi.



Kuva 3-68. Kiven takapintaan liimattava vinotappi.

3.5 Kivilaattapintaiset betonielementit

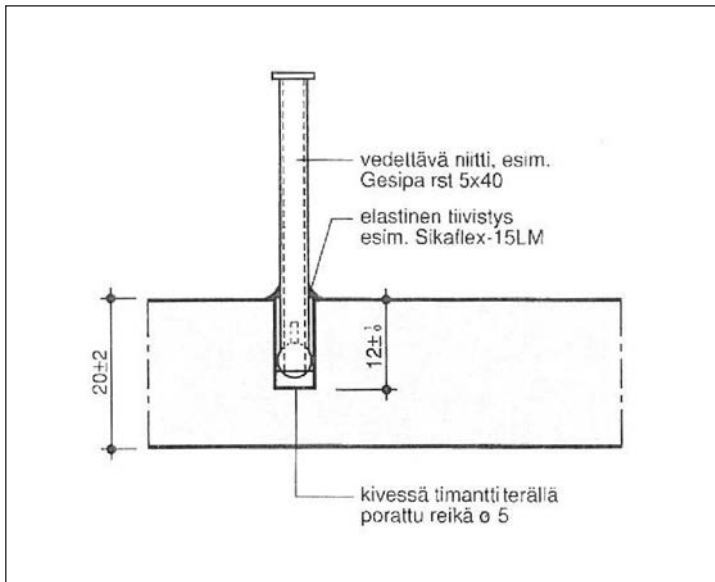
Elementtityypit

Luonnonkivipintaisten betonielementtien käyttö alkoi Suomessa 1970-luvun loppupuolella, Aktiivista tutkimus- ja tuotekehitystyötä on tehty 1980-luvulta alkaen. Kehitystyön pääpaino on ollut kivilaattojen kiinnitysmenettelyissä ja korkealaatuisten julkisivuelementtien rakenteiden sekä kivi- ja elementtituotannon erikoispiirteissä.

Kivilaattapintaiset betonielementtityypit on esitetty kuvassa 3-62. Kuorielementtiä käytetään rakennusten verhoiluun vaihtoehtona paikalla rakentamiselle, kun halutaan nopeuttaa ja yksinkertaistaa kiviverhouksen työmaa-alennusta. Kuorielementti soveltuu hyvin myös julkisivun muotoiluun, Sandwichelementti ja kivikuorinen julkisivuelementti ovat lämpöeristettyjä ulkosei-

Paksuus (mm)				yhteensä	Pituus (mm)
sisäkuori	eriste	ulkokuori	betoni kivi		
80	145	70	15/20	310/315	< 4800
100	145	70	15/20	330/335	< 6000
120	145	70	15/20	350/355	< 9000
150	145	70	15/20	380/385	kantavat sisäkuoret

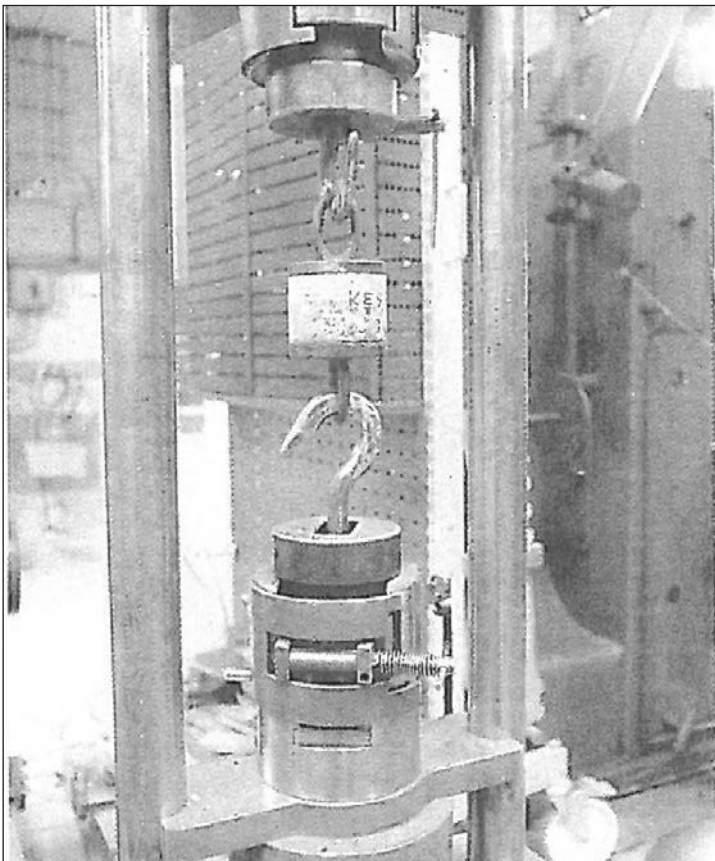
Taulukko 3-3. Kivilaattapintaisen betonielementin mitoitus.



Kuva 3-70. Vetoniittikiinnityksen periaate.

näelementtejä. Kaikkien elementtityyppien käytöstä on saatu hyviä kokemuksia.

Yksittäisissä kohteissa voi elementtirakenteita muunnella olosuhteiden mukaisesti. Periaatteessa on esimerkiksi mahdollista jälkikiinnittää kivilaatat valmiin betonielementin ulkopintaan ennen elementin alennusta. Tällöin saadaan työmaa-asennuksessa elementtitekniikan edut. Mekaanisia kiinnikkeitä käytettäessä jäikiasennettu kiviverhous voidaan toteuttaa tuuletettuna paikalla rakennetun julkisivun tapaan ja vaikka avosaumoin.



Kuva 3-71. Kiven ja betonin välisen tartuntalujuuden testaus vetokokeessa.

Paikalla rakennettuun luonnonkivijulkisivuun verrattuna elementtitekniikalla saavutetaan seuraavat edut:

- kivilaatat ja kiinnikkeet ovat elementtitehtaalle tuotaessa kokonaan esivalmistetut, joten kiveen liittyvät työt voidaan tehdä hallituissa olosuhteissa kivenjalostamossa,
- kiviverhouksen valmistus helpottuu, kun kivilaattojen asennus siirtyy työmaaltaelementtitehtaaseen,
- verhouksen mittatarkkuus ja rakenteen toiminnallinen varmuus on tehdasolosuhteissa helpompi varmistaa, kuin työmaalla,
- korkean esivalmistusasteen ansiosta työmaalla tehtävä työ vähenee ja kiviverhouksen asentaminen nopeutuu,
- kiviverhouksen rakennuskustannus putoaa selvästi. (ks. 6.4)

Onnistuneen lopputuloksen edellytys on toisaalta, että elementtituotannossa ja elementtien asennuksessa perehdytään kivipintaisten elementtien valmistuksen ja asennuksen erikoispiirteisiin sekä noudatetaan kaikissa työvaiheissa erittäin suurta huolellisuutta. Perinteisen kivityön hyvän tarkkuuden aikaansaamiseksi on kiinnitettävä erityistä huomiota kivipinnan mittatarkkuuteen ja kiven värisävyjen vaihtelun hallintaan.

Kuorielementti ja sandwich-elementti

Suunnittelun erikoispiirteet

Luonnonkivilaatoilla päällystettyjen betonielementtien rakennesuunnittelu toteutetaan elementtirakenteiden osalta tavanomaisella tavalla. Kivipinnasta johtuvia suunnittelun erikoispiirteitä ovat:

- kivilaattojen mitoitus,
- kivilaattojen kiinnityksen suunnittelu ja mitoitus,
- elementin ulkokuoren katkaisun suunnittelu,
- saumojen suunnittelu,
- elementin tuuletuksen suunnittelu,
- kivi- ja reunadetaljien suunnittelu.

Kivilaatoilla päällystetty betonielementti pyrkii käyristymään kivipinnan ja betonielementin muodonmuutoserojen johdosta. Elementin ulkonäön kannalta haitallista käyristymistä voidaan tunnetusti hillitä tietyillä suunnitteluratkaisuilla ja elementin valmistuksen aikaisilla toimenpiteillä kuten:

- käyttämällä suuria betonin runkoaineen maksimi-raekokoa (16 mm),
- käyttämällä pientä vesi-sementtisuhdetta ja hieno-ainemäärää,
- välttämättä lämpökäsittelyä alkukovettumisen aikana,

- säilyttämällä elementtiä muotista noston jälkeen mahdollisimman, pitkään lämpimässä ja kosteassa tilassa sekä oikein tuettuna,
- rajoittamalla ulkokuoren pituutta erityisesti kuori-elementtejä käytettäessä ja
- käyttämällä mahdollisuuksien mukaan elementin rakenteellista jäykistystä ja elementtiä suoristavia runkokiinnityksiä.

Kuorielementin paksuuden tulee olla vähintään 70 mm + kiven paksuus. Vaatimus perustuu kivilaatan vedenläpäisyominaisuuksiin ja raudoituksen suojabetonikerroksen riittävyyteen. Kuorielementin suositeltava enimmäispituus on 3,6 - 4,0 m.

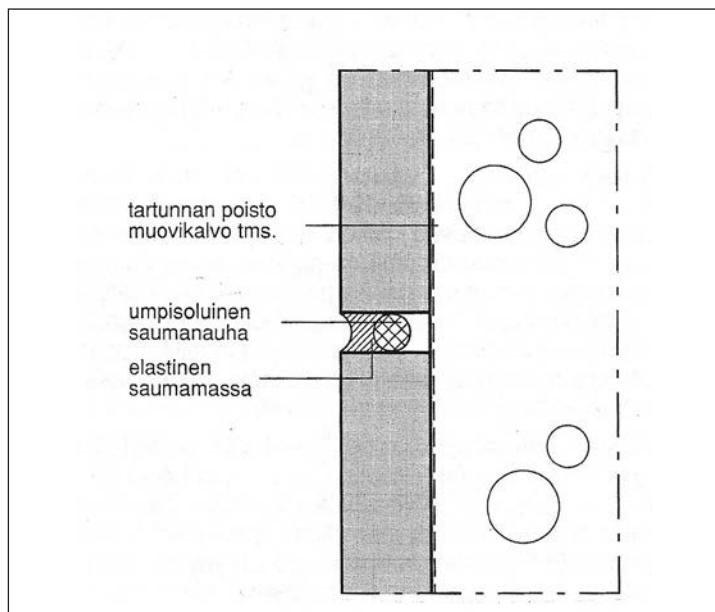
Sandwich-elementin pituus voi olla 8.1 - 9,0 m ja enimmäiskorkeus 3,6 m. Elementin rakennekerrosten paksuudet mitoitetaan eri tapauksissa esimerkiksi taulukon 3-3 mukaisesti.

Ulkokuoren pituuden ylittäessä 3000 mm se jaetaan osiin liikuntasaumoilla. Pidemmän ulkokuoren käyttö tulee kysymykseen edellyttäen, että luotettavasti selvitetään odotettavissa oleva elementin käyristyminen ja sen vaikutus kohteen suunnitteluun.

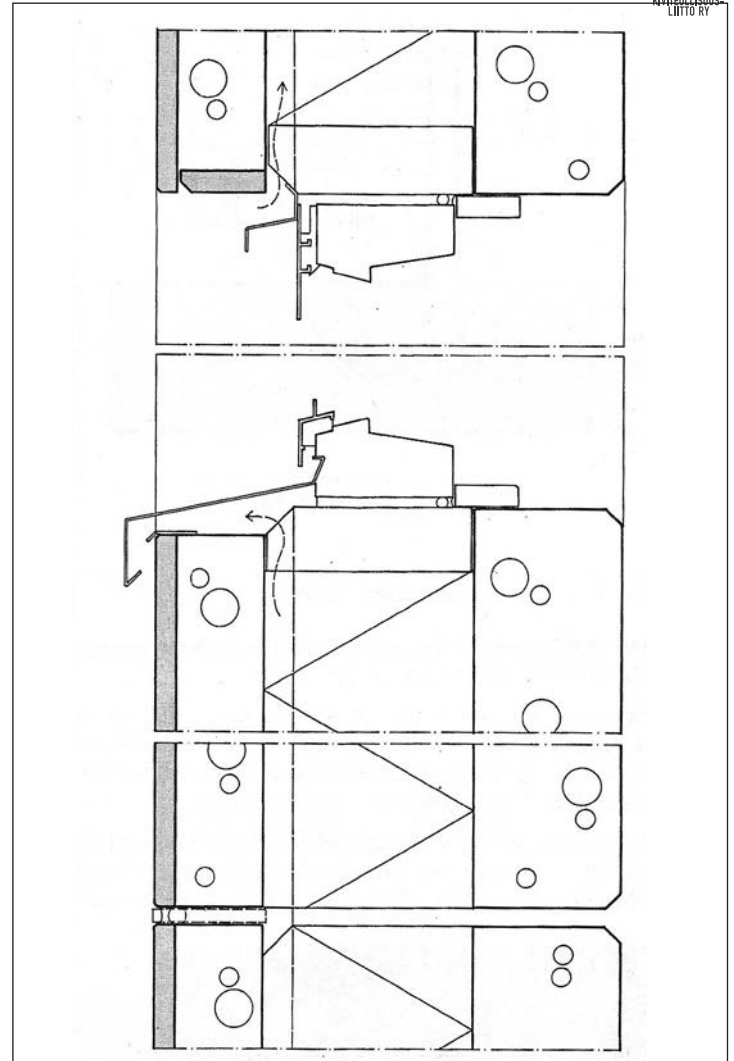
Kivilaattojen mitoitus ja kiinnitys

Betonelementtien kivipinnan laattakoot voidaan periaatteessa suunnitella melko vapaasti. Käytännössä on kuitenkin edullisinta käyttää vakiokokoisia kivilaattoja tai mahdollisimman harvoja laatta kokoja, jolloin kivilaattojen tuotanto ja käsittely yksinkertaistuvat.

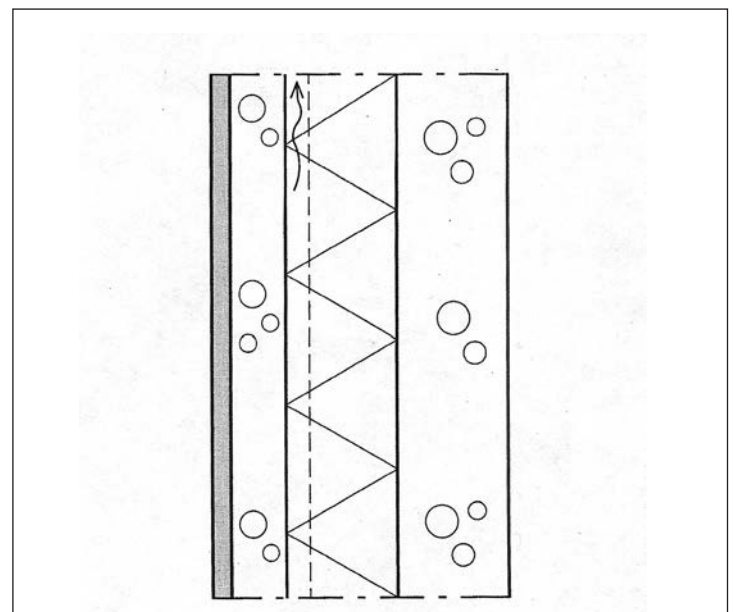
Kivilaatalta vaadittava paksuus riippuu kiven lujuudesta, laatan sivumitoista ja laatan kiinnitystavasta. Mekaanisia kiinnikkeitä käytettäessä kivilaatan vähimmäispaksuus on 25 mm. Tartuntamenetelmällä kiinnitettävät hiotut tai kiillotetut kivilaatat voivat



Kuva 3-72. Kivilaattojen välisen sauman elastinen tiivistys betonelementeissä.



Kuva 3-74. Tuuletusvälin yhteys ulkoilmaan aukon ylä- ja alapuolella kivilaattapinta-aisessa betonisandwich-elementissä.



Kuva 3-73. Kivipintaisen betonisandwich-elementin tuuletuksen järjestäminen.

kiinnitystavasta riippuen olla 10 - 20 mm paksuisia. Ristipäähaakatut ja poltettupintaiset kivilaatat mitoitetaan 25 - 30 mm paksuisiksi. Elementtien ja kivilaattojen valmistajien antamia ohjeita on syytä noudattaa. Erittäin hoikkien laattojen käyttöä tulee välttää. Kivilaatan pidemmän ja lyhyemmän sivun suhteen on suositeltavaa olla enintään 4 : 1 (10 mm paksuisilla kivillä 3 :1). Tätä hoikemmilla laatoilla luonnonkiven paikallisista heikkouskohdista johtuva vaurioitumisriski kasvaa voimakkaasti.

Kivilaattojen kiinnityksen suunnittelu ja mitoitus

Kivilaatat kiinnitetään betonikuoreen joko mekaanisesti tai tartunnan avulla. Kiinnittyminen tapahtuu yleensä valun yhteydessä. On myös periaatteessa mahdollista jälkikiinnittää kivilaatat valmiiseen betonielementtiin joko mekaanisesti tai liimaamalla ennen elementin asennusta.

Valussa ankkuroituvia mekaanisia kannattimia ovat erilaiset kivilaatan takapintaan tai reunaan ennen valua liimattavat tapit ja koukut (kuva 3-68 ja 3-69). Erikoissovellutus on Lohja Betonilan julkaisemassa ohjeessa esitetty niittikiinnitys, jonka periaate on esitetty kuvassa 3-70. Mekaanisia kiinnityksiä käytettäessä kivilaatan ja betonin välinen tartunta poistetaan esimerkiksi muovikalvon avulla ja kivilaattojen saumat tehdään aina elastisiksi. Kivilaattojen suositeltava koko on 0.5 - 1.0 m².

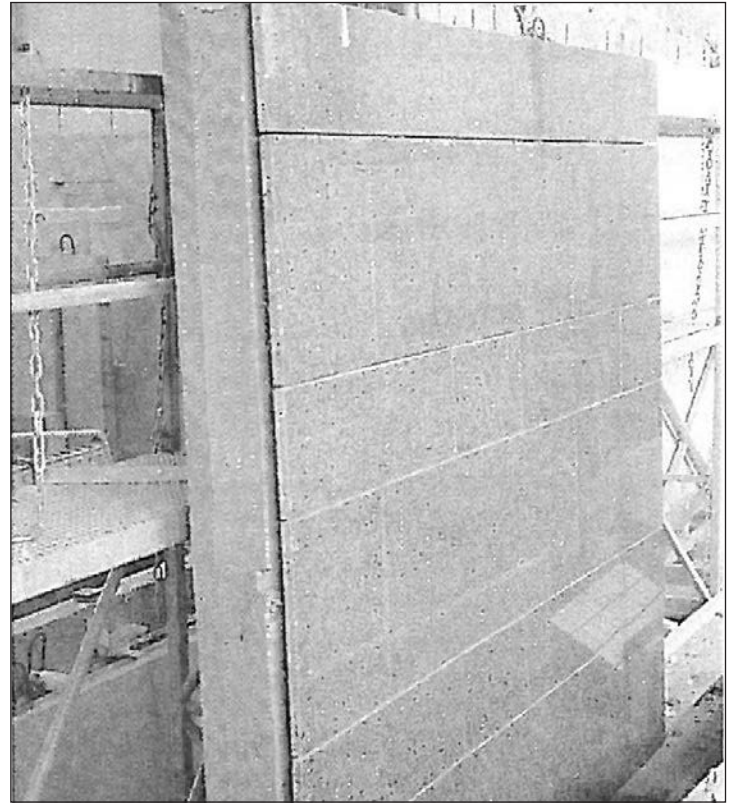
Kivilaattojen kiinnitys valutartunnalla on uusi menetelmä kivi-elementeissä. Tarjolla on kaksi hieman toisistaan poikkeavaa, tutkittua periaateratkaisua. Lohja Betonilan kehittämä menetelmä soveltuu mittatarkoille, 10 mm paksuisille pienehköille kivilaatoille. Pintalaattoina käytettävien kivilaattojen tartunta-potentiaali tutkitaan VTT:llä kehitetyllä testillä. Suositeltavaa on käyttää kalibroituja laattoja, joiden taka-pinnassa on aaltomainen pintakuviointi.

OK-elementissä, jonka kehittäjät ovat Oulaisten Kivi Oy ja Partek Betoniteollisuus Oy, kivilaatat ovat 15 - 30 mm paksuisia. Kivilaattojen kiinnitys perustuu laatan takapintaan 40 mm välein jyrskyihin 5 mm syvyisiin ja 15 mm levyisiin uriin, jotka täyttyvät valussa betonilla muodostaen vaarnamaiset kiinnitykset.

Joissain tapauksissa on tarkoituksenmukaista kiinnittää osa julkisivukivistä, esimerkiksi pieli- tai kulmakivet, jälkeensä. Näiden kivien kiinnitystapa suunnitellaan tapauskohtaisesti yleisten kiinnityspäätteiden mukaisesti.

Saumojen suunnittelu

Elementeissä suositeltava kivilaattojen välisen sauman leveys on 5 - 15 mm. Lohja Betonila Oy:n tuotantoon kuuluu myös pusku-sauma, joka edellyttää kivilaatoilta erittäin hyvää mittatarkkuutta. Kivi-saumat voivat olla joko 'kovia' saumoja, jolloin sauma



Kuva 3-75. Kivikuorinen betonielementti elementtitehtaan varastossa.

tiivistetään sementtilaastilla valuvaiheessa, tai joustavia, elastisella saumamassalla tiivistettyjä. Saumalaastin väri on harmaa tai valkoinen. Elastisen saumamassan väri voidaan valita halutunlaiseksi. Myös avosauman käyttö on periaatteessa mahdollista elementeissä. Suositeltavaa on käyttää kussakin kohteessa mahdollisimman vähän erilaisia kivi- ja elementtisaumoja.

Tuuletuksen suunnittelu

Luonnonkivipintainen elementti on, samoin kuin keraamisilla laatoilla pinnoitettu betonielementti, aina tuuletettava käyttäen ulkokuoren taakse sijoitettavaa tuuletusväliä, jotta rakennekosteus ja käytön aikana rakenteeseen joutunut kosteus voi kuivua tuuletusvälin kautta. Luonnonkivipinnassa saumojen osuus jää varsin pieneksi ja saumat tiivistetään useimmiten elastisilla saumamassoilla. Keraamiseen laattapintaan verrattuna luonnonkivipintaisen elementin kuivuminen laattasaumojen kautta on näin ollen erittäin vähäistä. Kuivuminen kiven läpi on hidasta ja ulos-pyrkivä kosteus voi aiheuttaa kivipintaan kosteudesta ja suoista johtuvaa kirjavuutta.

Sandwich-elementissä käytetään esimerkiksi kuitukankaalla urasuojattua ristiin uritettua mineraalivilla-eristettä. Elementin ylä- ja alareunassa varmistetaan tuuletuskanavien keskinäinen yhteys loveamalla eristeen reuna kolmiomaisesti koko elementin leveydeltä.

Tuuletuskanavien yhteys ulkoilmaan on perusedellytys tuuletuksen toiminnalle. Yhteys järjestetään aukkojen ylä- ja alareunoista

ja erillisten, saumoihin sijoitettavien tuuletusaukkojen avulla. Tuuletus voidaan järjestää myös käyttämällä avosauvoja elementissä. Tuuletusaukkojen määrän on suositeltavaa olla 0.1 % kivipinnan alasta.

Suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että mahdolliset ulkokuoren paksunnokset elementin reuna-alueilla eivät estä tuuletusvälin yhteyttä ulkoilmaan. Pystyelementeissä on elementtipiirustukseen merkittävä tuuletuksen suunta. Kuori-elementtien ja eristeen väliin jätetään vähintään 30 mm leveä tuuletusväli. Elementeissä, joissa kivi-laatat jälkiasennetaan valmiiseen betonielementtiin, voi tuuletusvälin tehdä helposti myös kivilaatan ja elementin väliin.

Toleranssit

Elementit suunnitellaan normaalisti toleranssiluokkaan 1 (RT 02-10102). Kivilaatalta vaadittava mittatarkkuus vaihtelee käyttökohteesta ja kivilaatan paksuudesta riippuen. Luonnonkivilaattojen mittatarkkuusvaatimukset on annettu RYL-90 :Saša, jonka mukaan kivilaattojen mitoissa saa olla ainoastaan sellaisia poikkeamia, että laatat voidaan kiinnittää asiakirjojen määräysten mukaisesti.

Elementtipiirustukset

Elementtipiirustukset tehdään BEC-suunnitteluohjeen mukaisesti taulukkoineen. Rakennepiirustuksessa esitetään myös kivilaattojen ladontakaavio, joka piirretään siten, että siinä esitetään kivet takaa katsottuna. Ladontakaavio on esitettävä myös kääntyvistä reunoista ja pielistä. Piirustukseen merkitään myös mahdolliset jälkikiinnitettävät laatat. Suunnittelija tekee kivilaatoista työpiirustukset, joista ilmenevät kivien mitat, reunakäsittelyt, viisteet, erikoistyöt ja muut kivien valmistuksessa tarpeelliset tiedot, jotka kivitoimittaja varmentaa.

Valmistus, kuljetus ja asennus

Elementit valmistetaan kuten klinkkeri- ja tiilipintaiset elementit siten, että kivilaatat ladotaan muotin pohjalle, mielellään rasteeriin. Öljyn pääsy kosketuksiin kivien kanssa on estettävä. Muotin on oltava ehdottoman puhdas ja roskaton. Kivilaattojen on oltava pölyttömiä ja puhtaita. Ladonnan yhteydessä tarkistetaan laattojen eheys ja asiakirjojen mukaisuus. Kivi-laattojen ladonnassa on erityisesti varottava latomasta kiviä rasterin päälle, jolloin ulkopintaan tulee hammastusta.

Kivilaatat koodataan kivenjalostamossa selvästi ja yksiselitteisesti rakennepiirustusten mukaisesti laattojen reunoihin ja takapintoihin tehdyillä merkinnöillä vedenkestävällä värillä. Kivitoimitukset suunnitellaan siten, että kuljetusalustalla olevat kivet ryhmitellään selkeästi elementtikohtaisesti.

Ladottujen kivilaattojen päälle valettava ulkokuoren betonimassa (raekoko 0...16 mm, lujuusluokka vähintään K30) tiivistetään huolellisesti siten, että laatat eivät siirry. Muuten valmistus etenee tavalliseen tapaan.

Elementit tuetaan siirtojen, varastoinnin ja kuljetusten aikana aina betonikuoresta. Elementtien kuljetuksen aikana kivipintaa ei saa kuormittaa. Kuljetuksen aikana elementit suojataan muovilla ja tarvittaessa puukehyksellä. Suojaukset puretaan asennuksen yhteydessä. Työmaan järjestelyissä tulee ottaa huomioon, ettei elementtirakenne kastu eikä luonnonkivipinta joudu alttiiksi kolhiintumiselle tai likaantumiseksi.

Kivilaattojen vaihto

Rikkoontuneen betonielementin verhouslaatan vaihtaminen on melko hankalaa ja työvaltaista, joten elementtien käsittelyssä tulee pyrkiä erittäin suureen huolellisuuteen vaurioiden välttämiseksi.

Vaihdettava kivilaatta poistetaan piikkaamalla ja tarvittaessa timanttileikkaajalla siten, että viereiset kivilaatat eivät vaurioidu. Korvaavat kivilaatat kiinnitetään karhennettuun, puhdistettuun ja kasteltuun betonipintaan sementtipohjaisella erikoismassalla. Varmistuksena voidaan käyttää myös mekaanisia kiinnikkeitä, jotka asennetaan laatan takapintaan.

Kivikuorinen julkisivuelementti

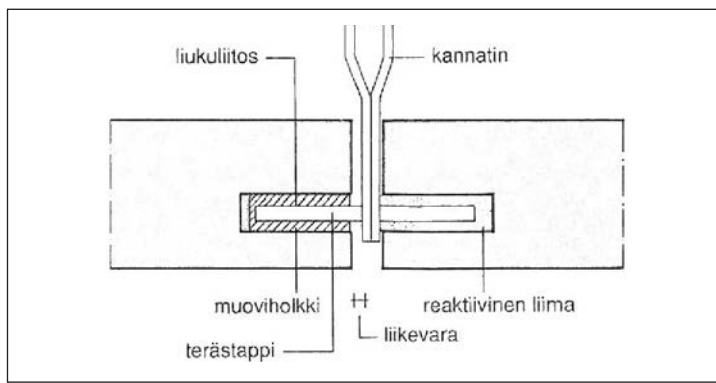
Rakenteen periaate

Rakenteellisesti kivikuorinen julkisivuelementti on betonilevy, johon luonnonkivilaatat on ripustettu. Elementin betonikuori suunnitellaan ja valmistetaan kuten tavallisen betonisandwich-elementin sisäkuori. Betoniluokka on tavallisesti K 3D. Nostolenkit sijoitetaan elementin painopisteakselle ja ne kiinnitetään aina betonikuoreen. Elementin kuoret eivät jäykistä toisiaan, minkä takia rakennetta ei laskelmissa voida käsitellä sandwichrakenteena. Kiviverhous suunnitellaan joustavaksi siten, että kaikissa kivilaattasaumoissa on liikevara. Kiviverhous tiivistetään sateenpitäväksi elastisilla saumaussmassoilla.

Rakenne tuuletetaan kivikuoren takaa yhtenäisellä ilmaraolla, joka valmistetaan erikoistekniikalla käyttämällä hienoa hiekkaa. Fysikaaliselta toiminnaltaan valmis kivikuorinen elementtirakenne vastaa perinteistä tuuletettua luonnonkiviverhousa. Kivikuorinen julkisivuelementti valmistetaan ulkokuori alapäin tavanomaisella käännettävällä pöytämuotilla. Elementin valmistus on muilta osin varsin poikkeava verrattuna tavanomaiseen elementtituotantoon.

Kuormitukset

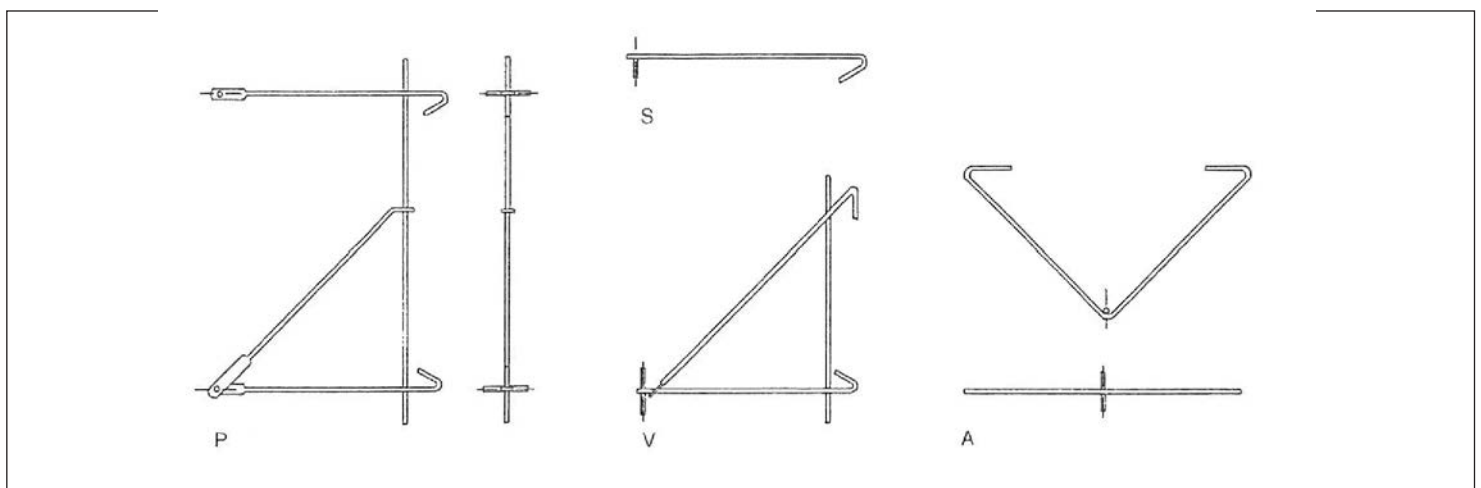
Kivikuorinen betonielementti mitoitetaan puristukselle ja taipu-
tukselle kuten normaali yksikerroksinen betoniseinä tai -pilari.
Elementtiin ripustettujen kivi-laattojen paino aiheuttaa element-
tiin taiputusrasitusta. Kun elementti nostetaan muotista, poistuu
lämmöneristeen päällä ollut betonikuoren paino ja eriste pyrkii
laajentumaan alkuperäiseen, ennen betonivalua olleeseen ti-
lavuuteensa. Ilmiötä kutsutaan villapaineeksi. Kokeellisesti on
määritetty, että käytettäessä tavanomaisia elementtivillaeristeitä
(PV-EL- tai Olle-laadut), voidaan villapaineen pv mitoitusravona
purkuhetkellä käyttää noin 80 % betonikuoren painosta. Tauluk-
koon 3-4 on laskettu villa-paineen aiheuttamia laattaakohtaisia
kuormia.



Kuva 3-77. Pystysaumakannattimen P ja kiven kivikuorisessa betonielementissä.

Villapaine vaikuttaa rakenteessa vain lyhytaikaisesti, kun ele-
mentti nostetaan muotista. Kun hiekka poistuu tuuletusraosta,
villapaine laukeaa. Tuuletusraon mitoituksessa on huomioitava
villan tilavuuden kasvu tässä vaiheessa.

Tuulikuorma ja kuljetuksen aikaiset kuormat määritetään nor-
maalisti rakenteiden kuormitusohjeiden mukaan. Elementin
kivikuorta mitoitettaessa huomioidaan tarvittavat tapauskohtai-
sesti verhouksen ala-osissa liikenteestä johtuvat kuormat.



Kuva 3-76. Kivikuorisen elementin kivi kiinnikkeet. Pystykannatin (P), vaakaside (S), vaakakannatin (V) ja jäykiste (A).

Kivilaattojen mitoitus

Kivikuorisessa elementissä kivilaattojen mitoituksessa nouda-
tetaan samoja periaatteita, kuin perinteisessä kiviverhouksessa.
Kivilaatalta vaadittavavähimmäispaksuus tarkistetaan laatan
taivutuksen ja kiinniketappien lohkeamisen suhteen. Elementin
valmistus-vaiheessa esiintyvävillapaine aiheuttaa kivilaattoihin
taivutuksen, joka on määräävä kuormitus kivilaattojen mitoituk-
sessa.

Taulukossa 3-5 on esitetty kivilaatan vähimmäispaksuudet
kivikuorisessa elementissä tavallisimmista tapauksissa, kun
reunakiinnitysreiät sijaitsevat laatan keskellä. Kivi on tyypillistä
graniittia ja laatan pidemmän ja lyhyemmän sivun välinen suhde
on joko 2 tai 4.

Kivilaattojen kiinnitysten suunnittelu

Kivikuorisen betonielementin kivilaatat kiinnitetään reunareikiin
upotettujen tappien välityksellä kuvan 3-76 mukaisilla, erikoi-
sesti tätä elementtiä varten suunnitelluilla erikoiskiinnikkeillä,
jotka ankkuroituvat valussa elementin betonirunkoon. Kiinnik-
keiden teräs-laatu on ruostumaton niiltä osin, jotka eivät koko-
naisuudessaan jää riittävän betonikerroksen sisään. Liitettäessä
teräsosia toisiinsa hitsaamalla on varmistettava hitsisaumojen
korroosionkestävyys. Ele-
mantissa on mahdollista käyttää myös
erilaisia kiven takapintaan ankkuroituvia kiinnikkeitä.

kivilaatan pinta-ala [m ²]	betonikuoren paksuus [mm] / villapaine [kN/m ²]				
	80 1,6	120 2,4	160 3,2	200 4,0	240 4,8
0,5	800	1200	1600	2000	2400
1,0	1600	2400	3200	4000	4800

Taulukko 3-4. Villapaineen kivilaatalle aiheuttamia kuormia (N).

Saumojen suunnittelu

Kivikuorisessa elementissä kiviverhous suunnitellaan paikallarakennetun verhouksen tavoin joustavaksi siten, että kaikissa kivilaattasaumoissa on liike-vara. On suositeltavaa, että kivikuorisen elementin saumojen leveys on vähintään 10 mm. Sateenpitävyyden varmistamiseksi kivilaattaverhouksen saumat tiivistetään elastisella saumamassalla. Kivilaattojen saumaus on julkisivun saumojen tasavärisyyden varmistamiseksi suositeltavaa suorittaa vasta elementtien saumauksen yhteydessä.

Mikäli julkisivussa on porrastuksia, erkereitä tai SI-säänvetoja, voidaan elementin saumat sijoittaa ulkoseinän taitekohtiin. Saumoissa mahdollisesti olevat epätarkkuudet eivät näin erotu selvästi.

Kivilaatan ala m ²	Betonisen sisäkuoren paksuus, (mm)							
	80		120		160		200	
	2	4	2	4	2	4	2	4
0,3	30	30	30	30	30	30	30	35
0,5	30	30	30	30	35	35	35	40
0,8	30	35	35	40	40	45	45	50

Taulukko 3-5. Kivilaattojen vähimmäispaksuus kivikuorisessa julkisivuelementissä. Laatan sivumittasuhte on 2 tai 4.

Tuuletuksen suunnittelu

Kivikuorinen julkisivuelementti tuuletetaan kiviverhouksen taakse sijoitettavan yhtenäisen ilmaraon avulla, joka on riittävästi yhteydessä ulkoilmaan vastaavalla tavalla kuin tuuletetussa julkisivuverhouksessa. Tuuletusaukkojen ohjeellisena määränä voidaan pitää 0,1 % kivijulkisivun pinta-alasta, jolloin yhdelle neliömetrille saadaan 10 cm³ tuuletusaukkoa. Tavallisesti tuuletusaukot avautuvat seinän ylä-osassa räystäälle ja aukkojen reunoille. Tuuletusrakojen suunnittelussa on otettava huomioon, että vesi ei pääse niiden kautta kiviverhouksen taakse. Seinän alaosaan on järjestettävä veden ulosjohtaminen rakenteesta.

Toleranssit

Kivikuorinen julkisivuelementti suunnitellaan normaalisti toleranssiluokkaan 1 (RT 02-10102). Käytännössä lopputuloksen onnistumiseksi elementin kivilaattaverhous on tehtävä tehtaalla kiviasennustyön tarkkuudella ja huolellisuudella. Kivilaattakuoren mitta-tarkkuus on toisaalta valmistustavasta johtuen varsin helppo tarkistaa, ennen kuin muotin reunat kiristetään. Kivilaatalta vaadittava mittatarkkuus vaihtelee käyttökohteesta ja kivilaatan paksuudesta riippuen. Luonnonkivilaattojen mittatarkkuusvaatimukset on annettu RYL-90:ssa, jonka mukaan kivilaattojen mitoissa saa olla ainoastaan sellaisia poikkeamia, että laatat voidaan kiinnittää asiakirjojen määräysten mukaisesti.

Taloudellisesti on edullista asettaa julki-sivusuunnittelun lähtökohdat niin, että toteutustapa otetaan huomioon suunnittelussa eikä elementtira-kentämiseen kohdisteta selvästi normaalia suurempaa tarkkuusvaatimusta.

Elementtipiirustukset

Elementtipiirustukset tehdään BEC-suunnitteluohjeen mukaisesti taulukkoineen. Rakennepiirustuksessa esitetään myös kivilaattojen ladontakaavio, joka piirretään siten, että siinä esitetään kivet takaa katsottuna. Ladontakaavio on esitettävä myös kääntyvistä reunoista ja pielistä. Piirustukseen merkitään myös mahdolliset jälkikiinnitettävät laatat. Suunnittelija tekee kivilaatoista työpiirustukset, joista ilmenevät kivien mitat, reunakäsittelyt, viisteet, erikoistyöt ja muut kivien valmistuksessa tarpeelliset tiedot, jotka kivitoimittaja varmentaa.

Valmistus, kuljetus ja asennus

Kivikuorinen julkisivuelementti valmistetaan kääntö-muotissa. Elementin valmistuksen työjärjestys on käänteinen. Pienet kivilaatat siirretään käsivoimin, suurten laattojen siirtoon soveltuu myös imukuppi-nosturi. Kivikiinnikkeet asetetaan paikoilleen kiven reunassa oleviin reikiin laattojen ladonnan yhteydessä. Kivilaattojen välissä ei käytetä rasteria. Oikea saumaleveys varmistetaan laattojen väliin sijoitettavien määramittaisten palojen avulla. Kivilaatat kiinnitysreikineen ja kiinnikkeet ovat täysin esivalmisteltuja, joten elementtitehtaalla tehdään vain rakenteen kokoonpanotyö. Rakenteen erikoisuus on yhtenäinen ilmaraako, joka valmistetaan kuivan, tasarakeisen hiekan avulla. Lämmöneristys ja betoninen sisäkuori tehdään tavanomaiseen tapaan, Betoni tiivistetään sauvatäryttimellä. Lämpökäsittelyä ei suositella. Nostovaiheessa on varmistettava, että elementin alapään tuenta kohdistuu yksinomaan betonikuoreen.

Kivilaattojen ladonta tapahtuu elementtitehtaalla tietyn järjestelmän mukaan. Tämä on otettava huomioon kiinnitysratkaisuja valittaessa. Suunnittelussa on pyrittävä sellaisiin kiinnityksiin, että laatat voidaan asentaa paikoilleen yksitellen. Vaakasaukannatuksessa tämä on yksinkertaista. Pystysaukannatuksessa sen sijaan joudutaan jäykisteitä asennettaessa siirtämään kokonaisia laattarivejä. Tällöin on edullista, jos siirrettävä laattarivi on mahdollisimman pieni. Elementti tuetaan nostojen, siirtojen ja varastoinnin aikana betonisesta sisäkuoresta.

Kivilaattojen jälkikiinnitys

Kaikkia kivilaattoja ei aina voida asentaa valmiiksi paikoilleen elementtitehtaalla. Myös käsittelyissä mahdollisesti rikkoontuneet laatat asennetaan jälki-työnä. Kivilaattojen jälkikiinnitys voidaan tehdä periaatteessa kahdella vaihtoehtoisella tavalla:

1. kiinnitys betonikuoresta ankkuroituvalle teräskiinnikkeellä ja
2. kiinnitys vierekkäisiin kivilaattoihin, jolloin tästä aiheutuva lisärasitus tulee huomioida suunnittelussa.

Ensiksi mainittua tapaa käytetään silloin, kun jälki-kiinnityslaatat ovat suuria tai viereisiä laattoja ei ale. Muulloin voidaan jälkikiinnityslaatta ripustaa viereisiin laattoihin. Tavallisesti kannatuspisteet sijaitsevat symmetrisesti laatan painopisteen suhteen. Erittäin vaaka- ja pystysuunnassa kannattaa kiinni-tyypisteiden väli valita, mikäli mahdollista, eristelevyjen mittojen mukaan, jotta vältetään turhalta eristeiden leikkaamiselta.

3.6 Muita luonnonkivijulkisivun rakenteita

Itsekantava kivilaattaverhous

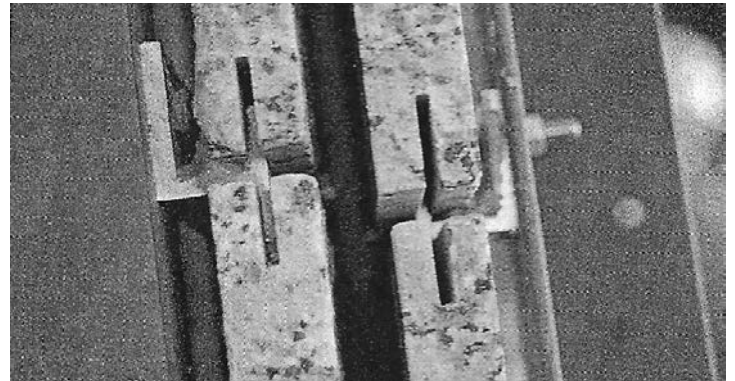
Vuolukivilaatoille on kehitetty itsekantava, kerroksittain kannatettu julkisivuverhous. Kivilaattojen paksuus tässä järjestelmässä on 30 mm. Laattojen vaakareunaan jyrkään jalostuslaitoksella 3 mm leveät ja 15 mm syvyiset urat, joihin asennetaan työmaalla 2 x 20 mm ruostumattomat vannelistat seinän jäykkyyden parantamiseksi. Verhous kiinnitetään rakennuksen runkoon vaakatangoilla, jotka mitoitetaan pelkästään vaakakuormille. Pystykuormat siirtyvät rakenteessa puristuksena laatalta toiselle. Verhouksen kannatusasojen väli on enintään kaksi kerrosta. Kivilaattojen välinen sauma on 0-sauma, joka tiivistetään asennuksen yhteydessä kiinnityslaastilla. Lopputuloksena saadaan yhtenäinen, saumattoman vaikutelman antava verhous (ks. kuva 3-32, sivu 68),

Kivipintainen teräsristikkoelementti

Rakenteellisesti on kyseessä kivilaattapintainen kuorielementti, jonka runkona on teräsristikko. Kivilaatat kiinnitetään tavallisesti ristikkoon ennen elementin asennusta. Vaihtoehtoisia kivilaat-

tojen ja elementin kiinnitystapoja on useita. Kivilaattojen koko voidaan periaatteessa valita vapaasti. Kivikoon pienentyessä kiinnityskustannus kuitenkin nousee.

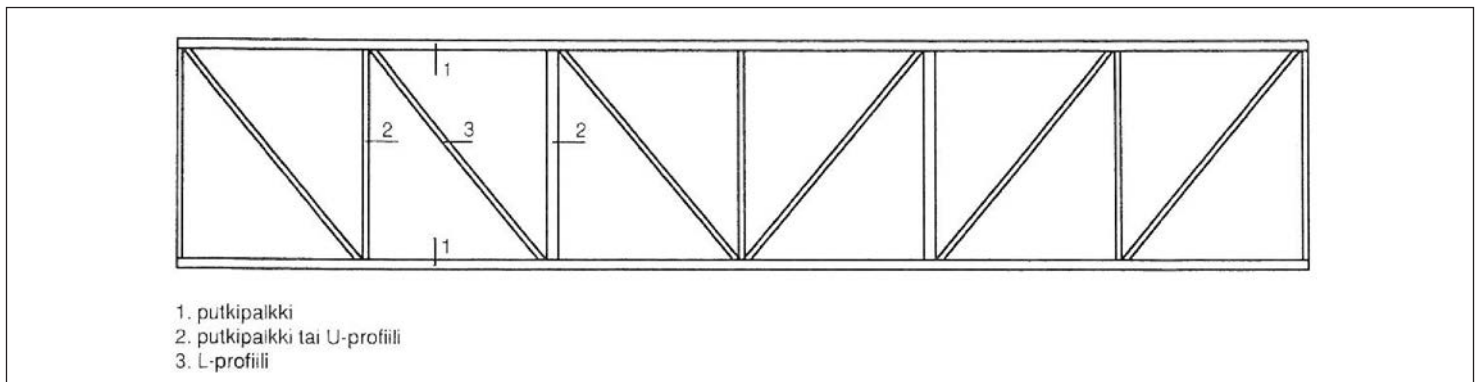
Ristikkoelementissä voidaan käyttää varsin suuria jännevälejä. Pienehköjen kuormien ansiosta hoikankaan ristikon pystysuuntainen jäykkyys ei tavallisesti tuota ongelmia. Elementin käytökelpoisuuden kannalta on olennaista elementin vaakasuuntainen jäykistäminen tuulitukien avulla. Vastaavaan betoniseen kuorielementtiin verrattuna teräsrunkoelementti on kevyempi. Teräsrakentamisen mittatarkkuus on hyvä, joten kiven ja teräksen yhdistelmä rakenne on luonteva lähtökohta korkealaatuisen



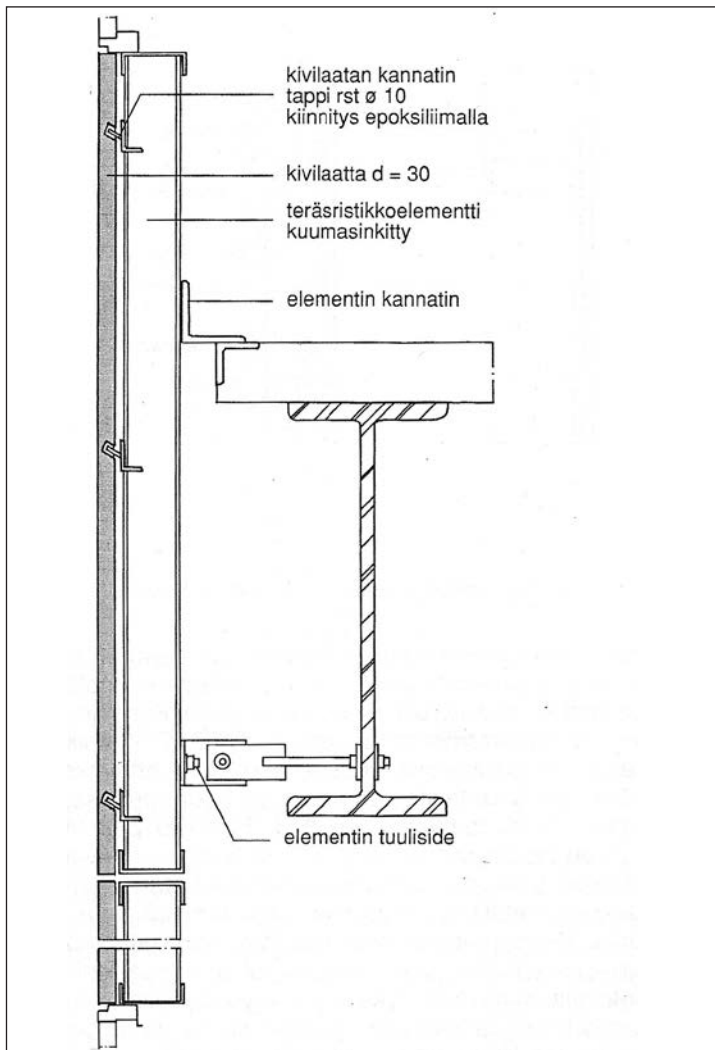
Kuva 3-81. Lähikuva kivilaattojen vaakakiinnityksestä teräsristikkoelementissä. Kivijulkisivun toteutukselle.

Kivilaatta pintaisia teräsristikkoelementtejä on käytetty USA:ssa jo parinkymmenen vuoden ajan pilvenpiirtäjien julkisivuverhouksissa. Saatujen kokemusten perusteella teräsristikkoelementti on edullisimmillaan korkeissa rakennuksissa, joissa elementti-sarjat ovat pitkiä. Tyypillistä järjestelmälle on, että käytetyt ratkaisut poikkeavat kohdekohtaisesti varsin paljon toisistaan. Kuvassa 3-78 on esitetty kivilaatta-pintaisen teräselementtijärjestelmän tyypillinen runkorakenne.

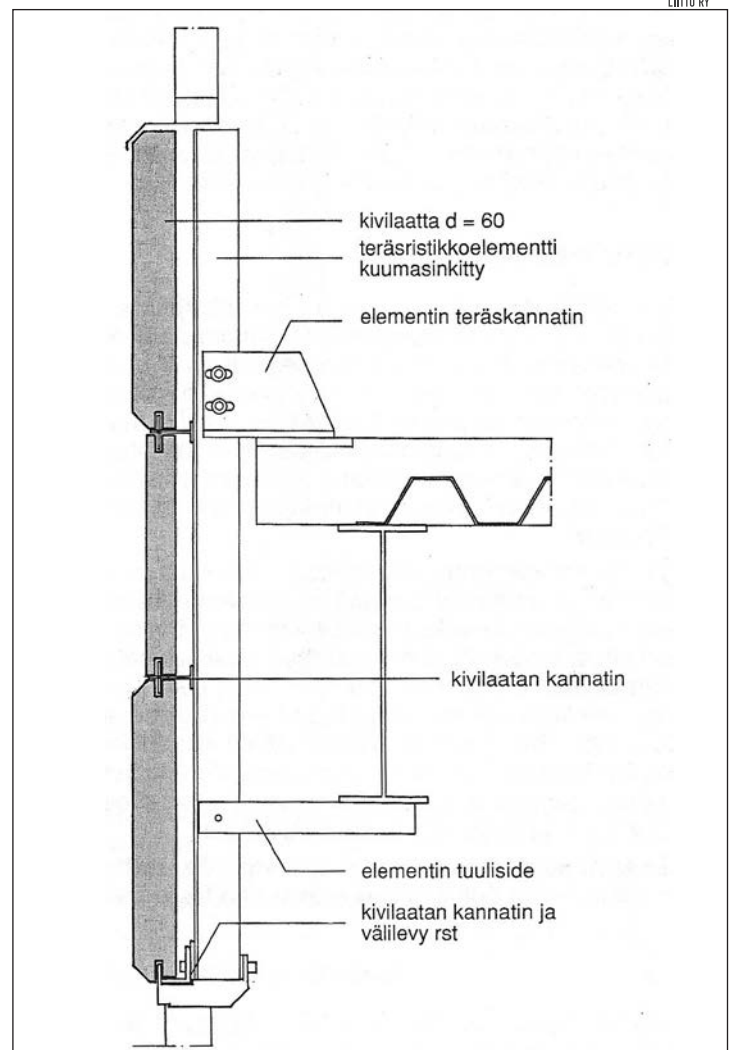
Kuvan 3-79 elementissä on 30 mm paksuinen graniittilaatta kiinnitetty takapinnastaan teräselementin pintaan. New Yorkissa sijaitsevassa kohteessa, jossa rakennetta käytettiin ilmeni ongelmia kivilaattojen kiinni pysymisessä. Takapintakiinnityksen hankaluus on valvonnan vaikeus ja kiinniketappien välisten



Kuva 3-78. Kivilaattapintaisen teräsristikkoelementin runkorakenne.



Kuva 3-79. Kivipintainen teräsristikkoelementti, jossa kivilaatat on kiinnitetty takapinnasta.



Kuva 3-80. Esimerkki kivilaattapintaisesta teräsristikkoelementistä, jossa kivilaatat kannatetaan vaakasaumoista.

lii-ketarojen järjestäminen. Kuvan 3-80 elementissä kivilaattojen paksuudet ovat 40 mm ja 60 mm. Elementin koko on noin 7 x 1,5 m. Kivilaatat kannatetaan vaakasaumoista kiveen sahattuun uraan asennettavilla kiinnikkeillä. Pilvenpiirtäjissä, joissa rakenteiden paino pyritään minimoimaan, käytetään usein erittäin ohuita kivilaattoja. Kivien ohentamisyrittämisestä taustalla ovat mm. lasijulkisivujärjestelmät, joista on otettu mallia kivirakenteiden kehitystyössä USA:ssa. Pohjois-Amerikassa on useissa kohteissa käytetty myös erilaisia graniitin, lasin ja metallien yhdistelmä rakenteita.

VTT:llä tehtyjen selvitysten mukaan kivilaattapintainen teräsristikkoelementti soveltuu käytettäväksi myös Suomessa. USA:ssa käytettyjä rakenneratkaisuja on kuitenkin kehitettävä edelleen täkäläisiä olo-suhteita ja vaatimuksia vastaaviksi. Teräsristikkoelementtien käytöstä on saatu meillä lupaavia kokemuksia muutamissa kivijulkisivun rakennuskohteissa.



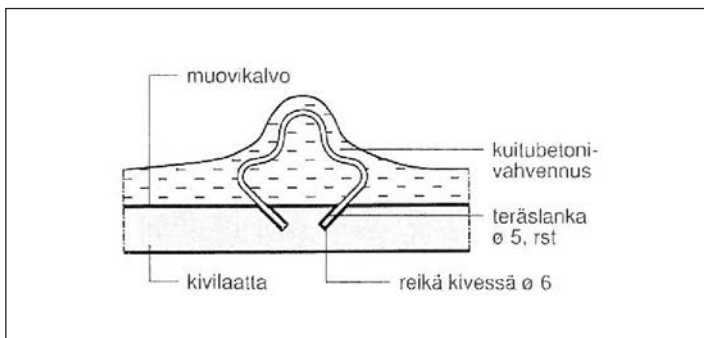
Kuva 3-82. Teräsristikkoelementtien valmistusta.

Kuitubetonirakenteet

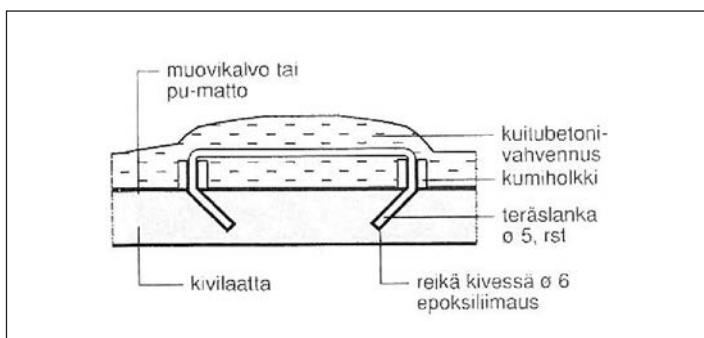
Kuitubetonirakenteet ovat ohuita ja kevyitä. Arkkitehtonisesti käyttötavat muistuttavat tavanomaista betonia. Menetelmän käyttö julkisivuverhouksissa on lisääntynyt mm. USA:ssa. Menetelmän vahvuuksia ovat keveyden ja pienen tilantarpeen ohella hyvä muotoiltavuus. Kuitubetonitekniikalla on myös toteutettu hyvällä menestyksellä luonnonkivipintaisia julkisivuja. Kivellä pinnoitetun elementin paino on noin 130 kg/m^2 .

Kuitubetonielementti valmistetaan ruiskuttamalla muottipintaa vasten betonin ja kuitujen seos ohueksi, noin 15–20 mm, kerrokseksi. Kuituina käytetään mm. lasikuitua, teräskuituja ja puukuituja. Lasikuitubetonista käytetään myös lyhennettä GFRC; joka tulee englanninkielisistä sanoista Glass Fiber Reinforced Concrete. Rakenteessa suositellaan kivilaattojen paksuudeksi 20 - 30 mm, joskin ohuempiakin kiviä on käytetty. Suurimpien laattojen sivumitat ovat olleet $1,5 \times 2,1 \text{ m}$ ja pinta-ala vastaavasti $3,15 \text{ m}^2$.

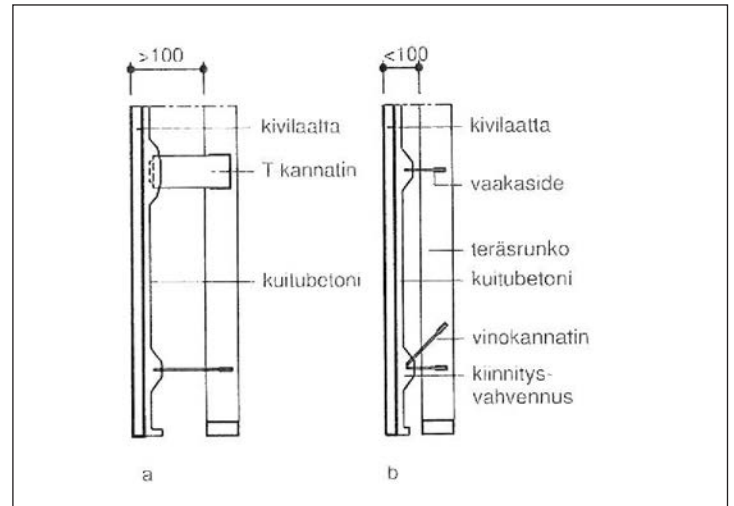
Kivilaatat kiinnitetään betoniin mekaanisilla, laattojen takapintaan ankkuroitavilla, kuvien 3-83 ja 3-84 mukaisilla hakasilla samaan tapaan, kuin tavanomaisissa betonirakenteissa. Kiveen kiinnitetyt kannattimet ankkuroituvat ruiskuvalussa betoniin. Kiinnikeitiheys kivilaatassa on tavallisesti 1 kpl/10,2 m². Kiinnikkeiden mitoituksessa suositellaan sovellettavaksi vähintään 5-kertaista varmuutta koekuormituksissa saatuihin murtoarvoihin nähden. Kiven ja betonin välinen joustavuus on tärkeä, jotta betonin ja kiven kosteus ja Lämpötilamuutoserot eivät aiheuta rakenteeseen haitallisia jännityksiä, käyritymistä ja vaurioita. Muodonmuutoksista merkittävin on kuitubetonin kutistuminen, joka on suurempi kuin tavallisella betonilla. Kiven kiinnityksen



Kuva 3-83. Marmorilaattojen kiinnityksessä käytetty lankakiinnike.



Kuva 3-84. Graniittilaattojen kiinnityksessä käytetty lankakiinnike.



Kuva 3-85. Kuitubetonielementin kiinnitys teräsrunkoon.

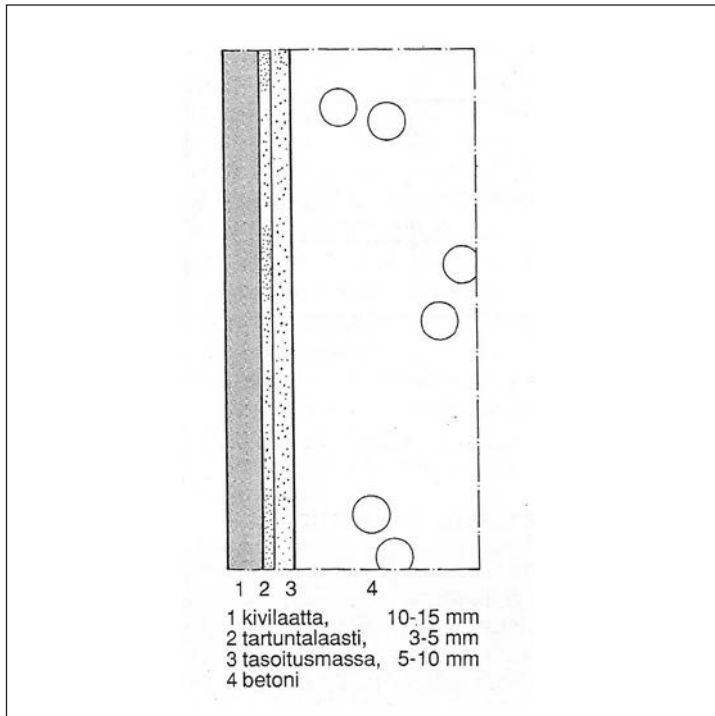
joustavuus järjestetään samoilla periaatteilla kuin tavanomaisissa betonielementeissä. Kiven ja betonin välinen tartunta estetään ja mekaanisen ankkurin kiinnitys suunnitellaan siten, että pienet siirtymät voivat esteettä tapahtua.

Elementin valmistus tapahtuu käänteisessä järjestyksessä siten, että ensin asetetaan kiinnikkeillä varustetut kivilaatat muottiin ulkopinta alaspäin. Tämän jälkeen laattasaumoihin sijoitetaan siirtymät estävät asennuspalikat ja asennetaan laattapinnan päälle tartunnan estävä muovikelmu, Sitten muottiin ruiskutetaan kuitubetoni, joka tiivistyy työtavan ansiosta ilman erillistä tärytystä. Ruiskutuksen jälkeen asennetaan käsin kiinnikkeiden kohdalle: muuta elementtiä paksumpi, suojaava kuitubetonikerros. Elementti nostetaan muotista valua seuraavana aamuna. Kuitubetonielementin kiinnityksessä on käytettävissä vaihtoehtoisia tapoja. Kuvassa 3-85 on esimerkki elementin kiinnityksestä teräsheikkoon.

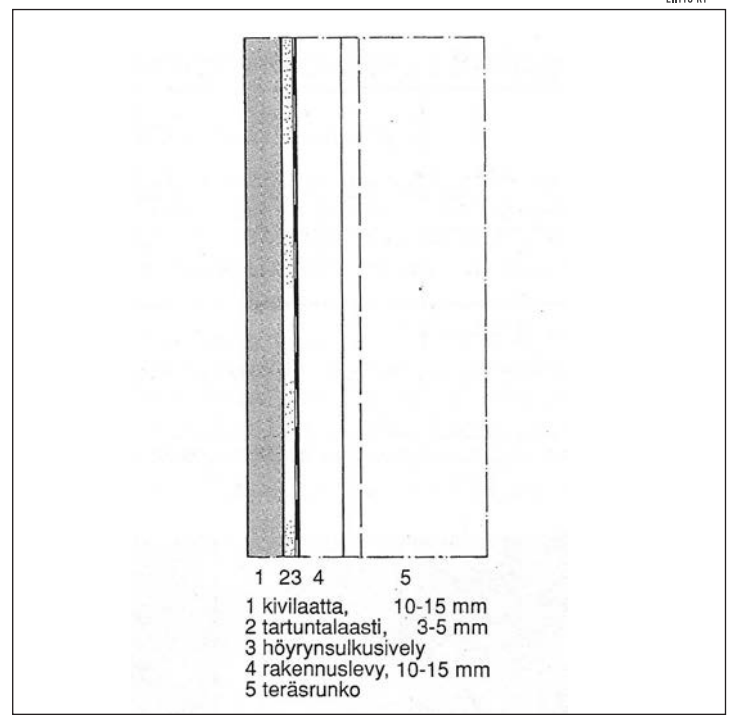
Kuitubetonitekniikka tarjoaa mielenkiintoisen vaihtoehdon ohuiden ja kevyiden luonnonkivisten verhouksrakenteiden valmistukseen. Rakenne muistuttaa ferrobetonielementtiä (esim. Rati), mutta sen etuna on erillisen raudoituksen poisjääminen. Lasi-kuidun ohella voitaneen ruiskubetonin vetolujuuden parantamisessa soveltaa metalli- tai puukuituja ja polymeerejä. Rakenteen hankaluus ovat kivipinnan ja kuitubetonin suurehko muodonmuutoserot, mistä johtuen kivilaattojen tartuntakiinnitystä ei nykyisen kaltaisessa rakenteessa voida käyttää.

Laticrete-tuotteet

Laticrete on tuotenimi sementtilaastien tartuntaa parantaville kiinnitystarvikkeille. Laticrete-tuotteet lisätään kiinnityslaastia valmistettaessa veden sijasta sementin ja hiekan seokseen. Kiinnityslaastia käytetään keraamisten laattojen sekä ja luonnonkivilaattojen kiinnittämiseen kaikissa sisätilojen käyttö-kohteissa ja



Kuva 3-86. Kivilaatan Laticrete-kiinnitys betonielementin pintaan.



Kuva 3-87. Kivilaatan Laticrete-kiinnitys metallikasettiin.

myös julkisivuelementeissä. Tuotteiden käytöstä on kokemuksia 25 vuoden ajalta. Valmistajan mukaan toiminnallisia ongelmia ei ole ollut. Suurin osa kohteista sijaitsee kuitenkin lämpimän ilmaston alueilla.

Kivilaatat kiinnitetään Laticrete-rakenteissa aina tartunnalla, mekaanisia kiinnikkeitä ei käytetä. Kivilaatan takapintaa ei käsitellä ennen kiinnittämistä. Tyypillisesti kivilaatat ovat 10 - 20 mm paksuisia. Laattojen kiinnitysalustaksi soveltuvat kaikki kiviaineiset runkomateriaalit ja rakennuslevyt. Kiinnitystarvikkeita voidaan soveltaa työmaa-asennuksessa ja elementtirakenteissa. Kuvissa 3-86 ja 3-87 on esitetty kivilaatan kiinnitystekniikka vaihtoehdoissa julkisivurakenteissa.

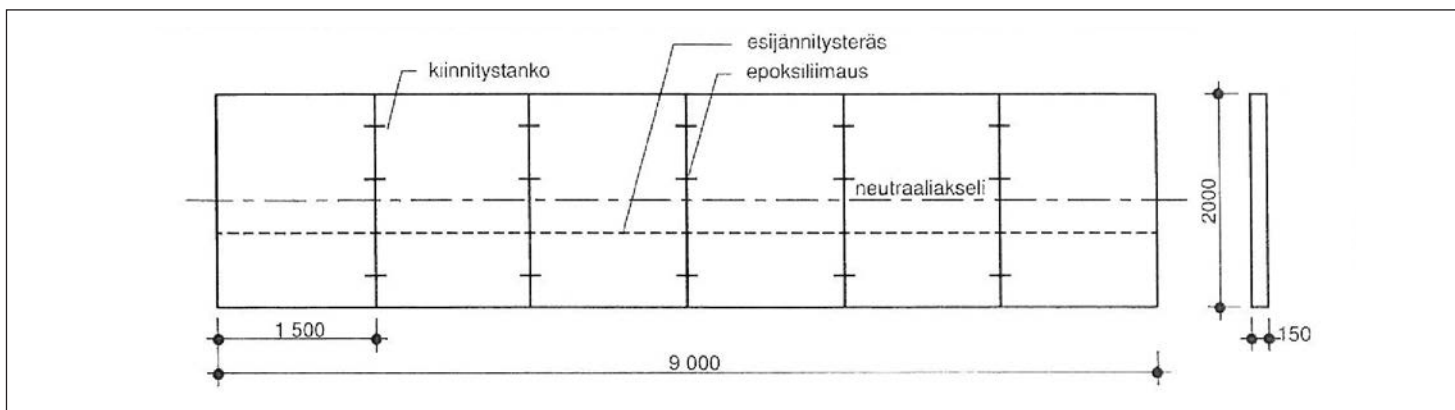
Betonielementissä kivipinta kiinnitetään vaihtoehtoisesti valussa tai tartuntalaastilla valmiin elementin ulkopintaan (kuva 3-86). Varsinaisen laastikiinnityksen alla käytetään betonielementissä saman tuote-sarjan tasoituskerrosta. Kuvan 3-87 teräskasettielementissä käytetään kivipinnan kiinnitysalustana sementti- tai kipsipohjaista rakennuslevyä. Rakennus-levyn pintaan sivellännä ennen laatoitusta vesieristys tartuntakerros. Kivilaatta saumat tiivistetään sementtipohjaisilla tai elastisilla saumamassoilla.

Laticrete-tuotteilla kiinnitettyjen kivilaattojen pitkäaikaistoiminta vaikuttaa käyttökokemusten ja tutkimustulosten perusteella luotettavalta, mutta kokemuksia tekniikan toimivuudesta pohjoisen ilmaston alueella on toistaiseksi niukalti. Tekniikan edut korostuvat selvimmin keveissä metallikasettirakenteissa käytetäessä ohuita kivilaattoja

Täyskiviset elementit

Kun käytetään kivilajeja, joista voidaan valmistaa vain pienikokoisia kivilaattoja tai, kun muista rakenteellisista syistä halutaan lisätä verhousspinnan esivalmistusastetta, voidaan kivilaatoista koota jäykkiä kuorirakenteita. Kivikuoret ovat eräänlaisia pienelementtejä, joiden asennuskustannus on pienempi, kuin vastaavan, pienistä laatoista paikalla rakennetun julkisivuverhouksen. Kuorirakenteissa kivilaatat voidaan liittää yhteen esimerkiksi mekaanisilla tappiliitoksilla niin, että kivikuorelle saavutetaan riittävä taivutuskapasiteetti ja jäykkyys. Sauman leveyttä voidaan säätää esimerkiksi saumaan asennettavilla muovisilla asennuspaloilla. Kiven vähimmäispaksuus riippuu laattakoosta ja kiven ominaisuuksista. Kivi-laattojen paksuus voidaan selvittää laskennallisesti kiven tappilohkaisulujuuden perusteella. Käytännössä laattojen paksuuden lienee oltava vähintään 40 mm. Tämäntyyppisten rakenteiden käytöstä ei ole kokemuksia Suomessa.

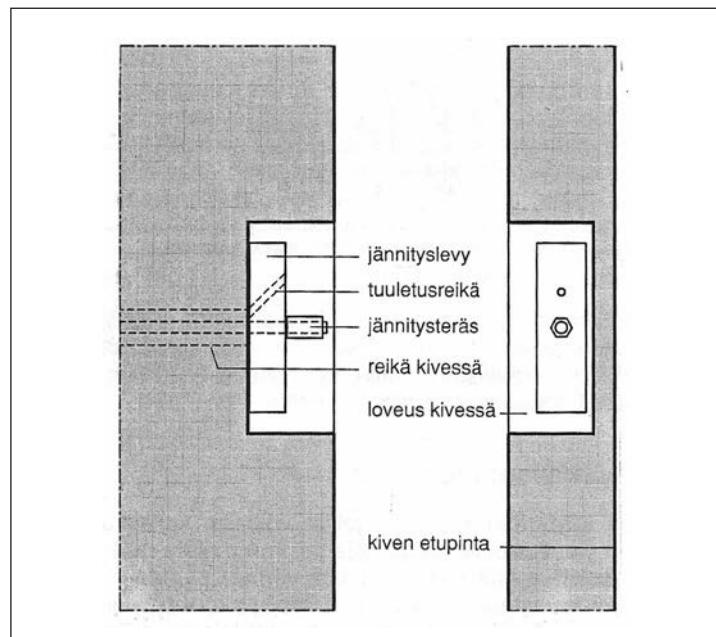
Suurikokoisia luonnonkivisiä kuorielementtejä voidaan valmistaa myös käyttämällä esijännitystä. Rakenne muistuttaa toiminnaltaan esijännitettyä teräsbetonielementtiä. USA:ssa on kokemuksia on mm. esijännitetystä kalkkikivirakenteista, joita on käytetty muutamissa kohteissa ei-kantavina verhoussrakenteina. Rakennetta on käytetty kokeiluluontoisesti myös pienehköjen sekundäärikuormien kannatuksessa. Esijännitetyn kivikuorielementin periaate on esitetty kuvassa 3-88. Jännityksen siirtävä levy mitoitetaan niin, että kiveen ei synny paikallisesti suuria jän-



Kuva 3-88. Esijännitetyn kalkkikivielementin rakenneperiaate.

nitys-huippuja. Levyn ja kiven väliin asennetaan epoksiliimakeros, joka tasaa liitoksen jännityksiä (Kuva 3-89). Myös kivilaatat saumataan epoksiliimalla. Kivi-laattojen koko on suurimmillaan ollut 1,5 x 2,1 m². Kalkkikivilaatat ovat massiivisia, yleensä noin 150 mm paksuisia.

Esijännitetty kalkkivirakenne on mielenkiintoinen erikoisuus, joka osoittaa, että kiven suurta puristus-lujuutta voidaan rakenteissa hallitusti käyttää hyväksi. Jännitystyön tarkkuusvaatimuksesta ja työläydestä johtuen on kuitenkin vaikea kuvitella, että tämäntyyppisellä elementtitekniikalla saavutettaisiin yleisesti erityistä hyötyä. Kivielementti on kiveltä vaadittavasta paksuudesta johtuen varsin painava ja sen käsittelyssä vaaditaan suurta huolellisuutta. Ei-kantavissa julkisivurakenteissa rakenteelle tyypillinen massiivisuus lienee pääsääntöisesti haitta mieluummin kuin etu. Useimmissa kohteissa laadullisesti vastaava lopputulos voidaan saavuttaa huomattavasti edullisemmin muilla ohuempiin kivilaattoihin perustuvilla kivittekniikoilla.

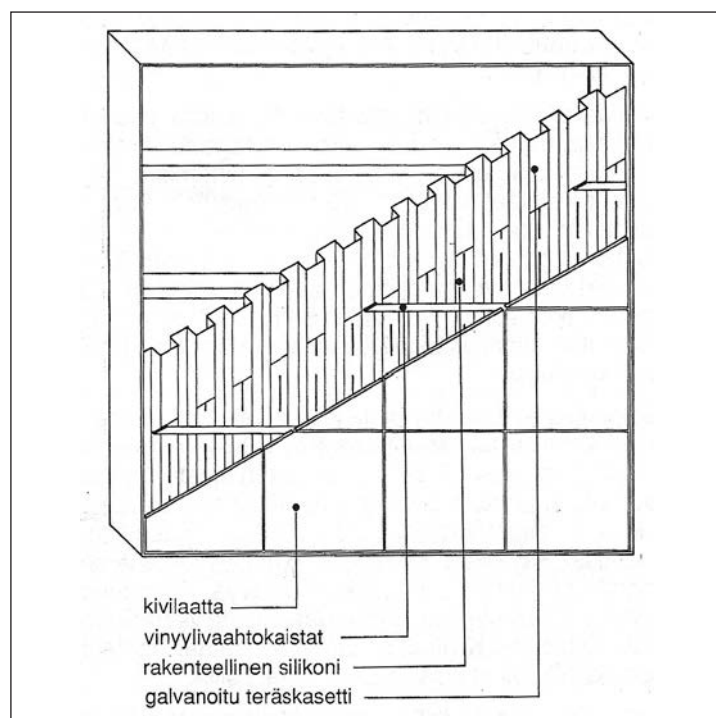


Kuva 3-89. Tyypillinen jännityslevyn detajji.

Rakenteelliset silikonit

Silikoniliimojen rakenteellinen käyttö on ollut yleistä jo 1960-luvulta lähtien lasijulkisivuissa. Kokemukset rakenteellisten silikoniliitosten toiminnasta ja kestävydestä ovat olleet hyviä. Nämä silikonityypit näyttävät kestävänsä lasiverhouksissa hyvin ilmastollisia ja rakenteellisia rasituksia. Markkinoille on viime vuosina tullut uusia kivipinnoille kehitettyjä silikonikiinnitykseen perustuvia julkisivurakenteita (Kuva 3-90).

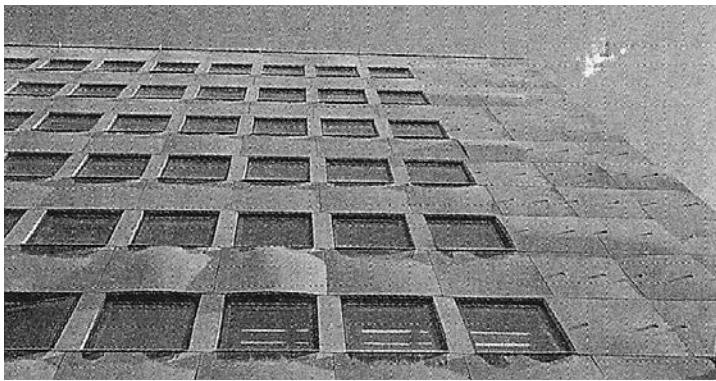
Rakenteellisten silikoniliitoksia käytetään osassa rakenteita täydentämään mekaanisia kannakkeita lähinnä tuulikuormien kannatuksessa. Uusissa ohut-laattaverhouselementeissä kivilaatan kannatus perustuu kokonaan silikoniliitokseen. Tämäntyyppiseen täysliimaliitokseen luotettavuuteen ja erityisesti sen pitkäaikaiskestävyyteen suhtaudutaan USA:ssa edelleen yleisesti varauksellisesti, mutta käyttökohteita on jo olemassa. Epäilyksiä on herännyt lähinnä kiven ja silikonin tartunnan osalta. Toistaiseksi valmistajien ainoa vaatimus kivilaattapinnan laadulle on,



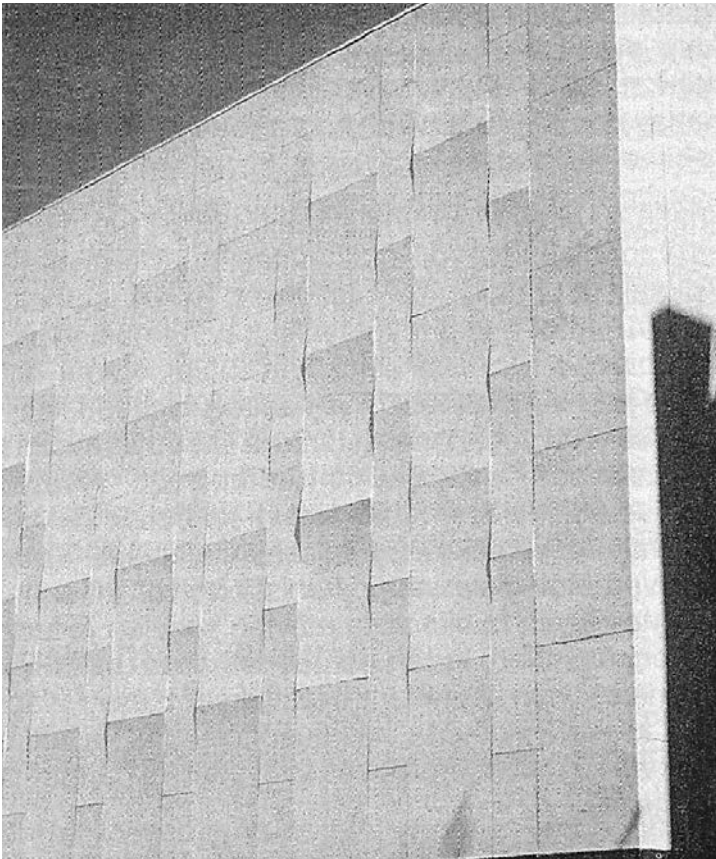
Kuva 3-90. Kevyt ja ohut julkisivuelementti, jossa ohuiden kivilaattojen kannatukseen on käytetty rakenteellista silikonit.

että se on sileä, kuiva, puhdas ja pölytön. Kivipinta käsitellään erikoisliuoksella ennen liimausta. Rakenteelliset silikonit ovat yleensä alkoholipohjaisia eikä niillä tiettävästi esiinny etikka-happopohjaisista silikoneista tuttua 'sururaitaefektiä' eli silikonin öljyn imeytymistä kiveen sauman ympäristössä.

Rakenteellisella silikonilla kiinnitettävien kivilaattojen paksuudet vaihtelevat rakenneratkaisusta riippuen välillä 10 - 30 mm. Järjestelmän etuja ovat rakenteen keveys ja monipuoliset muotoilumahdollisuudet. Silikoniliitokset ovat elastisia, mikä on seisimien kuormien kannalta edullista. Rakenteiden sateenpitävyys voidaan varmistaa monin tavoin. Kivilaattasaumat voidaan tarvittaessa jättää avoimiksi, kun tiivistys on järjestetty kivipinnan taakse.



a) SYP:n liikerakennus (ent. Aura-talo) Turussa.



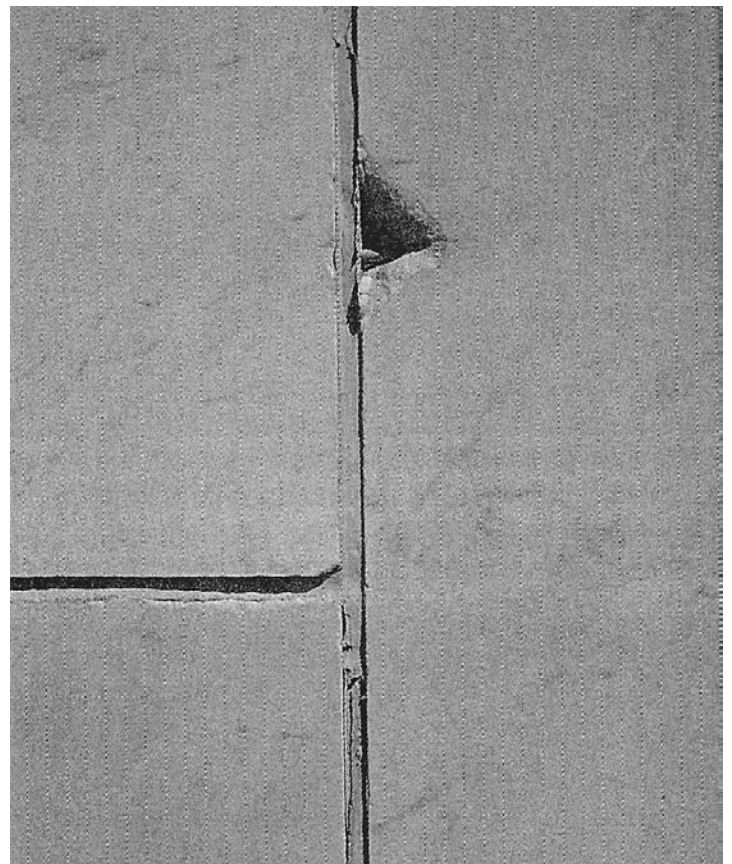
b) Finlandia-talon julkisivu Helsingissä.
Kuva 3-91. Carraran valkoisesta marmorista tehdyt julkisivuverhoukset.

3.7 Kivijulkisivun hoito ja kunnostus

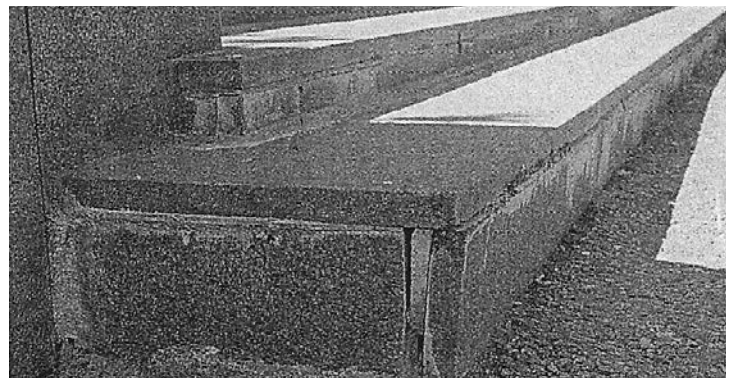
Kivijulkisivun vauriotyypit

Luonnonkivinen julkisivuverhous on kestävä rakenne, jonka hoitotarve on pieni. Hyvän toimivuuden edellytyksenä on kuitenkin, että luonnonkivimateriaali on säänkestävää ja verhous on rakenteellisesti oikein suunniteltu.

Vanhat, karbonaattisista kivi lajeista tehdyt julkisivut ovat kärsineet pahoin happamassa teollisessa ympäristössä. Ilmaston happamat rikki- ja typpiyhdisteet ovat peräisin fossiilisten poltto-



Kuva 3-92. Käyristyneen ja turmeltuneen kivilaatan kiinnityskohdan lohkeama.

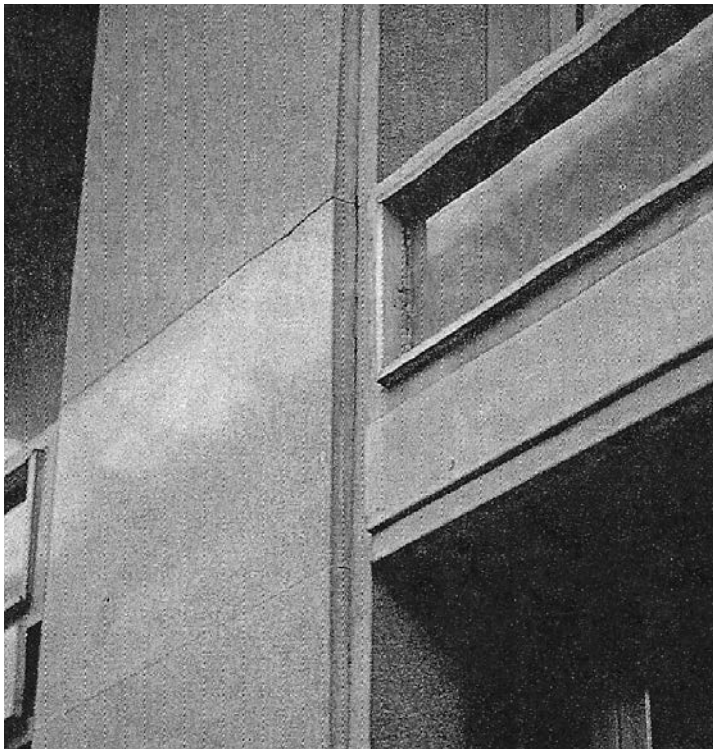


Kuva 3-93. Suolatahroja ja rakenteellinen pakkasvaurio kivilaatoilla verhotussa porraskanteessa.

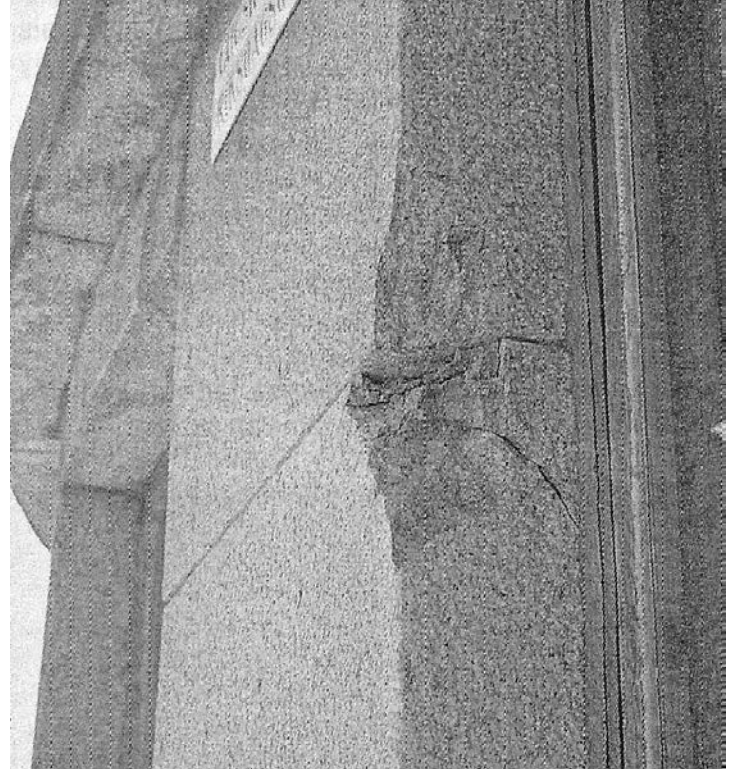


Kuva 3-94. Kivikiinnikkeen ruostumisesta johtuva saumavaurio.

aineiden palamistuotteista. Kivipintaan joutuessaan happamat yhdisteet syövyttävät ja rapauttavat karbonaattista luonnonkiveä. Pahimmin vaurioituneet julkisivut on tehty kalkkikivistä, kalsiitti-iskosteisesta hiekkakivistä, travertiinista ja marmorista. Kiven vaurioituminen on jatkuvasti kiihtynyt tällä vuosisadalla ilmaston happamoitumisen lisääntyessä. Kiven vaurioitumista



Kuva 3-96. Puutteellisesta vaakasaumojen liikevarasta johtuva kiviverhouksen pullistuma betonirunkoisessa rakennuksessa.



Kuva 3-95. Pomminsirpaleen aiheuttama vaurio massiivisessa kivirakenteessa.

hillitsee rakenteen suojaus sateelta. Ulkonevat ja sateille alttiit julkisivun rakenneosat ovat erityisen alttiita ilmatorasituksille. Carraran valkoisesta marmorista tehdyt julkisivuverhoukset ovat vaurioituneet erityisen pahoin kaupunki-ilmastossa eri puolilla maailmaa. Kuvat 3-91 ja 3-92 esittävät kotimaisia vaurio-kohteita. Kummassakin kohteessa kivimateriaali on rapautunut voimakkaasti. Kiven lujuus ja kimmomoduuli ovat paikoin pudonneet lähes olemattoman pieniksi. Julkisivulaatat ovat lisäksi käyristyneet huomattavasti. Käyristymä on kohteissa systemaattista, joskin erisuuntaista.

Ilmaston happamien yhdisteiden ohella luonnonkiven vaurioitumista voivat aiheuttaa muut kemialliset, fysikaaliset ja biologiset rasitukset. Kiven vaurioitumiseen mahdollisesti myötävaikuttavia ilmaston muita kemiallisia rasitustekijöitä ovat suolat, otsoni, happo ja klooriyhdisteet. Fysikaalisia rasitustekijöitä ovat vesi, tuuli, pakkasen, suolat ja lämpötilanvaihtelut. Luonnonkiven vaurioituminen on yleensä seurausta usean samanaikaisesti tai peräkkäin vaikuttavan rasitustekijän yhteisvaikutuksesta. Luonnonkiven biologista vaurioitumista voivat aiheuttaa erilaisen kiven huokosissa elävien kasvien ja luonnon organismien, kuten bakteerien, levä-, sieni- ja sammalkasvien aiheuttamat rasitukset. Kasvit ylläpitävät kivessä korkeaa kosteuspitoisuutta ja jotkut niistä voivat muodostaa kiveä syövyttäviä, happamia yhdisteitä.

Vanhoissa kiviverhouksissa käytettiin sideteräksiä, joiden korroosionkestävyys on puutteellinen. Näiden kiinnikkeiden ruostumisesta syntyy kivipintaa liikaavia ruostealumia. Teräksen



Kuva 3-98. Eduskuntatalon ilme muuttui perusteellisesti pesun jälkeen.

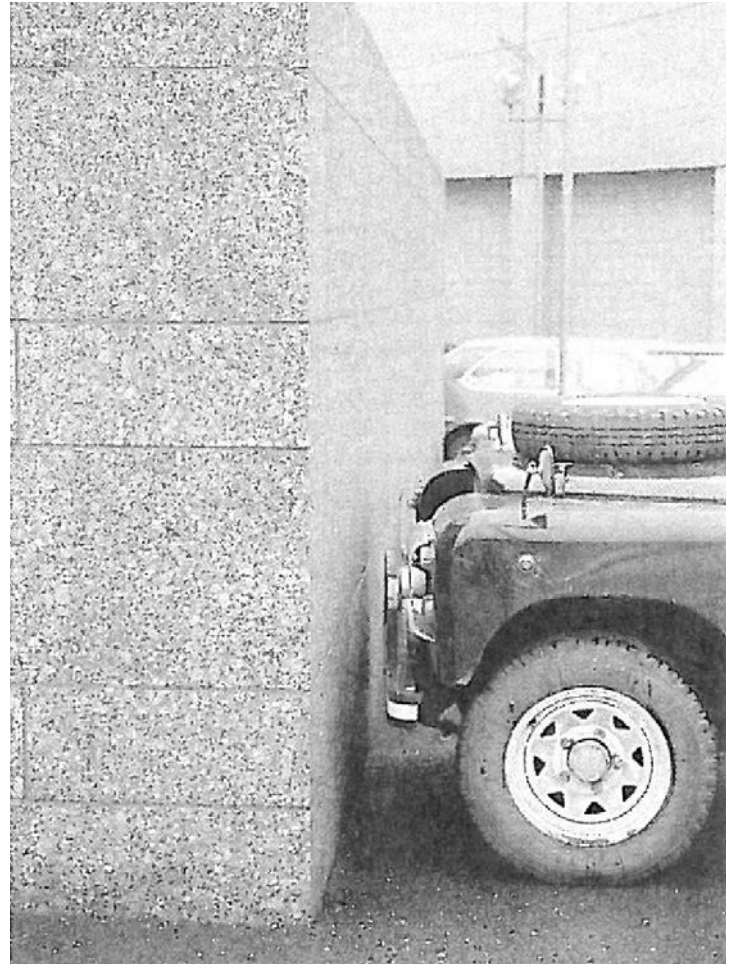
korroosiotuotteiden tilavuus on huomattavasti suurempi kuin alkuperäisellä teräksellä, joten kiinnikkeen tilavuuden kasvusta seuraa sitä ympäröivän kiven murtuminen.

Massiiviset kivirakenteet kestävät hyvin varsin koviakin ulkoisia mekaanisia iskuja. Esimerkiksi Helsingin ilmapommituksissa toisen maailmansodan aikana rakennusten kiviset sokkelit vaurioituivat kranaatin-sirpaleiden iskuista. Kivirakenteiden vauriot ovat kuitenkin paikallisia ja ne rajoittuvat kiven pintaosiin eivätkä näin heikennä rakenteen staattista toimintaa. Helsingin pommitusten aikana syntyneitä koloja ja kivipinnan murtumia on edelleen nähtävissä keskustan rakennusten massiivisissa kivijaloissa.

Kun vanhojen kiverhottujen rakennusten sisäpuolista lämmitystä lisätään, esimerkiksi muutettaessa rakennuksen käyttötarkoitusta, ulkoseinän kosteus-tekniinen toiminta muuttuu. Joissakin tapauksissa tästä voi aiheutua haitallisia seurauksia, kuten seinän rakenneosien siirtymistä ja vaurioitumista.

Uudet kivijulkisivun verhoukset ovat entistä ohuempia ja tästä syystä herkempiä ulkoisille rasitustekijöille. Kiven tai verhouksen vaurioituminen johtaa usein seinäpinnan toiminnan välittömään heikkenemiseen. Kivilaattojen irtoamiseen ja putoamiseen liittyy myös turvallisuusriski. Tästä syystä ohuen julkisivuverhouksen laatuun ja toiminnalliseen varmuuteen tulee suunnitteluvaiheessa ja verhouksen asennuksen yhteydessä kiinnittää erityinen huomio. Työnaikaisen kivitöiden valvonnan merkitys korostuu nykyaikaisissa kivirakenteissa.

Normaalisti luonnonkiverhouksen huoltotarve liittyy lähinnä kivipinnan pesuun sekä elastisten saumojen korjaukseen ja uusimiseen. Verhouksen ala-osissa voivat laatat murtua ja irrota kiinnikkeistään liikennekuormien ja törmäysten seurauksena.

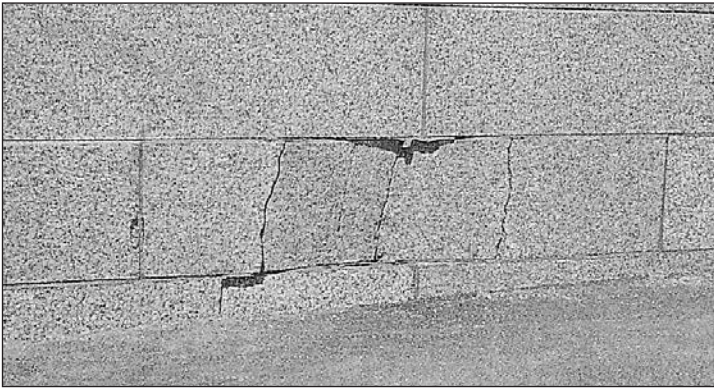


Kuva 3-97. Esimerkki kohteesta, jossa julkisivuverhous on alttiina liikennekuormille.

Suunnittelunäkökohtia

Luonnonkivijulkisivun kestävyys varmistetaan huolellisella ja ammattitaitoisella kiviteknisellä suunnittelulla. Huonot suunnitteluratkaisut ja virheet voivat johtaa kiverhouksen toiminnallisen laadun merkittävään heikkenemiseen ja verhouksen vaurioitumiseen jo lyhyen ajan kuluessa. Hyvän kiviteknisen suunnittelun periaatteet ja suositeltavia ratkaisuja on esitetty tässä suunnitteluohjeessa. Esimerkkejä huonoista suunnitteluratkaisuista ovat:

- valitaan kivityyppi, jonka säänkestävyys on puutteellinen,
- valitaan kiillotettu pintakäsittely kivelle, jonka säänkestävyys on puutteellinen, jolloin kiven epätasainen syöpyminen aiheuttaa seinän kirjavuutta,
- valitaan vaalealle kivelle karkea pintakäsittely palkalla, jossa seinän likaantuminen on voimakasta,
- mitoitetaan julkisivuverhouksen saumat liian kapeiksi, jolloin verhouksen joustavuus ei ole riittävä;
- valitaan saumamassa, josta kulkeutuu ympäröivään kiveen tummentavia öljyjä ('sururaita'),
- suunnitellaan julkisivun detaljit niin, että kivet kastuvat saateella voimakkaasti ja epätasaisesti ja sadevesi valuu pitkin kivipintaa,



Kuva 3-99. Marmorin suojauksessa käytetyn aineen hilseilyä kivijulkisivussa.

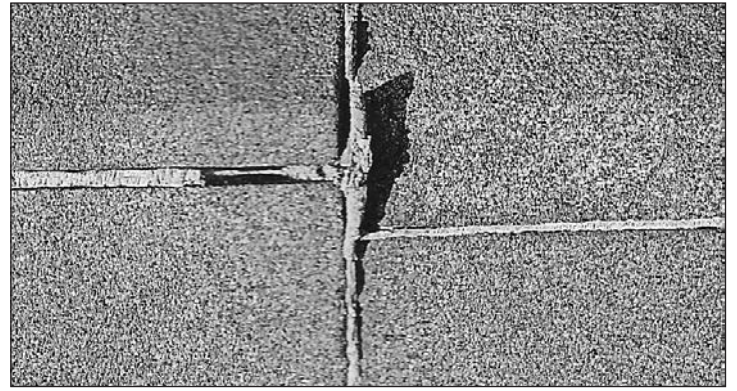
- suunnitellaan julkisivun pellitykset ja kiinnitykset niin, että niistä irtoaa sadevesivalumien seurauksena kivipintaan värjäviä metallioksiedeja,
- valitaan kivilaatoille liian pieni paksuus,
- mitoitetaan kivilaatat liian hoikiksi (pitkä ja kapea),
- suunnitellaan kivilaattojen kiinnitykset liian joustamattomiksi, jolloin verhourakenteeseen syntyy haitallisia pakko-voimia,
- käytetään kiinnikkeissä eri metalleja, joiden kontaktikohtaan syntyy sähkökemiallinen korrosio,
- suunnitellaan riittämätön ulkoseinän tuuletusvälin yhteys ulkoilmaan, jolloin seinärakenteeseen kertyy haitallista kosteutta.
- sovelletaan hankalia ja epätavallisia suunnittelu-ratkaisuja, joista ei ole alempia kokemuksia, jolloin asennuksen työvirheiden riski kasvaa.

Periaatteena tulee olla, että rakenteellisessa suunnittelussa mahdollisuuksien mukaan pyritään minimoimaan luonnonkiviverhoukseen kohdistuvat ilmastoperäiset rasitukset ja kuormitukset. Toisaalta kiviverhous tulee suunnitella niin, että odotettavissa olevat rasitukset aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa julkisivun ja seinärakenteen toiminnalle.

Julkisivun puhdistus ja suojaus

Ilmaston ja teollisen kaupunkiympäristön epäpuhtaudet likaavat luonnonkiviverhousta. Likaantumisen riippuu seinään kohdistuvan lian määrästä ja lian tarttumisesta kivipintaan. Lian ulkonäköä häiritsevä vaikutus riippuu lähinnä likaantumisen tasaisuudesta ja kiven tummuudesta. Lika saattaa myös edesauttaa kivipinnan rapautumista ja edistää kiven turmeltumista. Kivipinnan pesun avulla pyritään poistamaan lika kivipinnasta ja palauttamaan kiven alkuperäinen ulkonäkö.

Ennen seinäpinnan pesua tehdään perusselvitys, johon sisältyy kivimateriaalin tyyppin selvitys, lian laadun selvitys, puhdistuksen tavoitteiden tarkennus ja pesumenetelmän valinta. Pesuaineilla



Kuva 3-101. Kiviverhouksen saumaus on uusittava, kun saumamassa vanhenee ja menettää elastisuutensa.



Kuva 3-100. Lumiauran rikkomaa julkisivuverhousta.

saattaa olla myös haitallisia vaikutuksia kivipintaan. Erityisesti on vältettävä happamien pesuaineiden käyttöä kalsiittisten kivipintojen puhdistuksessa. Suositeltavaa on kokeilla valittua pesumenetelmää pienellä alueella ennen varsinaista pesua.

Pesumenetelmät voidaan jakaa vesipesuun, kemialliseen pesuun ja mekaaniseen puhdistukseen. Pesun tehoa voidaan lisätä käyttämällä painepuhallusta. Kivipinta kastellaan aina ennen pesua. Vesipesu on teholtaan heikoin ja se rasittaa vähiten kivipintaa. Vesipossua tulee välttää, jos on syytä epäillä, että seinärakenteessa on suuria määriä liukoisia suoloja, joiden ei haluta kulkeutuvan seinäpintaan.

Kemiallisten pesuaineiden käyttö perustuu niiden lika-ainetta liuottavaan tai neutralisoivaan vaikutukseen. Alkaliset pesuaineet liuottavat mm. nokea ja rasvaa. Alkalipesun jälkeen seinä neutralisoidaan miedolla happopesulla, mikä rajoittaa suolatahrojen muodostumista. Tietyt likatyytit liukenevat parhaiten happamilla pesuaineilla. Happopesussa tulee välttää vahvojen happojen käyttöä, koska ne saattavat vahingoittaa kivi pintaa. Suositeltavaa on käyttää mietoja happoja kuten esimerkiksi oktaalihappoa. Neutraalien pinta-aktiivisten pesuaineiden soveltuvat useimmiten kivipinnan pesuun. Erikoisten tahrojen poistossa käytetään tarvittaessa tahraa liuottavaa kemikaalia, jota annostellaan paikallisesti suoraan puhdistettavalle alueelle.

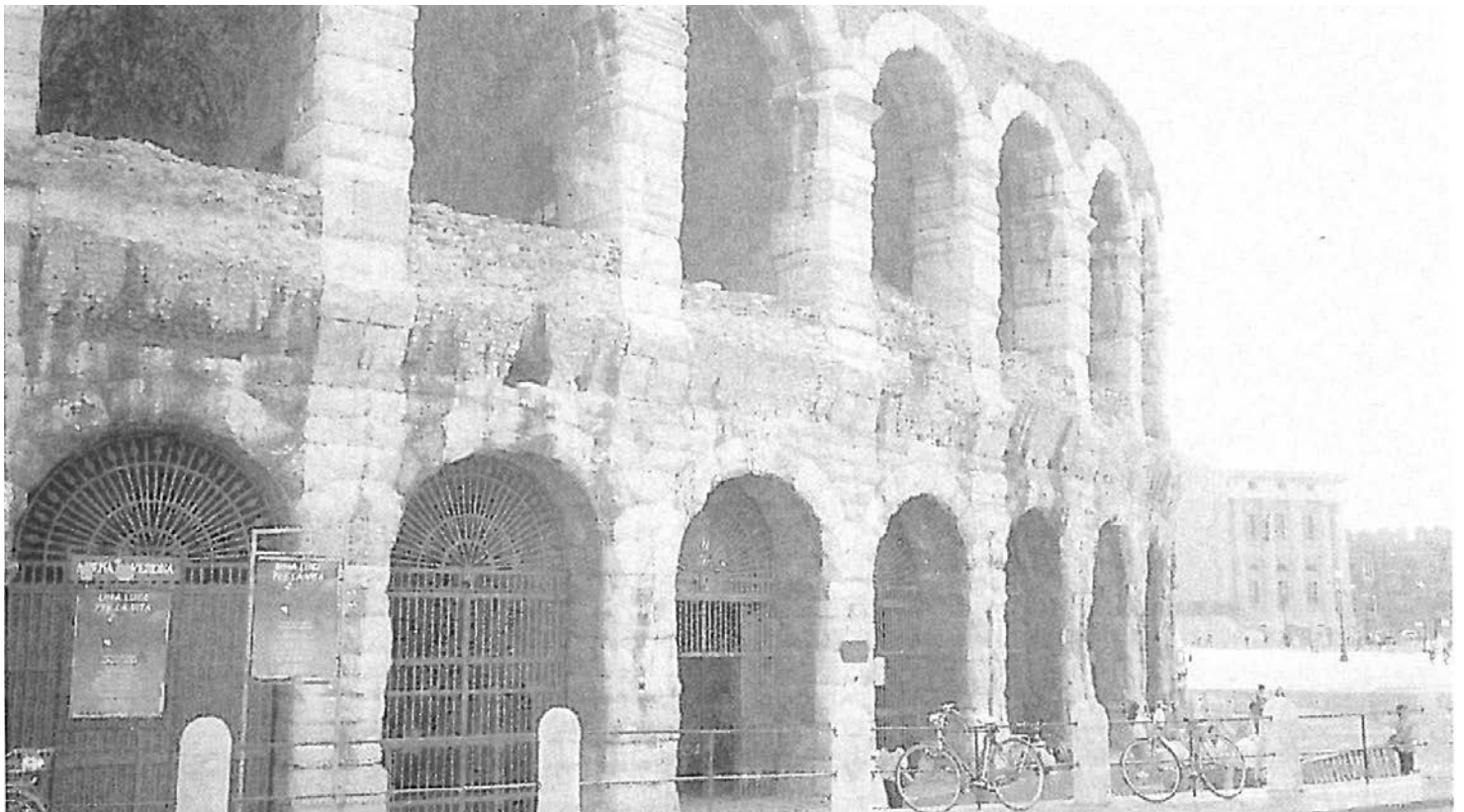
Mekaanisia puhdistusmenetelmiä ovat harjaus ja hiekkapuhallus. Mekaanista käsittelyä valittaessa on varmistettava, että kivipinnan ulkonäkö ei muutu häiritsevästi käsittelyn vaikutuksesta. Teräsharjauksessa on käytettävä ruostumatonta teräsharjaa, jotta kiveen ei jää ruostuvia ja kiven värjäytymistä aiheuttavia partikkeleja. Paineen alainen hiekkapuhallus voidaan tehdä kuivana tai märkänä. Paras pesutulos saavutetaan useimmiten siten, että vesipainepesussa käytetään samanaikaisesti likaa liuottavaa kemikaalia ja sopivia käsittelyn tehoa lisääviä hiekkatai metallirakeita (abradiiveja).

Julkisivun korjaus

Julkisivuverhouksen rakenteellisia korjaustapoja ovat kiven lujitus, kiven suojaus, kiven paikkaus, uuden kiven vaihto vanhan tilalle, saumojen korjaus ja kiinnitysten korjaus. Ennen korjausten suorittamista selvitetään mahdollisimman tarkoin korjattavien rakenteiden kivityyppi ja rakenteellinen toteutus-tapa. Korjattavien vaurioiden laajuus kartoitetaan, korjaustyön tavoitteet tarkennetaan ja valitaan alustavasti noudatettavat korjausmenetelmät.

Lujitusta käytetään lähinnä huokoisilla kalsiittisilla kivillä, joiden sidosainetta ilmaston happamat yhdisteet liuottavat. Lujitusaineet ovat tyypillisesti notkeita silikonipohjaisia liimoja, jotka imeytetään kiveen. Lujittamalla voidaan palauttaa kiven alkuperäinen lujuus ja hidastaa kiven rapautumista. Kiveä lujittavat impregnointimenetelmät ovat suhteellisen kalliita, joten niitä käytetään lähinnä arvokkaiden julkisivun osien käsittelyssä. Lujituksella voidaan myös vahvistaa kiveä paikallisesti esimerkiksi halkeaman kohdalla. Ennen kiven lujittamista kiven pinnasta poistetaan irtoaines esimerkiksi kivi-harjauksella.

Kalsiittisten luonnonkiven säänkestävyyden parantamista erilaisilla, useimmiten hartsipohjaisilla suoja-aineilla on tutkittu varsinkin Etelä-Euroopassa, missä sedimenttikivistä ja marmorista valmistettujen patsaiden ja muiden arvokohteiden rapautuminen on edennyt kiihtyvällä nopeudella. Kehitystyön tuloksena on onnistuttu kehittämään kiveen imeytyviä suoja-aineita, jotka merkittävästi parantavat vanhojen kivi-pintojen kestävyttä ilmastorasituksia vastaan. Suoja-aineet tarjoavat teoriassa kiinnostavan ratkaisun kalsiittisten luonnonkivien käyttökelpoisuuden parantamiseen, mutta niiden käytöstä on toistaiseksi niukasti kokemuksia pohjoisen ilmaston alueella, ja aineiden käyttökelpoisuuteen liittyy vielä tiettyä epävarmuutta.



Kuva 3-102. Veronan ooppera-areenan karbonaattiset kivirakenteet ovat aikojen kuluessa vaurioituneet melko pahoin.

Rikkoontunut tai rapautunut kivi voidaan paikata olo-suhteista riippuen liimamassalla tai liimattavalla kivipaikkauksella. Paikkauksissa pyritään mahdollisimman lähelle kiven alkuperäistä väriä. Paikkauslaastin runkoaineena voidaan tarvittaessa käyttää paikattavasta kivistä jauhettua hiekkaa. Pahoin vaurioitunut kivi tai rikkoontunut kivilaatta on yleensä tarkoituksenmukaisinta korvata osittain tai kokonaan uudella vastaavalla kivellä. Kiveä vaihdettaessa pyritään käyttämään alkuperäistä tai mahdollisimman lähelle alkuperäistä vastaavaa kivityyppiä. Massiivikivien kiinnitys varmistetaan tarvittaessa mekaanisilla kiinnikkeillä. Liimausten yhteydessä on varmistettava, että läpäisemätön liimakerros ei häiritse seinän kosteusteknistä toimintaa.

Vanhojen kivirakenteiden kovat saumat korjataan mahdollisuuksien mukaan alkuperäistä vastaavilla saumauslaasteilla. Kiviverhouksen elastisten saumojen kestoikä on saumamateriaalista riippuen 15 - 25 vuotta, jonka jälkeen saumamassa on menettänyt elastisuutensa ja tartuntansa kiveen. Korjauksen yhteydessä on ulkonäkösyistä ja toiminnallisista syistä suositeltavaa uusia koko julkisivun saumaus yhdellä kertaa.

Kiviverhouksen korjauksen yhteydessä poistetaan ruostuvat kivikiinnikkeet, kaidetolpat ja muut kiveen liittyvät metalliset rakenteet, jotka korvataan uusilla ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla kiinnikkeillä. Mikäli kiinnikkeen poisto ei ole mahdollista, se puhdistetaan ruosteesta mekaanisesti esimerkiksi hiekkapuhaltamalla ja suojataan sen jälkeen ruostesuojamaalauksella. Luonnonmateriaalina kivi säilyttää vanhenemisestaan ja vaurioitumisestaan huolimatta suhteellisen hyvin edustavuutensa verrattuna vastaaviin teollisesti tuotettuihin rakennusmateriaaleihin (ks. kuva 3-102).

LUONNONKIVIRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2006

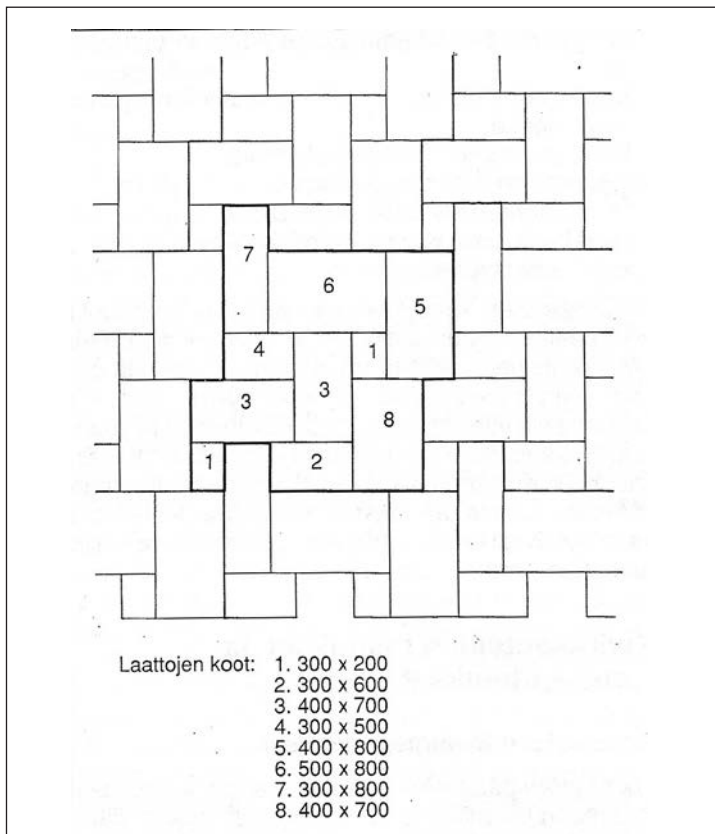
LUKU 4 SISÄTILOJEN LUONNONKIVIRAKENTEET

4. SISÄTILOJEN LUONNON KIVIRAKENTEET

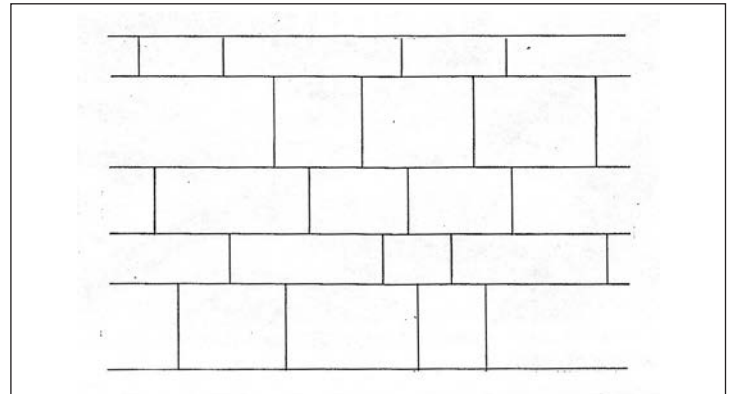
4.1 Suunnittelun lähtökohdat

Sisätilojen luonnonkivirakenteiden kehitys

Alkeellisia kivilattioita tehtiin keräämällä asuinympäristöstä luonnon muotoilemia kiviä, jotka aseteltiin sellaisenaan tai karkeasti muokattuina lattianpäällysteeksi satunnaiseen järjestykseen. Kiven louhinta- ja jalostustekniikan kehittyessä opittiin valmistamaan säännönmukaisia ja mittatarkkoja kivilaattoja. Ohueksi sahattujen kivilaattojen käyttökäyttöä kehitettiin jo antiikin ajan Kreikassa. Roomalaiset loivat perustan nykyiselle kiven käyttökäytölle. Roomalaisessa lityksessä, jota edelleenkin sovelletaan, erikokoiset suorakulmaiset laatat muodostavat kivipinnan, jossa saumalinjat ovat epäjatkuvia. Kuvan 4-1 lityksessä on kahdeksan erikokoista kivilaattaa, joista muodostettu kuviosommitelma toistuu lattiassa. Keskiäikana kehitettiin kuvassa 4-2 esitetty lityskuvio, jossa laattalinjojen leveys pysyy vakiona koko pinnan alalla ja saumalinjat ovat jatkuvia. Kivilattiat tehtiin useimmiten yksivärisinä. Kivi kaupan kehittyessä kivityyppien valikoima vähitellen kasvoi. Määrämittaan sahattujen ohuiden kivilaattojen käyttökäyttöä kehitettiin



Kuva 4-1. Roomalaisen kivilattian lityskuvio.



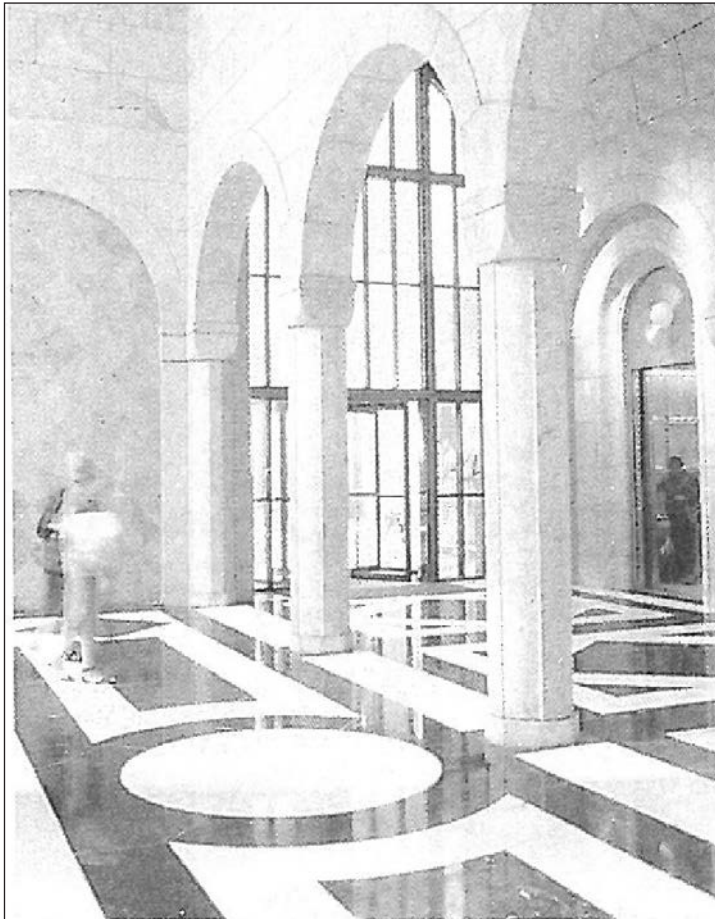
Kuva 4-2. Keskiäikana kehitetty vakioleveysiin laattoihin perustuva vapaasti juokseva kivilattian lityks.

huippuunsa bysantin aikakaudella. Lattiapintoja opittiin tällöin kuvioimaan erittäin taidokkaasti eriväristen ja -muotoisten kivilaattojen avulla. Kuvassa 4-3 on vanhaa kuvioitua kivilattiaa ja kiviportaatt Milanossa sijaitsevassa II Duomon katedraalissa. Uudempaa, klassisen tyylin mukaista luonnonkivisustusta ja kuvioitua kivilattiaa edustaa kuva 4-4, joka on otettu New Yorkin kaupungissa sijaitsevan AT&T:n liikerakennuksen sisäntuloaulasta. Kivilattian rakenne on periaatteessa nykyisin sama, kuin antiikin aikana. Luonnonkivisen lattiarakenteen perusosat ovat kuvan 4-5 mukaisesti kivipäällyste (1), kivien kiinnityskerros (2) ja lattian kantava alusrakenne (3).

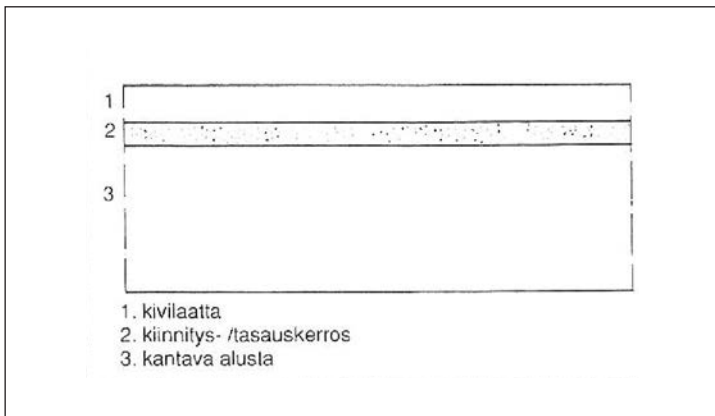
Rakenteellisen ja tuotantoteknisen kehityksen seurauksena luonnonkivilaatat ovat ohentuneet ja kivien kiinnitystarvikkeet ovat kehittyneet. Kivien mittatarkkuus on parantunut ja kivituo-
teiden valikoima on tullut entistä monipuolisemmaksi. Uusinta kehitystä edustavat ohuilla kivilaatoilla päällystetyt kevyet verhouspaneelit, jotka soveltuvat hisseihin, laivoihin ja muihin käyttökohteisiin, joissa verhouksen keveys ja ohuus ovat erikois-



Kuva 4-3. Kuvioitua kivilattiaa II Duomon katedraalissa Milanossa.



Kuva 4-4. Luonnonkivirakenteina AT&AT:n liikerakennuksen aulassa New Yorkissa.



Kuva 4-5. Luonnonkivilattian rakenne.

vaatimuksia. Verhouspaneelien avulla voidaan myös valmistaa helposti purettavia ja siirrettäviä kivirakenteita (ks. kuva 1-11). Sisätilojen kivirakenteet voidaan nykyisin toteuttaa entistä helpommin ja edullisemmin.

Kiven arvostus sisätilojen rakennusmateriaalina on perustunut sen hyvään kestävyteen kulutusta, kosteutta ja kemikaaleja vastaan. Kivipintainen lattia soveltuu myös hyvin käytettäväksi lattialämmityksen yhteydessä. Tiloja, joissa luonnonkivipintoja nykyisin käytetään ovat sisäänkäynnit, aulat, kulkuväylät, märkätilat, takkahuoneet ja muut sellaiset tilat, joissa kestävyys ja edustavuus ovat tärkeitä. Luonnonkivi on ollut perinteisesti jul-

kisten tilojen materiaali, mutta sitä käytetään entistä useammin myös yksityistiloissa.

Kivirakenteiden suunnittelun erikoispiirteet

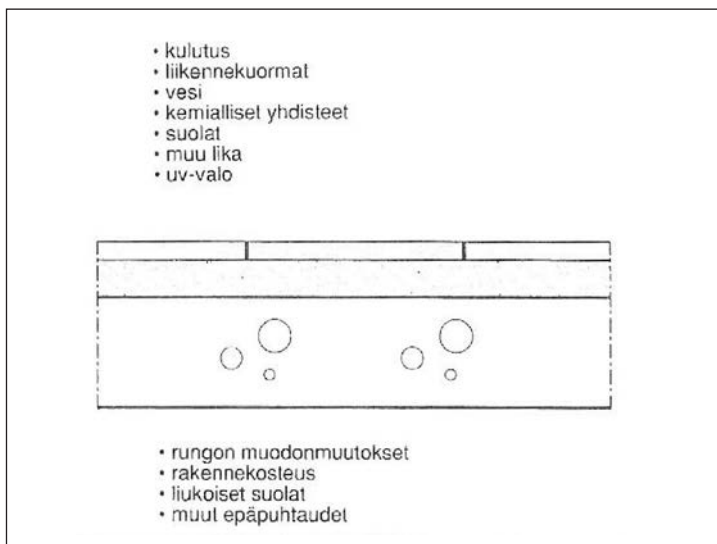
Sisätilojen luonnonkivirakenteiden laatuun, kestävyteen ja kustannuksiin voidaan vaikuttaa monin tavoin suunnitteluvaiheessa. Luonnonkiven merkitys rakenteiden toiminnan kannalta on suuri, joten kivirakenteita on tarkasteltava kokonaisuutena. Suunnittelun toimenpiteet voidaan jakaa kivisten rakenne-osien suunnitteluun ja rakenteelliseen suunnitteluun. Suunnittelun tehtäväluetteloon sisältyvät käyttökohteesta riippuen tarvittavassa laajuudessa seuraavat toimenpiteet:

- kiven valinta,
- pintakäsittelyn valinta,
- kivisten rakenneosien ja detaljien mitoitus,
- saumojen suunnittelu,
- kosteusteknisen toiminnan suunnittelu,
- rakennetyypin valinta,
- rakenteellisen toteutustavan valinta,
- rakenteiden muu toiminnallinen suunnittelu,
- kohteen toteutuksen aikataulusuunnittelu,
- kivitöiden toteutuksen valvonta.

Kiviteknisen suunnittelun eri vaiheissa tuotetaan kohteen käytännön toteutusta varten seuraavat piirustukset ja asiakirjat:

- kivityyppiluettelo ja pintakäsittelyt,
- kivirakenteiden mittapiirustukset,
- kivirakenteiden rakennesuunnitelmat ja piirustukset,
- joustavien saumojen ja liikuntasaumojen sijoitus-suunnitelma,
- kiinnitys- ja saumaustarvikeluettelot,
- ujuuslaskelmat tarvittaessa,
- luonnonkivien valmistuspiirustukset,
- kivirakenteiden asennustyöpiirustukset,
- kivirakennetyöselitykset.

Rakenteellisen kehityksen seurauksena luonnonkivillä päällystettyjen lattioiden ja muiden sisätilojen kivirakenteiden toiminta on muuttunut. Tarjolla olevien kivityyppien määrä on lisääntynyt. Tietoa ja kokemuksia uudentyyppisten kivituoitteiden käytöstä ja kivirakenteiden suunnittelusta ei ole ollut riittävästi saatavilla. Käytännössä luonnonkivirakenteiden suunnittelussa kannattaa käyttää mahdollisuuksien mukaan hyödyksi kivialan yritysten ja alan asiantuntijoiden osaamista.



Kuva 4-6. Kivilattiaan ja -portaisiin kohdistuvat rasitukset.

Kivirakenteiden rasitukset ja laatuvaatimukset

Rakenteiden toimintaperiaatteet

Luonnonkivipäällysteen tehtävänä on viimeistellä rakenteen ulkonäkö ja kestää vaurioitumatta siihen kohdistuvat mekaaniset, fysikaaliset ja kemialliset rasitukset. Sen on myös täytettävä muut tilan käytöstä ja hoidosta aiheutuvat vaatimukset. Kivilaatat kiinnitetään alustaan kiinnityslaastilla, liimaamalla tai mekaanisilla kiinnikkeillä. Alusrakenne on yleensä betonia, mutta myös jäykkä levyrakenne tulee kyseeseen. Asennuslattiaissa kivilaattapintaist päällystelaatat kannatetaan laattojen kulmista tai reunoista.

Kivirakenteisiin kohdistuvat huonetilan käytöstä aiheutuvat rasitukset sekä rakenteen sisäiset rasitukset. Kuormitukset määritellään Suomen rakentamis-määräyskokoelman osan B1 ja soveltuvilta osin Rakenteiden kuormitusohjeiden (RIL 144-1990) mukaisesti. Rasitusten laatu ja merkitys kivirakenteen toiminnan kannalta vaihtelevat olosuhteista riippuen. Luonnonkiviä, luonnonkivitöitä ja julkisivuverhousta koskevat yleiset laatuvaatimukset esitetään RYL 90 luvussa 40.

Kuormitukset

Kivipäällysteeseen kohdistuvat lattian käytön aikana huonetilan hyötykuormat sekä liikenteestä johtuvat mekaaniset törmäykset ja iskut. Kivilaatat kiinnitetään alustaan tasaisesti, joten lattianpäällysteeseen ei synny taivutusrasitusta edellyttäen, että lattiarakenteen taipumat ovat pienet. Kivilaattapäällyste ja lattiarakenne suunnitellaan siten, että rakenteiden muodonmuutoksista ei aiheudu haitallisia kuormituksia kivipäällysteeseen. Usein sisätilojen kivitarkkeisiin kohdistuu valmistuksen,

kuljetuksen ja varastoinnin, asennuksen sekä kohteen rakennustöiden aikana suurempia kuormia, kuin rakenteen varsinaisen käytön aikana.

Kivipäällysteisessä portaassa laatat kiinnitetään jäykkään betonialustaan tasaisesti, joten lattianpäällysteeseen ei synny taivutusrasitusta edellyttäen, että porrarakenteen taipumat ovat pienet. Liikenteen keskittymisestä johtuen hyötykuormat ovat portaassa suuremmat kuin lattioissa. Tällä seikalla on merkitystä erityisesti avoportaiden mitoituksessa. Avoportaisa kiviaskelman mitoituksessa on huomioitava erityisesti taivutusrasitukset. Kivipäällyste ja porrarakente suunnitellaan niin, etteivät rakenteiden muodonmuutokset aiheuta haitallisia kuormituksia kivi-päällysteeseen.

Muut rasitukset ja vaatimukset

Muita lattianpäällysteen valinnassa ja lattiarakenteen suunnittelussa huomioon otettavia, kivipintaan käytön aikana kohdistuvia rasituksia ovat:

- liikenteen mekaaninen kulutus
- kosteus
- ulkoinen kosteus
- rakennekosteus
- lika
- kemialliset yhdisteet
- ilmastolliset ja muut ulkoiset rasitukset sisäänkäyntien kohdalla
- kosteus
- auringon UV-säteily
- pakkanen
- lämpötilanvaihtelut
- liikenteen pakokaasujen rikki- ja typpi yhdisteet
- jalkineiden mukana kulkeutuvat liikennesuolat
- kiinnityskerroksesta peräisin olevat liukoiset suolat
- toispuoleisesta kastumisesta johtuva käyristyminen
- rakenteiden painumat, siirtymät ja muodonmuutokset

Kivipäällysteeseen käyttötilanteessa kohdistuvia rasitustekijöitä ovat joskus myös kivipinnan pesussa käytettävät kemialliset yhdisteet sekä kiven värjäytymistä aiheuttavat, kiinnitys- ja saumaustarvikkeista peräisin olevat aineet. Kivilaattojen ohennemisen seurauksena olosuhteet ovat uusissa kivirakenteissa muuttuneet kiven kannalta entistä vaativammiksi.

Rasitusten määrä ja laatu vaihtelevat suuresti käyttö-kohteen olosuhteista riippuen. Kulutusrasitus on voimakkain runsaasti liikennöityjen tilojen, kuten myymälöiden ja asiakaspalvelutilojen sisäänkäynti- ja aulatiloissa, joissa kulutusta lisäävät jalkineiden mukana kulkeutuva kosteus, hiekka ja maantiesuola. Portaassa kulutusrasitus keskittyy usein tiettyihin kulkulinjoihin ja varsinkin

kin askelmapintojen etuosa on alttiina voimakkaalle kulutukselle. Kiven kulutuskestävyyden merkitys on näin ollen portaissa suurempi kuin lattioissa.

Portaiden sekä portaan ja lattian liittymiskohtien suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota turvallisuustekijöihin. Portaat on mitoitettava niin, että niissä kulkeminen on luontevaa. Portaasta askelmapinnan riittävä pintakitka on tärkeä liukastumisen estämiseksi. Porrasaskelmia ja portaan liittymistä lattiaan voidaan havainnollistaa myös kiven värin, kiven pinta-käsittelyn tai valaistuksen avulla. Portaan turvallisuuteen vaikuttavat lisäksi nousun ja etenemän mitoitukset ja kiviaskelman etureunan muoto.

Kivipinnan tulee olla tasainen ja suora sekä hygieeninen ja helppohoitoinen. Lattian ja portaan pinta ei saa olla liukas. Lattianpäällysteen on täytettävä rakenteelta edellytettävät RakMk:n mukaiset palon-kestovaatimukset. Luonnonkivi luokitellaan aina palamattomiin materiaaleihin. Lattialle ja portaille asetetaan myös akustisia vaatimuksia, joita ovat askel-ääneneristävyyttä, ilmastointia ja äänenvaimennusta. Kivipäällyste on akustisesti kova pinta, mikä on otettava huomioon suunnittelussa.

Luonnonkivinen seinäverhous on alttiina liikenteen kulutukselle ja iskuille sekä likaantumisen. Rasitukset kohdistuvat etupäässä seinän alaosaan. Rasitusten laatu ja suuruus riippuu seinän sijainnista ja tilan käyttötarkoituksesta. Eniten rasitettuja ovat seinien kulmat ja kulkuväylien verhoukset.

Kivi laattojen ja kiinnitystarvikkeiden laatu

Kivilaattojen ja kiinnitystarvikkeiden yleiset laatuvaatimukset annetaan RYL 90:ssä. Siinä määritetään hyvän rakennustavan mukainen kivilaattojen, kivitoimituksen ja varastoinnin, kiinnitystarvikkeiden ja alustan laadun laatuvaatimukset. Lisäksi esitetään vaatimukset mm. luonnonkivitoimituksen suorituslaadun ja luonnonkivi-laatoista tehtyjen rakenteiden rakennusosakohtaiset laatuvaatimukset. RYL 90:ssä todetaan lattianpäällysteen materiaalien laadusta seuraavaa:

"Luonnonkivilaattojen mittojen, ulkonäön, värin, pintakäsittelyn, lujuuden, vedenimukykyyn, kulutuksen- ja säänkestävyyden sekä muiden ominaisuuksien on oltava asiakirjojen mukaisia. Laatoissa ei saa olla ulkonäköä haittaavia, kivilajille ominaisista ulko-näöstä tai väristä huomattavasti poikkeavia virheitä. Laatoissa ei saa olla halkeamia, koloja, irrallisia fossiileja tai muita tarvikkeen käyttökelpoisuutta huonontavia virheitä. Laatoissa ei saa olla työstämisen jäljiltä metallihiukkasia, -pölyä tai muita aineita, jotka voivat aiheuttaa värivikoja valmiiseen pintaan."

"Luonnonkivilaatat toimitetaan siten pakattuina, että ne kestävät vahingoittumattomana asiantuntijan kuljetuksen ja varastoinnin. Luonnonkivilaatoissa on oltava kiinnitystyötä varten riittävät

merkinnät."

"Luonnonkivilaatat varastoidaan siten, että ne säilyvät moitteettomina. Luonnonkivilaattoja on säilytettävä lämmitetyssä tilassa ennen asennusta"

"Kiinnitys- ja saumaustarvikkeissa ei saa olla sellaisia aineksia, jotka saattavat aiheuttaa värivikoja laattoihin tai saumoihin. Kosteudelle alttiissa tiloissa kiinnitys- ja saumaustarvikkeiden on oltava vedenkestäviä. Ulkopuolisissa laatoituksissa käytettävien tarvikkeiden on oltava säänkestäviä. Metallikiinnikkeiden on oltava korroosionkestävää ainetta. Hitsauspuikon tulee olla hitsattavaan aineeseen sopiva. Juotoskiinnityksessä käytetään laastia tai liimaa. Liiman tulee olla reaktiivista ja kovettumisajan työn suorituksen kannalta riittävän nopea. Jos kiinnitystarvikkeilla on rajoitettu varastoimiskestävyys, on valmistusajankohdasta esitettävä tarvittaessa riittävä selvitys. Kemiallisilla ankkureilla tulee olla varmennettu käyttöseloste."

"Kiinnitys tehdään asiakirjojen mukaisesti joko tavanomaisella kiinnitystavalla, tai ohutlaastikiinnityksellä. Kiinnitykseen käytetään tarkoitukseen sopivaa laastia. Laattojen takapinnan ja kiinnitysalustan välisen tilan on oltava täynnä kiinnityslaastia. Asennetut alueet suljetaan laattojen kiinnittämisen jälkeen kävelyliikenteeltä yhden vuorokauden ajaksi ja raskaammalta liikenteeltä kolmen vuorokauden ajaksi."

"Saumojen tulee olla asiakirjojen mukaisia ja leveydeltään luonnonkivilaattojen pintakäsittelyasteen, saumausaineen ja -tavan vaatimusten mukaisia.

"Elastisella saumausaineella saumattaessa on kiinnitettävä huomiota siihen, ettei saumausaine tahraa kivilaattaa. Ennen liikuntasaumojen saumauksen aloittamista on varmistettava, että sauma on puhdas."

"Kaikissa työvaiheissa on vältettävä likaamasta kivipintoja. Puhdistukset suoritetaan välittömästi. Tahrat poistetaan laattojen toimittajan ohjeiden mukaisesti. Valmis luonnonkiverhous suojataan siten, ettei valmiin pinnan ja suojauksen väliin pääse roskia tai muita haitallisia aineita."

"Valmiin luonnonkivityön tulee olla rakennusosakohtaisten vaatimusten mukainen ja täyttää asiakirjoissa esitetyt vaatimukset"

"Ennen luonnonkivien asentamista todetaan alustan, tarvikkeiden

den ja kannattimien kiinnitysten asianmukaisuus sekä työn edellyttämät kosteus- ja lämpötilaolo-suhteet. Työn aikana todetaan vaadittujen ominaisuuksien ja olosuhteiden jatkuvuus”.

4.2 Kivityyppi ja pintakäsittely

Luonnonkivirakenteet suunnitellaan yleensä pitkäikäisiksi. Kiven kestävyydeltä ja rakenteen toimivuudelta vaaditaan paljon. Kivipäällysteen toiminnan kannalta ratkaisevaa on kivityyppin ja kiven pintakäsittelyn vaalinta. Sisätilojen käyttökohteissa soveltuvat käytettäväksi kaikki hyvälaatuiset rakennuskivet. Kivilajien kulutuskestävyydessä, huokoisuudessa ja muissa käyttöominaisuuksissa on kuitenkin eroja, jotka tulee huomioida kiveä ja pintakäsittelyä valittaessa. Kivi-päällysteen pintakäsittelyllä on vaikutusta kivirakenteen ulkonäköön, liukkauteen, likaantuvuuteen ja puhtaanapitoon.

Kivipinta tehdään useimmiten yhdestä kivilajista. Suosituimpia ovat olleet tasaväriset, värikyseiltään hillityt kivityypit. Viime aikoina on moniväristen ja kuvioitujen kivityyppien käyttö lisääntynyt. Kiven väriä valittaessa on otettava huomioon myös kohteen olosuhteiden rasittavuus. Tummissa ja kirjavissa kivissä kivipinnan likaantuminen ei näy häiritsevästi. Vaaleiden kiven väri ei toisaalta muutu paljon kovan kulutuksen johdosta edes kiillotettua pintakäsittelyä käytettäessä. Sisätilojen käyttökohteissa, erityisesti lattianpäällysteessä vaatimukset kiven väri vaihtelulle ovat yleensä väljemmät kuin julkisivussa. Kivipinnan elävyys ei tavallisesti ole häiritsevää, kunhan väri vaihtelu jakaantuu tasaisesti. Kivitoiden valmisteluvaiheessa tulee selvittää kivelle ominainen väri-vaihtelu. Väri vaihtelun hyväksyttävät rajat sovi-taan edustavien mallikivien avulla. Käyttämällä useita eri-värisiä kivilajeja kivipintaa voidaan kuvioda ja jäsentää monin tavoin.

Kivilajin valinnassa tulee kiven värin ja kuvioinnin ohella huomioida kiven fysikaaliset ominaisuudet ja kestävyys, jotka vaihtelevat varsin paljon eri kivilajeilla. Luonnonkiven kulutuskestävyys riippuu kiven mineraalien kovuudesta ja kiven rakenteesta. Kulutusta parhaiten kestäviä rakennuskiviä ovat graniitit ja muut kovat kivet. Useimpiin käyttökohteisiin soveltuivat myös marmorit muut pehmeät kivet. Taulukossa 4-1 on esitetty lattianpäällysteenä käytettävien luonnonkivien tyyppilliset kulutuskestävyyden, huokoisuuden ja kovuuden lukuarvot.

Kohteissa, joissa kulutusrasitus on suuri, suositellaan käytettäväksi ensisijaisesti kovia kivityyppejä. Esimerkiksi graniittia, jonka kulutuskestävyys on hyvä. Kiven kuluminen erottuu selvimmin kiillotetussa kivipinnassa. Julkisissa tiloissa, joissa kulutusrasitus on suuri, suositellaan kiillotettua pintakäsittelyä vain kovalle, hyvin kulutusta kestäville kiville. Pehmeissä, kiillote-tuissa kivipinnoissa erottuvat kulkuväylät kulumisen seurauksena muuta lattiaa himmeämpinä. Tummissa marmoreissa ja muissa pehmeissä kivissä kova kulutus vaalentaa kiven väriä hioutuissa-kin pinnoissa selvemmin, kuin vastaavan kovuisessa vaaleassa kivissä. Kun kulutusrasitus on suuri, on suositeltavaa valita mattahiottu kivipinta. Yksityisasunnoissa ja muissa tiloissa, joissa liikenteen ja kulutuksen määrä on pieni, voidaan hyvin käyttää kiillotettua kivipintaa kaikilla kivityypeillä. Taulukossa 4-2 on annettu ohjeita kiven pintakäsittelyn valinnasta eri tapauksissa.

Kivipäällysteen huokoisuus ja vedenimukyky vaikuttavat kivipinnan likaantuvuuteen ja puhdistettavuuteen. Hyvä sisustuskivi on tiivis, joten lika tarttuu kivipintaan huonosti. Kiven vedenimukykyä voidaan pienentää käsittelemällä kivipinta säännöllisesti suojaavalla, pintahuokosiin tunkeutuvalla vahalla. Kemialliset rasitukset ovat yleensä pieniä ja kivipinnan kannalta merkityksettömiä. Erikoistiloissa, joissa kivipintaan kohdistuu kemiallisia rasituksia, tulee kiven kestävyys erikseen selvittää. Kiveä puhdistettaessa on aina varmistettava, että käytettävä pesuaine ei

Kivilaji	Kulutuskestävyys (DIN 52108, Böhm) cm3/50 cm3	Huokoisuus (DIN 52102) tilavuus-%	Kovuus Mohs
graniitti	4-8	0,4-1,3	6
dioriitti	5-9	0,5-1,2	5-6
gabro	5-9	0,5-1,2	5-6
diabaasi	5-8	0,5-1,2	5-6
migmatiitti, gneissi	4-9	0,4-1,5	5-6
marmori, kalkkikivi	15-40	0,5-2,5	3-4
hiekkakivi	7-14	0,5-2,0	4-6
kvartsiitti	5-8	0,4-1,8	6-7
liuskeet	6-15	0,5-1,5	4-6
vuolukivi	-	0,1-0,3	2-3

Taulukko 4-1. Luonnonkivien fysikaalisia ominaisuuksia.



Kuva 4-7. Eläväkuvioisesta Oripään migmatiitista tehty sisääntuloaulan luonnonkivisustus. Hotelli Rivoli Jardin, Helsinki.

sävytä kiveä. Taulukossa 4-3, on esitetty tietoja kivimineraalien kemiallisesta kestävydestä. Kaikki rakennuskivenä käytetyt luonnonkivet soveltuvat hyvin käytettäväksi sisäseinäverhouksessa.

Eteisauloissa ja muissa ulkotiloihin liittyvissä tiloissa, kiviseen lattia- ja porraspintaan kulkeutuu jalkineiden mukana suoloja, jotka voivat kiteytyessään aiheuttaa kivipintaan rasituksia ja rapauttaa kiveä. Näissä kohteissa on suositeltavaa käyttää tiiviitä ja lujia kiviä. Tarvittaessa kivipinta voidaan suojata kosteuden ja suolojen tunkeutumista vastaan tarkoitusta varten valmistetulla suoja-aineella.

Jos seinäpinta on alttiina likaantumisen ja voimakkaalle kulumiselle on syytä valita tiivis ja kulumista kestävä kivilaji. Huokosten kivilaatujen pinnan tiiviyyttä voidaan parantaa, esimerkiksi pintahuokosiin tunkeutuvalla suoja-aineella. Luonnonkiven puhdistus-aine on valittava siten, että kemialliset aineet eivät vahingoita kivipintaa.

Sisäseinäverhouksessa luonnonkiven tavallisin pintakäsittely on kiillotus, sillä kiillotetussa kivipinnassa kiven luonnolliset värisävyt tulevat selvemmin esille. Hiottu kivipinta on himmeä ja väriykseltään kiillotettua vaaleampi. Harvinaisempia, mutta hyvin seinä-verhoukseen soveltuvia ovat polttopintakäsittely ja ristipäähakattu graniitti sekä lohkopintainen liuskekiivi. Puhtaanapidon kannalta sileät kivipinnat ovat karkeita pintoja helppohoitoisemmat.

Sisustuksessa on perinteisesti käytetty vaaleita kiviä ja erityisesti marmoreita. Kovien kivien jalostustekniikan kehittymisen myötä on graniittien käyttö myös sisäseinäverhouksissa lisääntynyt.

Kivipinnan liukkauden testaamiseen on kehitetty testimenetelmiä, mutta monista liukkauteen vaikuttavista muuttujista johtuen liukkausominaisuuden määrittäminen on vaikeaa. Kivi-



Kuva 4-8. Vaihtelevan värisistä ja kokoisista kivistä tehty kuvioitu kivilattia.

pinnan liukkaus riippuu kivi-lajista, kiven pintakäsittelystä, kivilaattakoosta, kivi-sauman leveydestä, jalkineen ominaisuuksista, kivi-pinnan hoito- ja suoja-aineista sekä kivipinnalla olevista muista aineista kuten vesi, lumi, jää, öljy, pöly ja lika. Hiottu kivipinta ei normaalisti ole liukas. Kiillotettu kivipinta vaikuttaa liukkaalta, mutta soveltuu hyvin useimpiin kuiviin tiloihin. Karkeiden kivipintojen kitka-ominaisuudet ovat erittäin hyvät kaikissa olosuhteissa. Kiven likaantuvuuden ja puhtaanapidon kannalta an eduksi, että kivipinta on mahdollisimman sileä ja pintakäsittely hieno. Portaalan askelmapinnan etureunaan voidaan tehdä tarvittaessa liukastumiseste joko erillisellä, kiveen kiinnitettävällä listalla tai jyrsimällä kiviaskelmaan kitkaa lisäävät urat, jotka samalla havainnollistavat askelmaa (kuva 4-33). Kivipinnan pintakitkaa voidaan parantaa myös uudentyypisillä kivipinnan käsittelyaineilla, jotka vähentävät kuivan ja märän kivipinnan liukkautta. Käsittely uusitaan tarpeen mukaan lattian kulumisen määrästä riippuen.

Graniitit ja muut syväkivet soveltuvat fysikaalisten ominaisuuksiensa ja hyvän kulutuskestävyytensä ansiosta erinomaisesti sisätilojen kivirakenteisiin, Kovia syväkiviä voidaan useissa käyttökohteissa käyttää myös kiillotettuina. Syväkivien väri- ja tyyppi-valikoima on viime vuosina lisääntynyt. Ne ovat lujia, tiiviitä ja niiden kulutuskestävyys on hyvä.

	Lattiat			Portaat		Sisäseinäverhoukset	Tulisijat	Muu sisustus
	Julkiset tilat, kova kulutus	Yksityistilat, pieni kulutus	Märkätilat	Julkiset tilat, kova kulutus	Yksityistilat, pieni kulutus			
Graniitti								
- kiillotettu	○	●	-	○	●	●	●	●
- hiottu	●	●	●	●	●	●	●	●
- poltettu	○	○	○	○	○	○	○	○
Marmori								
- kiillotettu	-	●	-	-	○	●	●	●
- hiottu	○	●	●	○	●	●	●	●
Liuskeet ja kvartsiitit								
- kiillotettu	○	●	-	○	●	●	●	●
- hiottu/sahapinta	●	●	●	●	●	●	●	●
- luonnon lohkopinta	○	●	○	○	○	○	●	○
Vuolukivi								
- hiottu	○	●	●	○	●	●	●	●
- lohkopinta	-	-	-	-	-	○	●	○

Taulukko 4-2. Luonnonkiven pintakäsittelytavan valinnan periaatteet.

● ≈ Soveltuu hyvin ○ ≈ Soveltuu - = Ei suositella

Kalkkikivet, marmorit ja muut karbonaattiset kivi-tyypit ovat kaikkina aikoina olleet helpon työstettävyytensä, hyvän saataavuutensa ja kauniin ulkonäkönsä vuoksi suosittuja sisustuskiviä. Karbonaattisia kiviä käytettäessä tulee välttää kiillotettua pintakäsittelyä, kun lattian kulutusrasitus on suuri. Vaaleita kivilaatuja ei suositella, jos lattiapinta on alttiina voimakkaalle likaantumiselle. Lattian pesussa ei saa käyttää happamia pesuaineita, jotka syövyttävät karbonaattista kiveä. Tietyt marmorilaadut pyrkivät käyristymään voimakkaasti asennuksen yhteydessä tois-puoleisesti kastuessaan. Käyristymistä voi hillitä lisäämällä kivilaatan paksuutta tai käyttämällä laatan kiinnityksessä vedetöntä erikoislaastia.

Vuolukivet ja serpentiinit ovat ominaisuuksiltaan soveliaita sisätilojen rakenteisiin. Kivet ovat pehmeytensä ja akustisten ominaisuuksiensa ansiosta miellyttävän tuntuista. Lattioissa ja portaissa, joissa kulutusrasitus on erittäin suuri, tulee suunnittelussa ottaa huomioon kivien pehmeys ja kivityyppikohtaisesti

kohtalaiseksi tai puutteelliseksi luokiteltu kulutuskestävyys. Vuolukivilattian pintakäsittely on tavallisesti mattahiottu. Vuolukivi kestää hyvin happeja ja emäksiä. Lisäksi se soveltuu tiiviinä kivenä hyvin kosteiden tilojen ja märkien tilojen pinnoitteeksi.

Liuskeet ja kvartsiitit soveltuvat fysikaalisten ominaisuuksiensa osalta erittäin hyvin sisätilojen rakenteisiin. Liuskekivipinta voidaan tehdä joko vapaa-muotoisista tai määrämittaan sahatuista kivilaatoista. Kivien pintakäsittely on yleensä luonnollinen lohkeamapinta, mutta joitakin tämän ryhmän kivityyppisiä on saatavana myös hiottuina ja kiillotettuina. Lohkopintaisten kivien tasaisuus ja suoruus vaihtelevat kivityyppikohtaisesti.

Mineraali	Kemiallinen rasitus				
	Vesi	Laimeat Hapot	Vahvat hapot	Vahvat emäkset	Suola-liuokset
kalsiitti	3	2	1	2	2
dolomiitti	4	4	2	3	2
kipsi	2	4	4	3	4
kvartsi	4	4	4	4	4
K-Na-maasälpä	4	4	4	3	4
Ca-maasälpä	4	4	3	2	3
kiilteet	4	4	3	2	3
amfiboli	4	4	4	3	2
pyrokseeni	4	4	4	3	2
oliviini	4	4	2	2	2
pyniitti	4	3	2	2	1
timantti	4	4	4	4	4

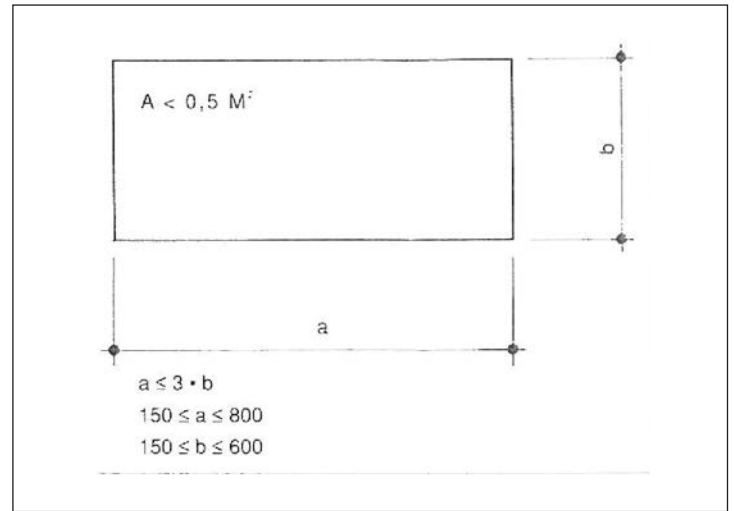
Taulukko 4-3. Kivimineraalien kemiallinen kestävyys.

4.3 Luonnonkivinen lattianpäällyste

Kivilaattakoko ja limitys

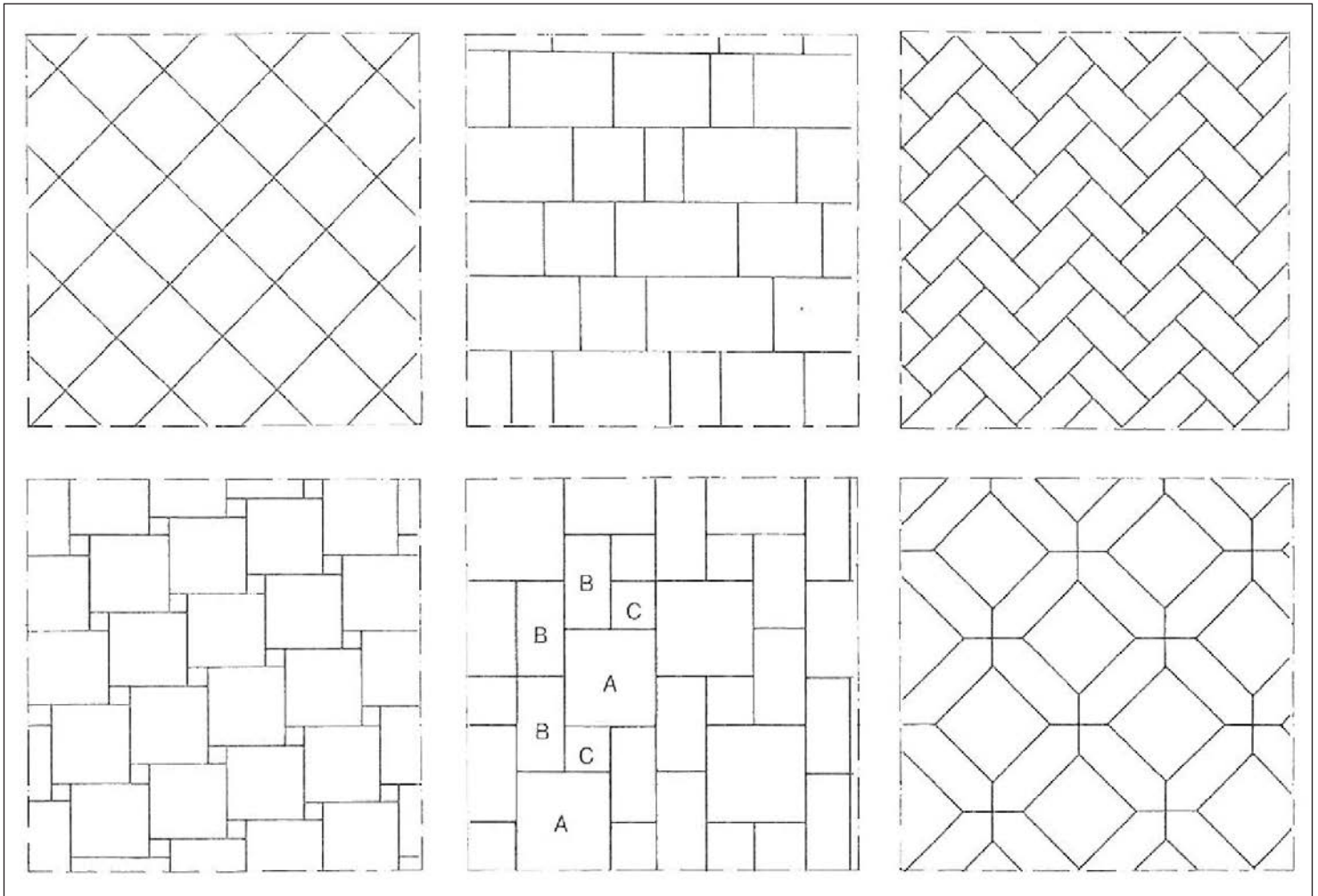
Lattianpäällysteen kivilaatat voidaan limittää hyvin monella tavalla. Kivilaatat ovat tavallisesti suorakaiteen muotoisia. Myös kolmion, suunnikkaan, monikulmion tai ympyrän muotoisia kivilaattoja voidaan käyttää. Tuotantoteknisistä syistä johtuen suorakulmaiset laatat ovat yleensä huomattavasti edullisempia kuin muut laattamuodot. Kuvassa 4-9 on esitetty kivilattioissa käytettyjä limityskuvioita. Kaikissa esitetyissä ladontamalleissa voidaan lattiapintaa kuvioida käyttämällä erivärisiä kiviä tai vaihtelemalla kivi-laattojen pintakäsittelyä. Eri kivilajeja yhdistellessä on lattian epätasaisen kulumisen estämiseksi käytettävä rinnakkain kulutuskestävyydeltään vastaavia kiviä.

Kivien limityskuvioita mitoitettaessa tulee ottaa huomioon kivien välisen sauman leveys, joka on yleensä 2-3 mm. Erikoistapauksissa, esimerkiksi kuviosommitelmissa, voidaan käyttää myös kapeampaa tai leveämpää saumaa.



Kuva 4-10. Lattian kivilaatan mitoituksen periaate,

Luonnonkivisen lattianpäällysteen kivilaatat mitoitetaan yleensä tapauskohtaisesti. Lattianpäällysteessä on suositeltavaa käyttää kivilaattoja, joiden pinta-ala $< 0,5 \text{ m}^2$. Kivilaatan sivumittojen suhteen tulee olla enintään 1 : 3. Laatan sivumittojen suositeltava vaihtelualue on 150 - 800 mm. Kuviolattioissa voidaan käyttää pienempiäkin laattoja.



Kuva 4-9. Kivilattian limitysmalleja.

laatan paksuus (mm)	sivumitat (mm)
6	100 x 100 100 x 200
8	100 x 100 100 x 200 150 x 300 200 x 200 200 x 225 200 x 300
10	200 x 200 200 x 400 300 x 300 300 x 600 400 x 400
12	450 x 450

Taulukko 4-4. Kalibroituja luonnonkivisten lattialaattojen moduulikokoja.

Kalibroituja ohutlaattoja valmistetaan myös vakiokokoisina. Eri valmistajien vakiokoot vaihtelevat tuotantoteknisistä tekijöistä ja kivilajien ominaisuuksista johtuen. Tuotantoteknisistä tekijöistä on edullista, että ohutlaatan lyhyemmän sivun pituus on enintään 450 mm. Taulukossa 4-4 on esitetty Suomessa valmistettävien kalibroituja ohutlaattojen vakiomittoja.

Kivilaattojen paksuuden mitoitus

Lattianpäällysteen kivilaattojen paksuus riippuu kiven ominaisuuksista, kivilaatan koosta, lattiarakenteesta ja laatan kiinnitystekniikasta. Kivilaatat kiinnitetään alustaan tasaisesti laastilla tai liimalla. Käytännössä lattian päällyslaattaan voi kuitenkin syntyä taivutusrasituksia asentamisen yhteydessä tai lattian käytön aikana esimerkiksi asennustyövirheen vuoksi tai laatan alla olevan maakostean betonin paikallisesti murtuessa.

Maakostealla betonilla kiinnitettävien kivilaattojen paksuuden tulee olla vähintään 15 mm. Tavallisesti kivilaatan paksuudeksi valitaan 20 mm. Kivilaatan paksuutta voi olla tarpeen lisätä, kun:

- kiven lujuus on pieni,
- käytettäessä karkeaa pintakäsittelyä,
- kivilaatat ovat suurikokoisia, tai kun
- alusrakenteen jäykkyys on tavallista pienempi.

Kalibroidut ohutlaatat kiinnitetään alustaan ohuella liima- tai laastikerroksella. Kalibroituja ohutlaattojen paksuus vaihtelee tavallisesti välillä 6 - 10 mm. Lattialaatoituksen suunnittelussa on otettava huomioon, että ohut kivilaatta on paksua kiveä herkempi rikkoontumaan esimerkiksi epätavallisen suuren kuormituksen tai työvirheestä johtuvan kiven epätasaisen tuennan johdosta. Käytettäessä sementtipohjaisia kiinnitystarvikkeita kivilaatan ohentaminen lisää riskiä liukoisten suolojen kulkeutumiselle kivipintaan. Tietyillä kivityypeillä, erityisesti ulkomaisilla marmoreilla, on taipumus käyristyä voimakkaasti asennuksen yhteydessä toispuoleisesti kastuessaan. Ohut kivilaatta käyristyy kiinnityksen yhteydessä paksua herkemmin.

Mittatarkkuus

Luonnonkivilaattojen mittatarkkuusvaatimus riippuu kiinnitysmenetelmästä, saumaleveydestä ja kiven pintakäsittelystä. Normaalia maakostea kiinnitystä käytettäessä kiven paksuusvaihtelut voidaan tasoittaa kiinnityskerroksessa. Kiinnitettäessä kivilaatat ohuella liima- tai laastikerroksella on tasausvara huomattavasti pienempi. RYL 90:ssa määritellään lattianpäällysteen kivilaattojen mitat ja mittatarkkuus seuraavasti:

”Luonnonkivilaattojen tulee mitoiltaan olla sellaisia, että ne asiakirjojen mukaisesti kiinnitettynä kestävät moitteettomina käyttökohteen rasitukset”

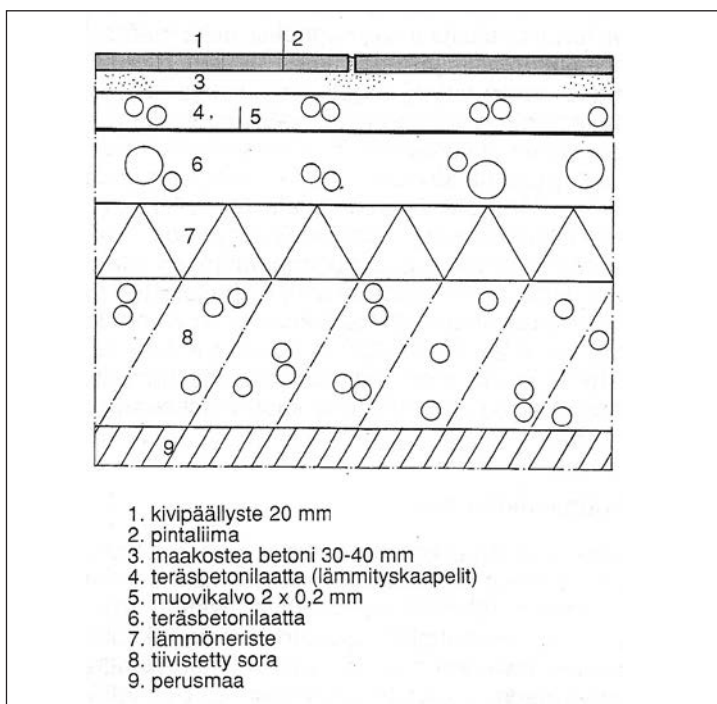
”Luonnonkivilaattojen mitoissa saa olla ainoastaan sellaisia poikkeamia, että laatat voidaan kiinnittää asiakirjojen määräysten mukaisesti”

”Lattianpäällysteen kivilaattojen sivumittojen mitta-poikkeama saa olla enintään ± 2 mm. Paksuuden mittapoikkeama saa olla enintään ± 4 mm käytettäessä normaalia kiinnitystapaa ja enintään ± 1 mm käytettäessä ohutlaastikiinnitystä. Kivilaattojen suoruuden mittapoikkeaman tulee olla niin pieni, että valmiin lattian vierekkäisten laattojen hammastus hiotussa kivipinnassa on enintään 1 mm.”

RYL 90:n mukaiset, rakennusosakohtaiset vaatimukset hiotuista laatoista tehdyn lattian tasaisuudelle on esitetty taulukossa 4-5.

Tasaisuuspoikkeama	Mittauspituus (mm)	Suurin sallittu poikkeama (mm)	
		Ohutlaastikiinnitys	Paksulaastikiinnitys
hammastus	–	1	1
poikkeama	2000	± 3	± 4

Taulukko 4-5. Valmiin lattian tasaisuuspoikkeamat. RYL 90, luku 40, taulukko 40:T3.



Kuva 4-11. Luonnonkivipintainen maanvarainen lattiarakenne.

	Tavanomaiset laatat	Kalibroidut laatat
Sivumitat: a ≤ 600 mm	± 1,0	± 0,5
a > 600 mm	± 2,0	
Paksuus: - sileä pinta	± 1,5	± 0,5
- karkea pinta	± 2,0	± 1,0

Taulukko 4-6. Luonnonkivisten lattialaattojen mittatarkkuus (mm).

Taulukossa 4-6 on esitetty Kiviteollisuusliitto ry:n suosittelema luonnonkivisten lattialaattojen mittatarkkuus. Tapauskohtaisesti voidaan sopia joko väljemmistä tai tiukemmista vaatimuksista, mikäli se rakenteen toteutuksen kannalta on tarkoituksenmukaista. Tarpeetonta mittatarkkuutta kannattaa välttää, koska kivitöissä toleranssin tiukentamisella voi olla merkittävä vaikutus kiven hintaan. Kalibroituja ohutlaattojen särmät voidaan viištää kevyesti 1 mm faasilla. Lattialaattojen suorakulmaisuuksien tulee olla niin tarkka, että saumaleveyden vaihtelu ei ole häiritsevää. Käytännössä ohjeellisena vaatimuksena kivilaatan ristimittojen tarkkuudelle voidaan pitää toleranssia ± 1,0 mm.

Kivilattian rakennetyypit

Lattian rakennekerrokset

Kivipäällysteisen lattian kantava betonirunko voi olla paikalla vaiettu tai elementtirakenteinen. Tavallisin runkomateriaali on

betoni. Kivipäällyste voidaan asentaa myös puu- tai levyrunгон päälle. Tällöin lattiarakenteen jäykkyyteen on kiinnitettävä erityinen huomio kivipäällysteen suunnittelussa ja mitoituksessa. Kuvassa 4-11 on esitetty tyypillinen luonnonkivipäällysteinen maanvarainen lattiarakenne.

Kaksoislattioissa eli asennuslattioissa käytetään ohuilla luonnonkivilaatoilla päällystettyjä lattian verhouks-laattoja. Laatat kannatetaan nurkista. Rakenteen jäykkyys on niin suuri, että kivilaattapintaan ei synny lattian käyttökuormitusten alaisena haitallista taivutusrasitusta.

Alustan ominaisuudet

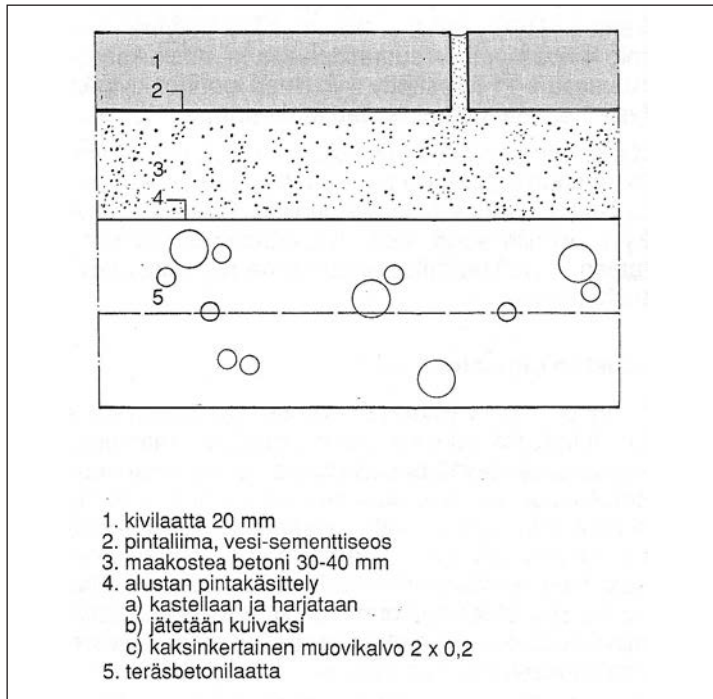
Luonnonkivipäällysteen tai -verhouksen kiinnitysalustan tulee olla rakennusosakohtaisten vaatimusten mukainen ja täyttää asiakirjoissa esitetyt vaatimukset. Alustan on oltava puhdas sekä niin liikkumaton ja kiinteä, että laatoitus säilyy ehjänä ja asianmukaisena. Alustan tulee antaa laatoille ja niiden kiinnitykseen käytettäville tarvikkeille hyvä kiinnittyvyys. Alustan teossa tulee ottaa huomioon riittävät tarkistustoimin listoitusten ja muiden rajoittavien rakennusosien vaatimukset.

Alustan muodon, suunnan ja kaltevuuden tulee olla valmiin laatoituksen mukaiset sekä sellaiset, että kiinnitysainekerroksen paksuus on koko alustassa mahdollisimman yhdenmukainen. Kiinnitysalustan tasaisuuden tulee olla suunnitelmien mukaisen lattianpäällysteen kannalta riittävä. Paksulaastikiinnityksessä alustan tasaisuus saa vaihdella ± 5 mm, ja ohutlaastikiinnityksessä alustan tasaisuuden tulee vastata oikaistua betonipintaa. Tarvittaessa aluslattia oikaistaan ennen lattianpäällysteen tekoa. Suuret kiinnityskerroksen paksuusvaihtelut vaikeuttavat lattianpinnan tekoa ja kiinnityskerroksen ja betonialustan paksuusvaihtelut saattavat aiheuttaa käytön aikana halkeamia ja tasoeroja kivipäällysteeseen.

Alustassa ei saa olla sellaisia aineksia, jotka esimerkiksi imeytymisen, paineilmiöiden tai valumisen vuoksi saattavat heikentää luonnonkivilaattojen kiinnipysymistä tai aiheuttaa värivikoja luonnonkivipintoihin tai saumoihin. Kosteudelle alttiissa tiloissa ei alustassa saa olla vesiliukoisia tarvikkeita. Laastilla suoraan alustaan kiinnitettävän laatoituksen alustassa ei saa olla tasoitetta. Luonnonkivilattian alustan laatuvaatimukset on esitetty RYL 90:ssä.

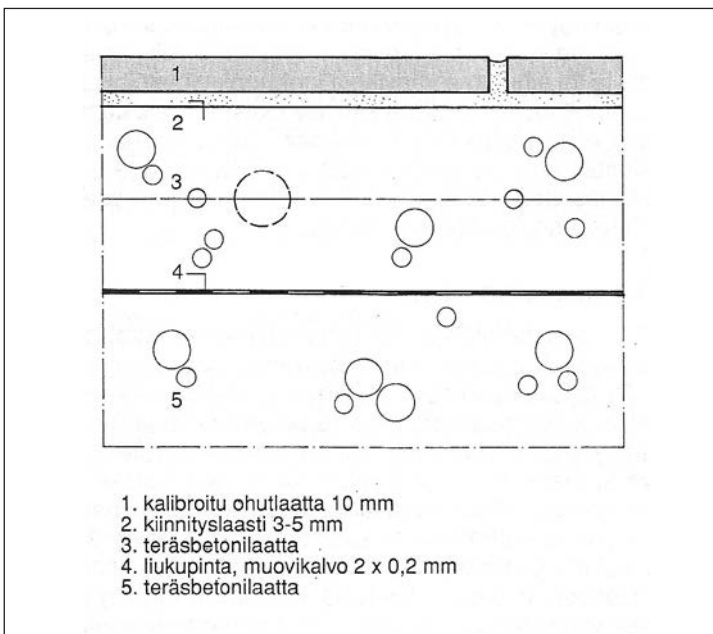
Paksulaastikiinnitys

Paksulaastikiinnitykseksi kutsutaan rakennetta, jossa kivilaattapinnan kiinnityskerroksen paksuus on 30 - 50 mm. Lattian rakenne on kuva 4-12 mukainen. Kiinnityskerroksen maakostea betoni levitetään aluslattian päälle huomioiden kiinnitysker-



Kuva 4-12. Paksulaastikiinnitys luonnonkivilattiassa.

roksen tiivistys-vara. Haluttaessa varmistaa kiinnityskerroksen ja aluslattian välinen hyvä tartunta harjataan alusbetonin pintaan vettä, notkeaa sementtilaastia tai vastaavaa tartuntaa parantavaa ainetta välittömästi ennen maakostean betonin levitystä. Kivilaatan kiinnittyminen varmistettaman notkealla sementti-vesiseoksella, jota levitetään maakostean betonin päälle ennen kivilaattojen asentamista. Kiven tartuntaa voidaan parantaa myös kastelemalla kiven takapinta ennen ladontaa. Kiinnityskerros tiivistetään naputtelemalla kivilaatat paikoilleen kumivasaralla. Maakostean betonin suurin raekoko on 8 mm, sementtipitoisuus



Kuva 4-13. Liukupinnan sijoitus alusbetonilaatan alle ohutlaastikiinnitystä käytettäessä.

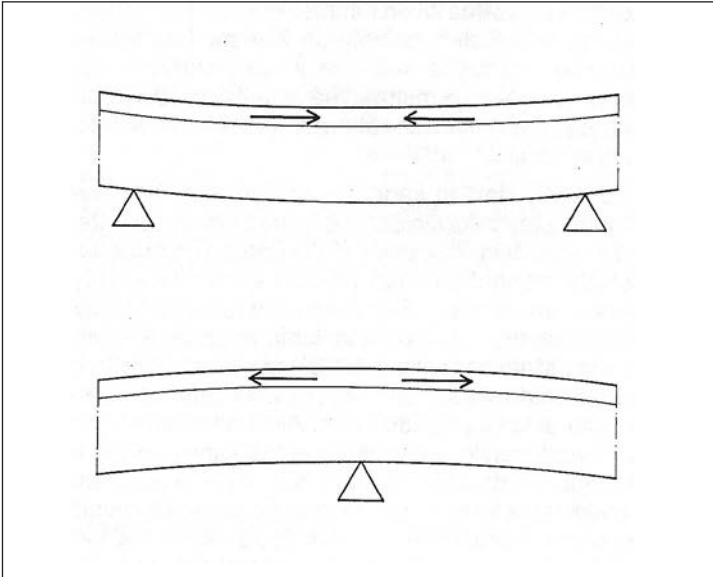
yli 300 kg/m³ ja vesimäärä vain niin suuri, että massasta saadaan käsin muotoiltua koossa pysyvä pallo. Kivilaattojen paksuus on paksulaastikiinnitystä käytettäessä normaalisti 20 mm.

Kivipäällysteen ja alusbetonin väliin tehdään usein liukupinta esimerkiksi jättämällä alusbetonin pinta kuivaksi ennen kiinnityskerroksen levitystä. Tällöin kiinnityskerroksen paksuuden on oltava vähintään 30 mm. Kuivalle betonipinnalle tehdyn kivipäällysteen tartunta alustaan jää huonoksi, mikä mahdollistaa käytännössä jossain määrin lattian rungon ja pintakerrosten välisiä muodonmuutoksia. Jos odotettavissa olevat muodonmuutokset ovat suuria, voidaan lattian pintarakenteen ja alusrakenteen väliin tehdä liukupinta käyttämällä kaksinkertaista muovikalvoa kiinnityskerroksen ja alustan välillä. Näin menetellen voidaan yhdessä kivipäällysteen liikuntasauvojen kanssa estää muodonmuutoserosta johtuvien lattian toimivuuden kannalta haitallisten pakkovoimien syntymistä lattiarakenteeseen. Kun lattian-päällysteen ja rungon välinen sidos on estetty tai se on hyvin pieni, tulee lattianpäällystettä tarkastella mitoituksessa rakenteellisena kuormia jakavana kerroksena.

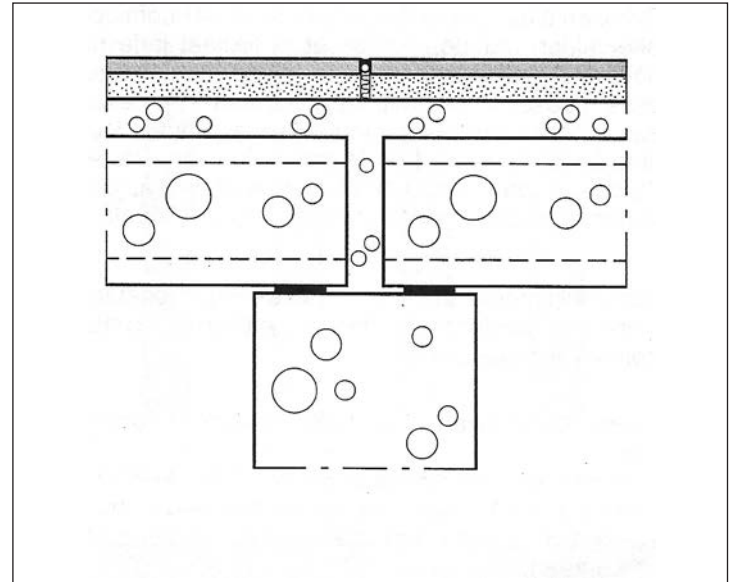
Ohutlaastikiinnitys

Kivilaatat voidaan kiinnittää aluslattiaan myös ohuella, 3 - 5 mm:n paksuisella, kiinnityslaastikerroksella. Tällöin kivet ovat tavallisesti 8 - 10 mm paksuisia. Kivilaattojen paksuuden mittatarkkuuden on oltava tavallista parempi, jotta vältetään laattojen välinen hammastus. Ohutlaastikiinnitystä käytettäessä on aluslattia lattiapinnan tasaisuuden varmistamiseksi oikaistava ennen laattojen kiinnittämistä, sillä alustan epätasaisuuksia ei ohuessa kiinnityskerroksessa voi tasata. Kivilaattojen asentamisessa on kiinnitettävä erityishuomio siihen, että laatta kiinnittyy alustaan kauttaaltaan, sillä ohuet kivilaatat halkeavat erittäin herkästi taivutusrasituksen alaisena. Kivilaatan tartunnan varmistamiseksi voidaan vesipitoisia kiinnitystarvikkeita käytettäessä kastella kiven taka-pinta ennen asennusta. Vaaleilla ja ohuilla kivilaatoilla on syytä käyttää valkoista kiinnityslaastia kiven värähäiriöiden välttämiseksi.

Koska kivilaattapäällyste kiinnitetään suoraan aluslattian päälle, aiheutuu kivipinnan ja alusrakenteen välisistä muodonmuutoserosta herkästi halkeamia kivipäällysteeseen. Alustan jäykkyyden ja liikkumattomuuden vaatimus on tästä syystä ohutlaastikiinnityksessä erityisen tärkeä. Haitallisten pakkovoimien syntyä voidaan hillitä sijoittamalla liukupinta lattian rungon ja aluslattian väliin (kuva 4-13) Ohutlaastikiinnitys soveltuu käytettäväksi erityisesti, kun kivilattian työvara on rajoitettu. kuten korjausrakentamisessa tai käytettäessä lattiassa rinnakkain luonnon-kiveä ja muita lattianpäällysteitä.



Kuva 4-14. Lattiarakenteen taipumista aiheuttavia jännityksiä lattianpäällystyksessä.



Kuva 4-16. Liikuntasauva ontelolaattavälipohjan tuen kohdalla.

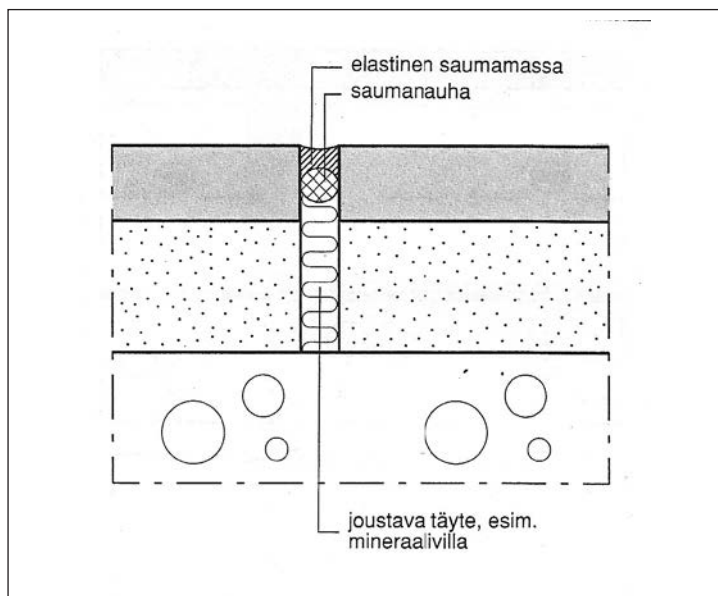
Kivilaattapinnan saumojen suunnittelu

Laastisaumat

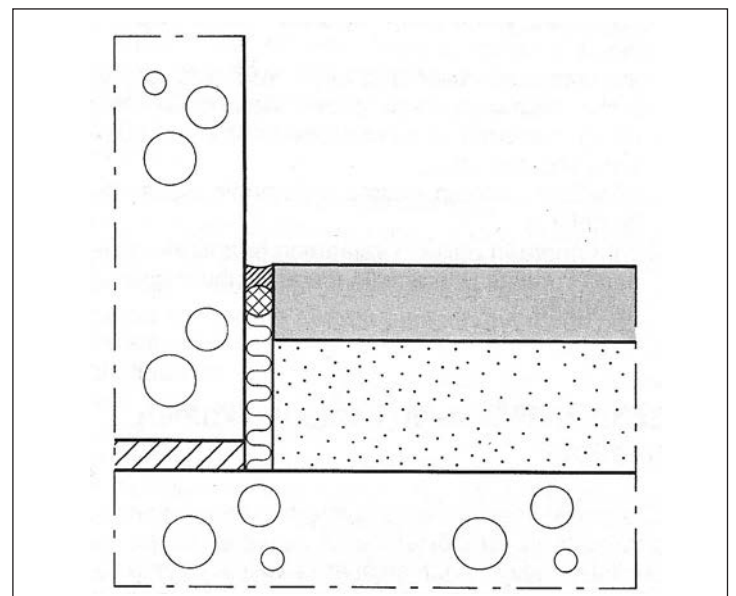
Luonnonkivilattioissa pyritään yleensä mahdollisimman kapeaan ja huomaamattomaan saumaan. Tavallisesti kivilaattasauman leveys on 2 - 3 mm. Erikoistapauksissa, esimerkiksi lattian kuvioinnin yhteydessä, kivipinta voidaan poikkeuksellisesti toteuttaa 0 - 2 mm leveällä saumalla. Tällöin on kivilaattojen ja asennuksen mittatarkkuuden oltava tavallista parempi. Kapea sauma on lisäksi hankala saumata, koska sauma-aineet tunkeutuvat huonosti alle 2 mm levyiseen saumaan. Pieni saumanleveys vaikuttaa myös lattian rakenteelliseen suunnitteluun. Kiven kiinnitysalustan on tällöin oltava normaalia tasaisempi ja lattianpäällysteen liikuntasauvan suunnitteluun on kiinnitettävä taval-

lista enemmän huomiota. Karkealla kivipinnalla sauman leveys on suurempi yleensä 5 - 10 mm.

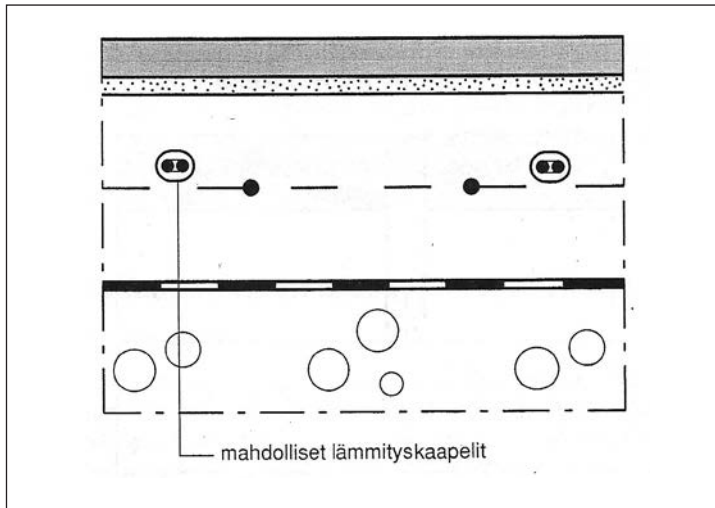
Kivilaattojen välinen sauma tiivistetään saumalaastilla 1...3 vuorokauden kuluttua kivien asentamisesta. Kivien puhdistamisen helpottamiseksi kivipinta kastellaan ennen saumausta. Saumaustyön jälkeen kivet puhdistetaan, ennen kuin saumasaine ehtii kovettua kivilaatan pintaan, yleensä viimeistään 1 tunnin kuluttua. Saumauksessa käytetään notkeaa massaa joka tunkeutuu sauman läpi ja kiven reunojen alle. Suositeltavaa on käyttää valkoista tai harmaata saumalaastia. Väri-laastien pigmentti voi värjätä kivilaattoja.



Kuva 4-15. Liikuntasauvan sijoitus kivilaattapäällysteessä.



Kuva 4-17. Liikuntasauva lattian päällysteen ja seinän liitoskohdassa.



Kuva 4-18. Lämpökaapeliin sijoitus pintabetonilaattaan.

Liikuntasaumot

Lattiarakenteissa tapahtuu lämpömuodonmuutoksia, kosteusmuodonmuutoksia, kimmoisia muodonmuutoksia ja virumista. Perustusten epätasainen painuminen saattaa lisäksi aiheuttaa runkorakenteiden siirtymistä. Lattian kuormitukset ovat luonteeltaan staattisia. Liikenteestä voi aiheutua myös dynaamisia taivutusrasituksia lattiarakenteeseen. Lattianpäällysteen suunnittelussa on tärkeä tuntee mahdollisimman tarkoin lattian rungon odotettavissa olevat muodonmuutokset. Lattiarakenteeseen syntyy taipumisen seurauksena jännityksiä, jotka voivat johtaa kiinnityskerrokseen leikkautumiseen tai laattojen irtoutumiseen (kuva 4-14.). Kiinnitysalustan ja luonnonkivi-pinnan väliset muodonmuutoserot voivat johtaa kivi-pinnan vaurioitumiseen, jos rakenneosien liikkuminen on estetty.

Kivirakenteiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakenteiden muodonmuutokset ja liikkeet järjestämällä riittävästi liikuntasauvoja, joissa muodonmuutokset pääsevät vapaasti tapahtumaan. Näin estetään tehokkaasti muodonmuutoksista johtuvat kivi-pintojen halkeamat. Liikuntasauvojen tarve tulee ottaa huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa, jotta saumojen sijoitus voidaan toteuttaa mielekkäästi.

Luonnonkiviseen lattianpäällysteeseen sijoitetaan vaurioiden välttämiseksi kiinnityslaastikerroksen läpi-menevä liikuntasauva:

- aina rakennuksen rungon liikuntasauvan kohdalle,
- elementtien välisen sauman kohdalle, kun elementtien liike-erojen voidaan olettaa olevan huomattavan suuret (esimerkiksi ontelolaattojen päästysaumot),
- kivilattiaan normaalisti toisiaan vastaan kohtisuoriin suuntiin 6 - 10 m:n välein,

- seinän, pilarien sekä muiden pystyrakenteiden ja lattian liitoskohtaan,
- läpivientien kohdalla sekä
- aina sellaisiin kohtiin, joissa rakenteiden liikkuminen on todennäköistä tai mahdollista.

Liikuntasauva mitoitetetaan odotettavissa olevien muodonmuutosten perusteella. Tällöin tulee huomioida myös elastisen saumamassan kokoonpuristuvuus. Liikuntasauvojen leveys on tavallisesti 5-10 mm. Saumat täytetään joustavalla aineella, esimerkiksi mineraalivillalla, ja tiivistetään elastisella saumamassalla. Jos kivipinnan ja alusrakenteen odotettavissa olevat muodonmuutokset ovat huomattavan suuria, tehdään lattian pintarakenteen ja alusrakenteen väliin liukupinta esimerkiksi muovikalvon avulla.

Kivi laattapäällysteen toiminnan kannalta haitallisten rakenteiden taipumien ja muodonmuutosten vähentämiseksi on lisäksi suositeltavaa, että:

- lisätään mahdollisuuksien mukaan alusrakenteen jäykkyyttä, jolloin kivipäällysteen taipumat pienenevät,
- annetaan betonisen aluslattian kuivua ja asettua mahdollisimman kauan ennen lattianpäällysteen tekoa, jolloin suuri osa aluslattian muodonmuutoksista ehtii tapahtua,
- vältetään betonin kutistumista huolellisella jälki-hoidolla ja
- vähennetään paikalla valettujen betonirakenteiden virumista purkamalla muotit mahdollisimman myöhään.

Lattianpäällysteen kosteustekninen toiminta

Luonnonkivinen lattianpäällyste sijaitsee yleensä lattiarakenteen lämpöisemmällä puolella. Kiven ala-puolisten rakenteiden sisältämä kosteus pyrkii näin ollen siirtymään kiven läpi huonetilaan. Luonnonkivi on tiivis, mutta huokoinen materiaali, jossa tapahtuu myös kapillaarista veden kulkeutumista. Kosteus saattaa aiheuttaa kiven tummenemista, joka yleensä häviää kosteuden haihduttua kivistä huonetilaan. Kosteus voi myös kuljettaa kiveen alusrakenteen liukoisia suoloja ja muita kiveä värjääviä epäpuhtauksia, jotka saattavat aiheuttaa pysyviä värinmuutoksia kivipintaan.

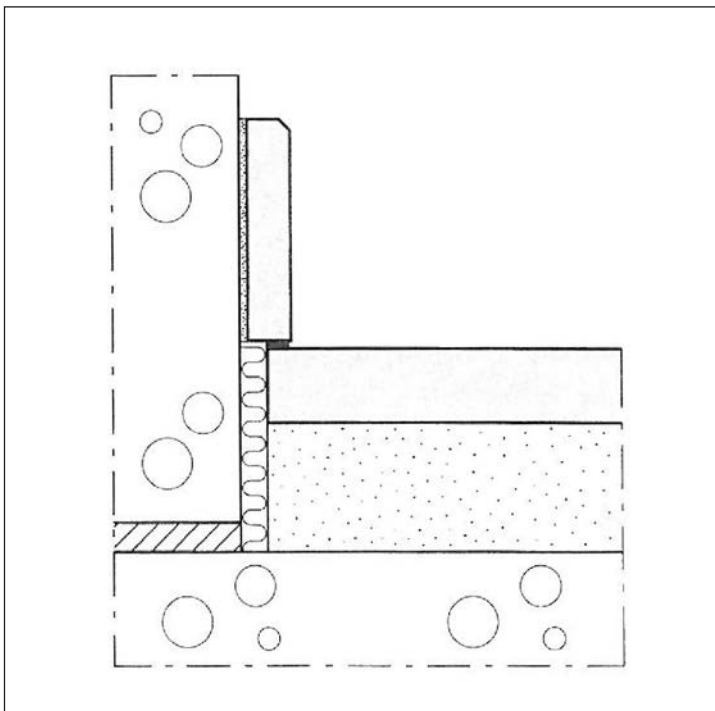
Luonnonkivilattian kannalta on edullista, että kiven alapuolisten rakenteiden sisältämä rakennekosteus on mahdollisimman pieni. Betonilattian on annettava kuivua mahdollisimman pitkään ennen kivipäällysteen asentamista, jolloin myös alusrakenteen kuivumiskutistua voi tapahtua lattiarakennetta rasittamatta. Maanvaraisissa lattioissa on suositeltavaa käyttää riittävää lämpöeristystä, jotta lattian pintakerrokseen ei kondensoidu vettä.

Aluslattian alle sijoitetulla vesieristyksellä voidaan estää kapillaarinen vedennousu lattiarakenteessa. Kiinnitys- ja saumaustarvikkeissa tai kiinnitysalustassa ei saa olla sellaisia aineksia, jotka saattavat aiheuttaa värivikoja luonnonkivipintaan tai saumoihin. Lattiarakenteen kuivattamiseksi kannattaa saumauksen suorittamista mahdollisuuksien mukaan siirtää, jolloin lattia ehtii kuivua saumojen kautta.

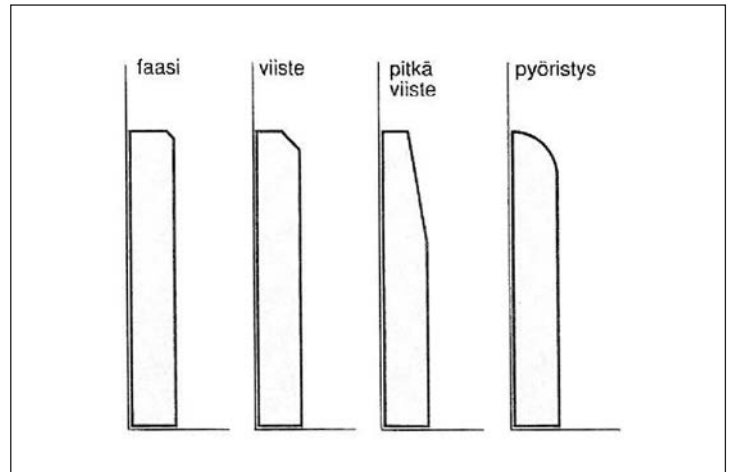
Lämmitetty kivilattia

Luonnonkivi soveltuu erinomaisesti lämmitettyyn lattian päällysteeksi. Luonnonkiven lämmönjohtavuus on hyvä, joten kivipinta lämpiää nopeasti ja luovuttaa lämpöä huonetilaan tasaisesti. Kiven lämpökapasiteetti on suhteellisen suuri, joten päällyste myös varastoi lämpöä. Lämmönlähteenä voidaan käyttää tavalliseen tapaan pintabetoniin valettuja vesiputkia tai sähkövastuslankoja.

Muodonmuutos- ja kosteushaittojen estämiseksi pintabetoni-laattaa lämmitetään ennen kivilaattojen kiinnitystä. Lämmitystä ei kuitenkaan saa aloittaa ennen kuin betoni on vähintään 21 vrk ikäinen. Lämmitys aloitetaan varovasti nostamalla lämpötilaa päivittäin 5 °C enintään 25 °C saakka. Tämän jälkeen lämmitystä jatketaan vähintään seitsemän vuorokautta. Vuorokausi ennen kivilaattojen kiinnittämistä lämmitystehoa lasketaan niin, että lattian lämpötila putoaa asennuksen ajaksi noin 10 - 15 °C lämpötilaan. Lattian lämpötilaa aletaan nostaa uudelleen, kun asennuksesta on kulunut 28 vrk. Tämän jälkeen lämpötilaa nostetaan vähitellen noin 5 °C vuorokaudessa.



Kuva 4-19. Luonnonkivilista lattian ja seinän liitoskohdassa.



Kuva 4-20. Luonnonkivisiä jalkalistamalleja.

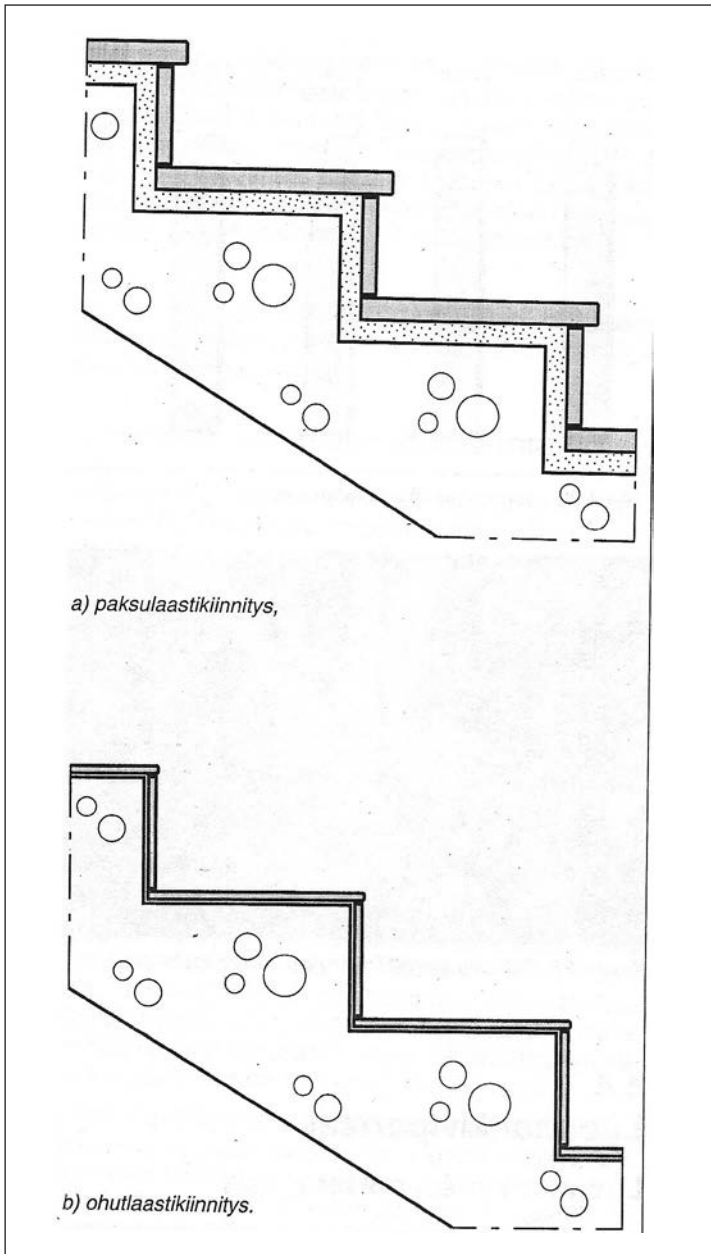


Kuva 4-21. Kiillotettu graniittilattia ja istutuksen reunakivi.

Lämmitettyyn kivilattiaan sijoitetaan pintabetonilaatan läpi menevät liikuntasaumot vähintään 8 m:n välein. Liikuntasaumojen rajaamien lattiapintojen suositeltava enimmäispinta-ala on 40 m².

Jalkalistat lattianpäällysteessä

Luonnonkivilattian ja seinän liitoskohtaan tehdään usein samasta kivilajista luonnonkivinen jalkalista, joka kiinnitetään muuraamalla seinärakenteeseen ja tuetaan kivilaatoituksen päälle. Luonnonkivilistan paksuus on 10 - 20 mm, korkeus vaihtelee tavallisesti välillä 60–100 mm ja pituus on 200–500 mm. Kivilistan yläreuna voi olla suora tai muotoiltu esimerkiksi pyöristämällä tai viistämällä (kuva 4-20). Luonnonkivinen seinäverhous sijoitetaan toteutustavasta riippuen joko kivilistan taakse tai sen päälle. Jos seinä-verhous alkaa kivilistan päältä, lista mitoitetään niin paksuksi, että sen ulkonema seinälinjasta on noin 5-10mm. Ennen jalkalistan kiinnittämistä varmistetaan, että lattianpäällysteen ja seinän välinen liikuntasäuma on täytetty mineraalivillalla tai muulla elastisella tarvikkeella, jotta listan kiinnityslaasti ei tunkeudu saumaan.



Kuva 4-22. Kivilaatoilla päällystettyjä porrastyyppejä.

4.4 Luonnonkiviportaait

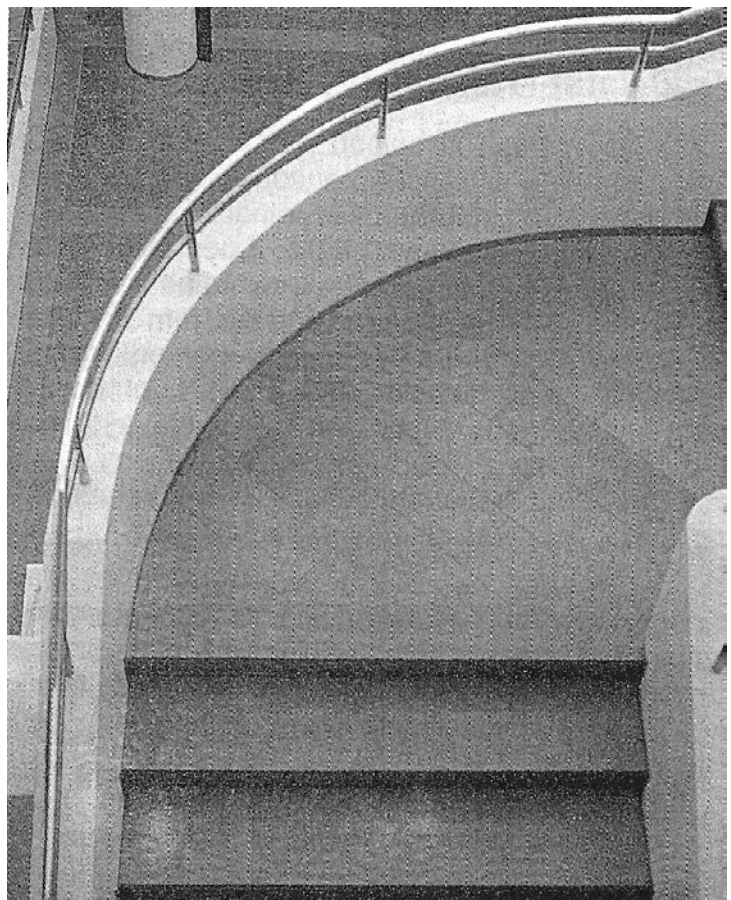
Luonnonkiviset porrastyyppit

Kivilattioiden yhteydessä on perinteisesti käytetty luonnonkivisiä portaita. Tiloissa, joissa kulutusrasitus on suuri ja ulkonäkövaatimukset korkeat kiviporrasta voidaan käyttää myös erillisenä sisustusratkaisuna. Luonnonkiviportaait voivat olla suoria tai kierreportaita.

Sisätilojen kiviporras on tavallisesti kivilaatoilla päällystetty betonirunkoinen porras. Portaan kivipäällysteen rakenteellisessa toteutuksessa noudatetaan samoja periaatteita kuin latioissa. Kivipäällysteen paksuus on viime aikoina pienentynyt myös porras-rakenteissa. Uutta kivitekniikkaa ovat mittatarkoilla ohut-

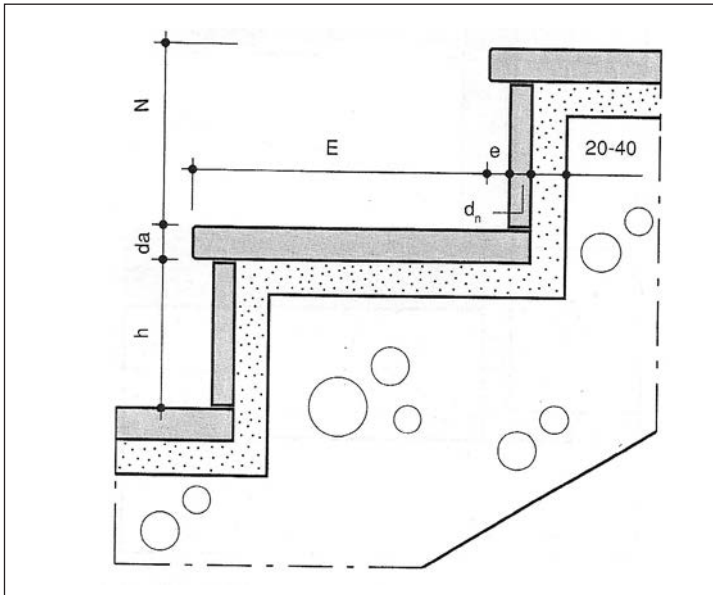


Kuva 4-23. Kivilaatoilla päällystetty kaarevan muotoinen kiviporras suurehkon pankin konttorissa Helsingissä.

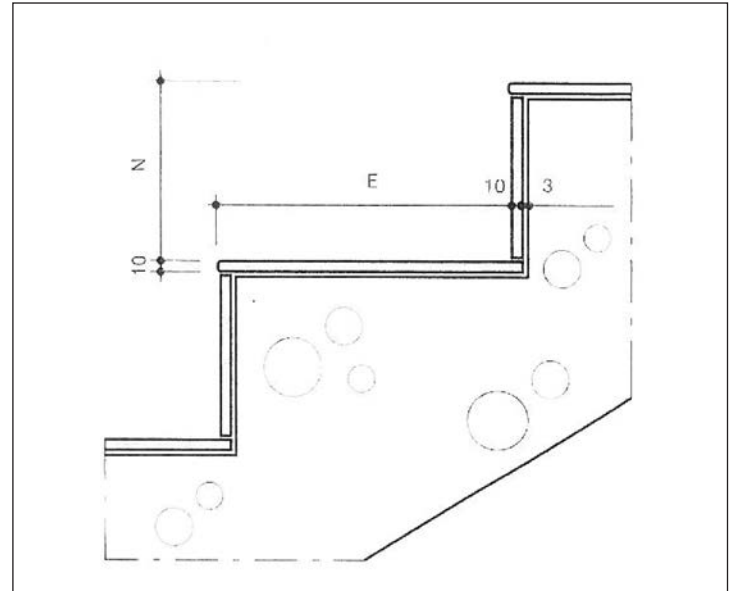


Kuva 4-24. Kiviporras ja välitasanne Antintalossa Turussa.

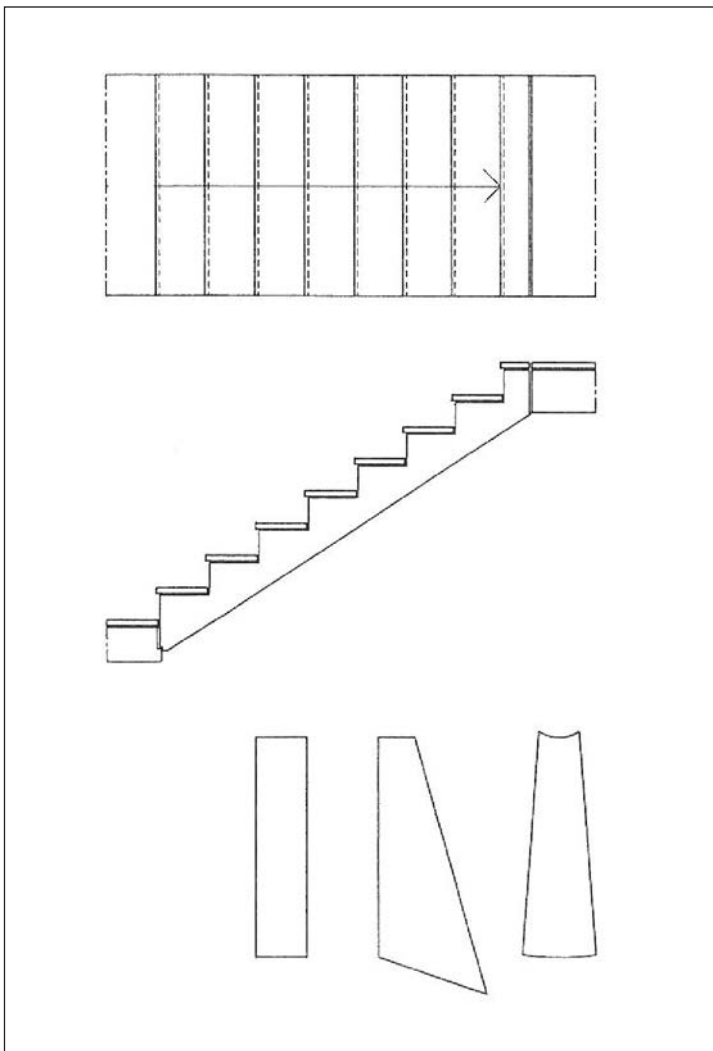
laatoilla verhotut portaait. Luonnonkiviä käytetään jonkin verran myös vapaasti tuettuina askelmalankkuina joko sellaisenaan, tai lujitettuna esimerkiksi teräsjäykisteillä tai lasikuitukerroksella. Massiivisista kiviaskelmista tehty porras on yleisempi ulkotiloissa, mutta sitä käytetään joskus myös sisätiloissa. Kiven arvostus porrasmateriaalina perustuu sen edustavaan ulkonäköön ja hyvään kestävytyteen kulutusta, kosteutta ja kemikaaleja vastaan. Luonnonkiviportaita on totuttu käyttämään etupäässä julkisissa tiloissa.



Kuva 4-26. Kivilaattaportaan mitoitus, paksulaastikiinnitys.



Kuva 4-27. Kivilaattaportaan mitoitus, ohutlaastikiinnitys.



Kuva 4-25. Kivilankulla päällystetty betonielementtiporras, tasokuva ja leikkaus.

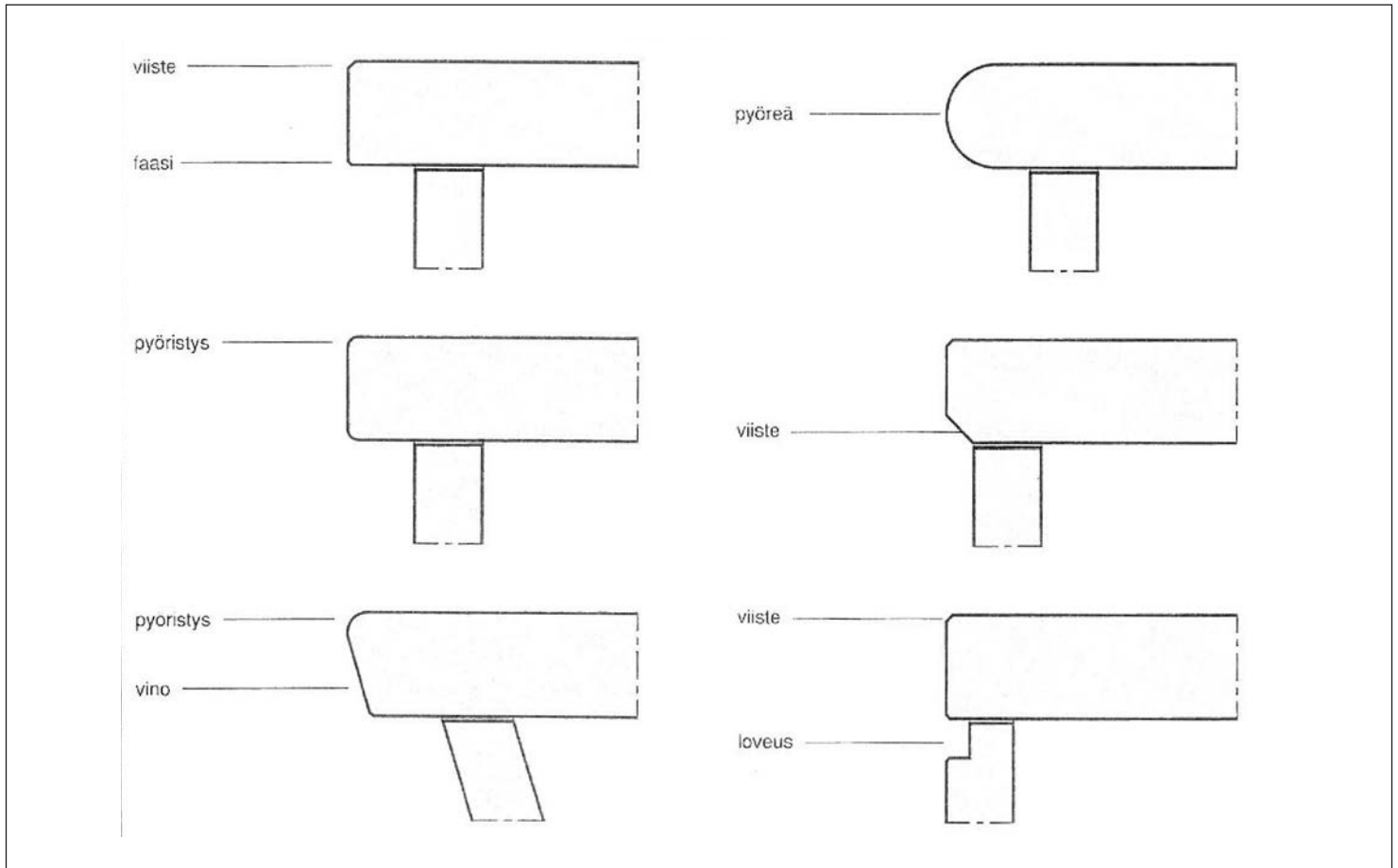
Kivilaatoilla päällystetty porras

Laattaporrastyytit

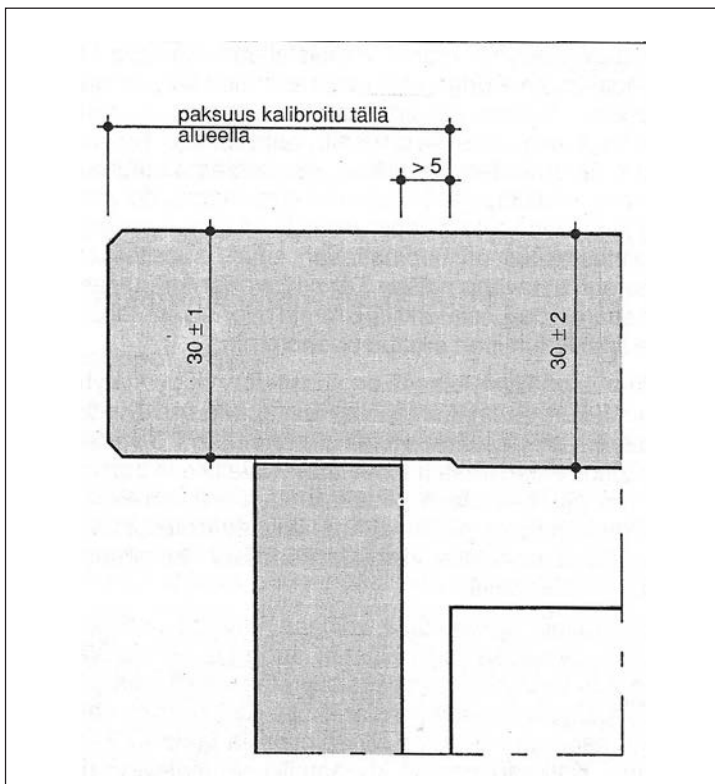
Luonnonkivilaatoilla päällystetty porras tehdään tavallisesti normaalipaksuisista kivilaatoista paksulaastikiinnityksellä kuvan 4-22 mallin a) mukaisesti. Kiinnitettäessä kivilaatat ohuella kiinnityslaastilla tai -liimalla on laattojen ja portaan rungon mittatarkkuuden oltava tavallista parempi (kuva 4-22 b). Luonnonkivi on luonteva portaanpäällyste kohteissa, joissa kivestä tehdään myös lattianpäällyste (kuvat 4-23 ja 4-24). Esivalmisteisissa portaissa käytetään yleisesti hiottuja betoniaskelmia. Myös luonnonkivi soveltuu hyvin elementtiportaiden askelmatasojen materiaaliksi, mutta sen käyttö on toistaiseksi ollut vähäistä. Kuvassa 4-25 on esimerkki esivalmistetun portaan luonnonkivisistä askelmatasoista.

Kivien mitoitus ja mittatarkkuus

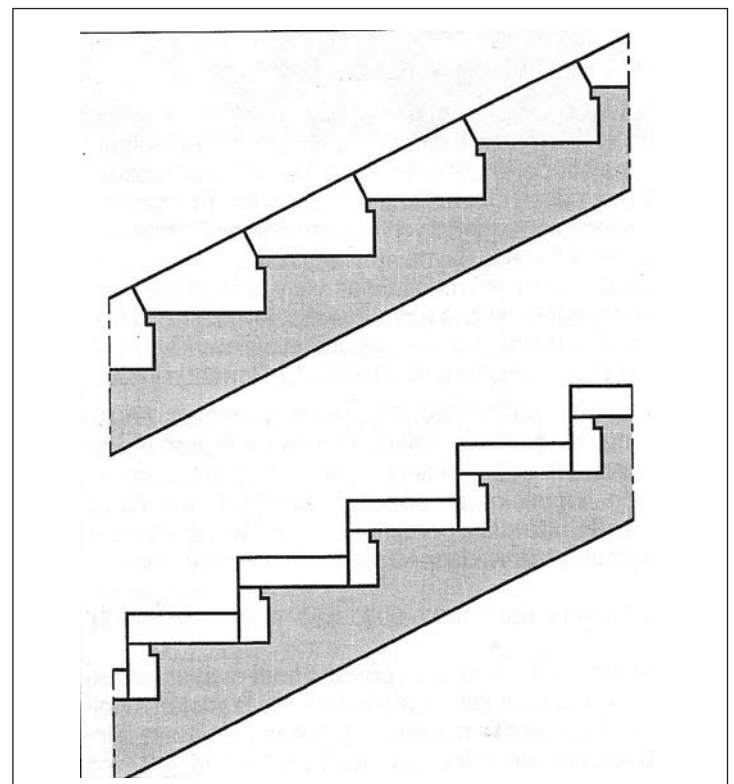
Luonnonkiviporras suunnitellaan tavalliseen tapaan ottaen huomioon liikenteen tarpeet, portaan käyttö-ominaisuudet ja Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitetyt turvallisuuskohdat. Portaan askelmien leveys määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen ja portaita käyttävien henkilöiden lukumäärän mukaan. Portaan mitoituksen väljyys lisää sen käytön miellyttävyyttä ja turvallisuutta. Portaan mitoituksen ohjeet on esitetty tarkemmin esimerkiksi Rh-ohjetiedoston kortissa RT 88-1 0470. Portaat ja luiskat.



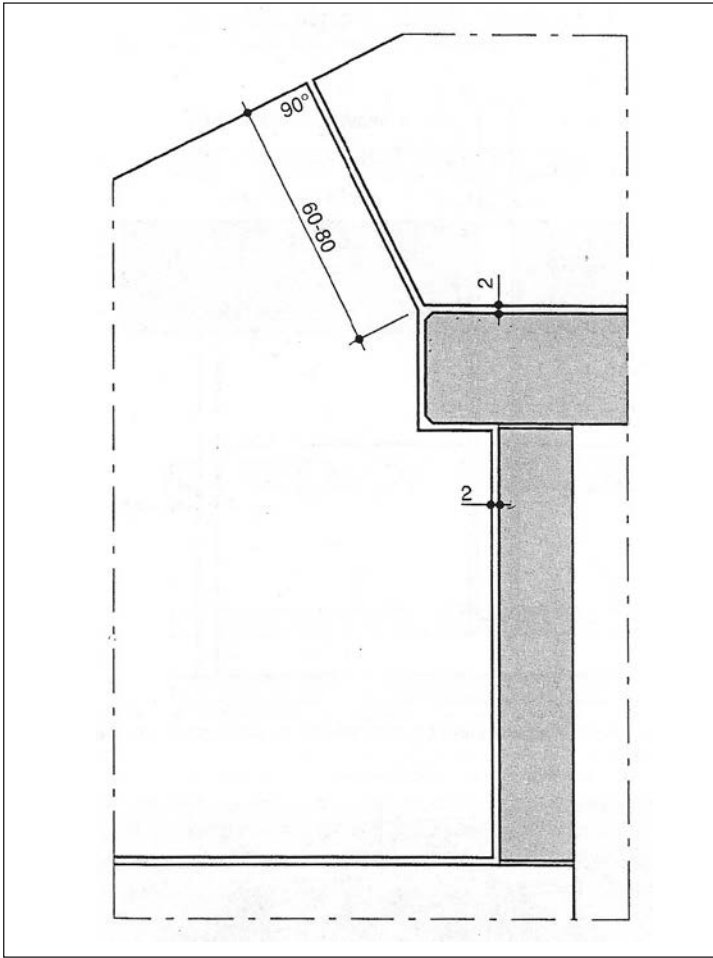
Kuva 4-28. Portaan askelmalaatan etureunan muotoilutapoja.



Kuva 4-29. Porrasaskelman etureunan kalibrointi.



Kuva 4-25. Kiviportaан jalkalistamalleja.



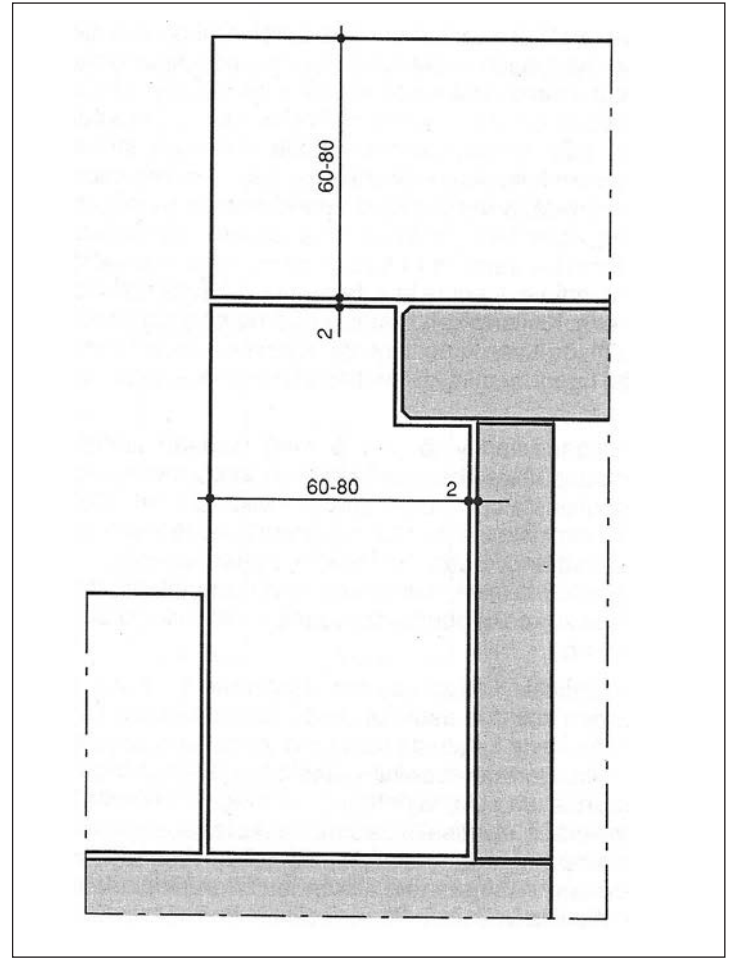
Kuva 4-31. Jalkalistan ja porraslaatan liitos, suoraselkäinen jalkalista.

Sisätilojen kiviportaissa portaan askelman nousu vaihtelee tavallisesti välillä 150–190 mm ja etenemä vastaavasti 260–300 mm. Portaen mitoituksessa pyritään huomioimaan portaan käyttäjien askelmapituus niin, että kulku portaissa olisi luontevaa. Portaen mitoituksessa voidaan käyttää lähtökohtana kaavaa:

$$2 \times \text{nousu} + \text{etenemä} = 600 \dots 650 \text{ mm} \quad (1).$$

Kivilaatoilla päällystetyn portaan osat ovat askelma-laatta ja nousulaatta (rintalaatta). Kivilaattojen mitoituksessa otetaan huomioon portaan mitoitus ja kiinnityskerroksen paksuus. Kuvissa 4-26 ja 4-27 on esimerkit kivi­päällysteisten portaiden mitoituksesta.

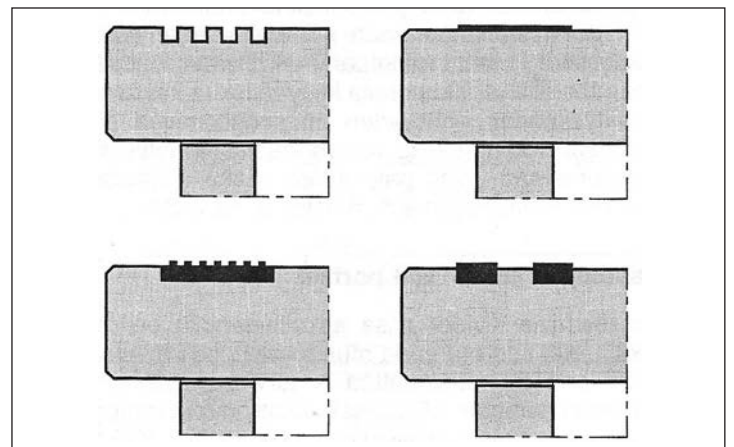
Porraskivien poikkileikkauksen mitoituksen muuttujat ovat laatan paksuus ja ulokkeen pituus. Ulkonäkö- ja kestävyys­syistä on suositeltavaa, että askelma-laatan paksuus on vähintään 30 mm. Käytännössä askelmalaatan paksuus vaihtelee sisätilojen portaissa tavallisesti välillä 30 - 50 mm. Poikkeuksena ovat kalibroituilla ohutlaatoilla päällystetyt portaat. Askelmalaatan ulokeosan pituus vaihtelee välillä 0 - 30 mm. Nousulaatan korkeus saadaan vähentämällä portaan nousukorkeudesta askelma-



Kuva 4-32. Jalkalistan ja porraslaatan liitos, porrastettu jalkalista.

laatan paksuus. Nousulaatan mitoituksessa otetaan huomioon myös ylä- ja alareunojen saumavähennykset. Nousulaatan paksuus on yleensä 20 - 30 mm.

Portaan näkyvät reunat viimeistellään hiomalla tai kiillottamalla. Portaen näkyvien reunojen särmät faasataan. Portaen askelmalaatan etureunan muotoilussa ja mitoituksessa on useita vaihtoehtoja. Kuvassa 4-28 on esitetty tyypillisiä askelmalaatan etureunan muotoilulapoja. Tavallisimmat reunamuodot ovat a) ja b). Jos käytetään pehmeitä kiviä tai jos portaan kulutusrasitus



Kuva 4-33. Kiviporta­an liukuestemalleja.

on huomattavan suuri, suositellaan etureunan tavanomaisen 3 mm:n pyöristykseen sijasta suurempaa, esimerkiksi 6 mm:n pyöristystä, jolloin reunan kuluminen erottuu huonommin.

Portaanpäällystyksessä on suositeltavaa pyrkiä yhtenäiseen, saumattomaan askelmapintaan. Kivilaattojen sivumittasuhteen tulee olla enintään 1:5. Kivien mitoituslaskelmissa huomioidaan tavalliseen tapaan kiven lujuus ja eheys, pintakäsittely sekä kohteessa rakentamisen ja käytön aikana vallitsevat olosuhteet. Leveissä portaissa kivilaatat ladotaan tavallisesti vuorolimityksellä.

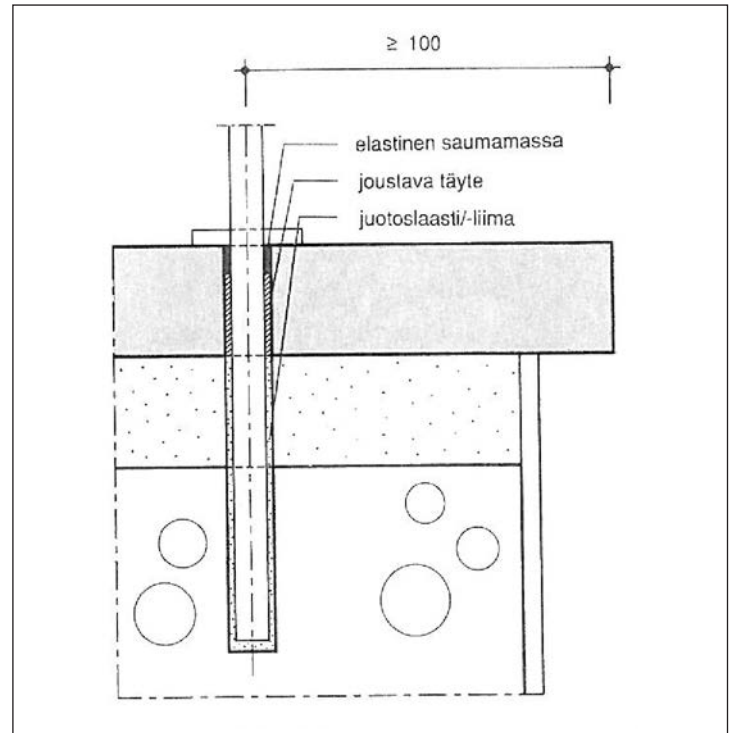
Kalibroituja ohutlaattoja voidaan käyttää portaan-päällystyksessä, kun alustan suoruus on riittävä. Joskus sisätilojen portaissa käytetään myös massiivisia, täyskivisiä askelmalankkuja. Kivilaattojen välisen sauman leveys on sileäpintaisilla laatoilla 2 - 4 mm. Karkeapintaisilla kivilaatoilla saumaleveys on 4 - 8 mm.

Portaanpäällystyksen kivilaattojen ohjeellinen toleranssi on sama kuin lattianpäällystyksessä. Kivilaattojen toleranssivaatimus riippuu kiinnitysmenetelmästä, saumaleveydestä ja kiven pintakäsittelystä. Maakostea kiinnitystä käytettäessä kiven paksuusvaihtelut voidaan tasoittaa kiinnityskerroksessa. Kiinnitettäessä kivilaatat ohuella liima- tai laastikerroksella on tassausera huomattavasti pienempi. Kivilaatan paksuuden mittapoikkeamat näkyvät selvimmin askelmalaatan etureunassa, joka kalibroidaan normaalisti tasavahvaksi ± 1 mm:n tarkkuudella vähintään 5 mm nousukiven takapintaa pitemmälle (kuva 4-29). RYL 90:ssa määritellään porraskaattojen mitat ja toleranssit siten, että porraskaskelmien mittatarkkuus sivumittojen ja paksuuden suhteen on 2 mm. Porraskaattojen pinnan suoruudessa saa RYL:in mukaan olla enintään 2 mm poikkeama metrin matkalla.

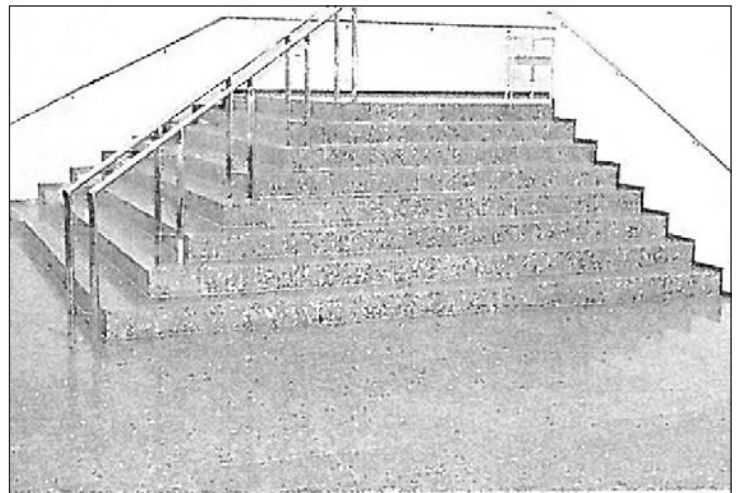
Kivilaatoilla päällystettyyn portaaseen sopii luontevasti luonnonkivinen jalkalista. Tyypillisiä jalkalista-malleja on esitetty kuvassa 4-30. Portaan ja seinän liitosdetalji kivistä jalkalista käytettäessä voidaan toteuttaa esimerkiksi kuvassa 4-30 esitetyllä tavalla.

Portaan turvallisuuden varmistamiseksi tehdään askelman etureunaan tarvittaessa liukastumiseste, joka voidaan toteuttaa kuvassa 4-33 esitetyillä tavoilla. Tavallisin liukaste on kuminen nauha, joka upotetaan kiveen jyrittyyn uraan. Liukaste voidaan aikaansaada myös jyrkimällä kiveen useita kapeampia uria, jotka jätetään tavallisesti avoimiksi. Paikoissa, joissa portaan likaantuminen on voimakasta, voi lian kerääntyminen uriin olla ongelmallista. Kiviuriin voidaan valaa liimamassa, joka estää lian kerääntymistä uraan. Vaihtoehtona on kitkaraidan teko kiveen kevyellä hiekkapuhalluksella. Liukasteina käytetään myös kivi-pintaan liimattavia kitkaa parantavia nauhatuotteita.

Liukaste parantaa myös portaissa liikkumisen turvallisuutta lisäämällä porraskaskelmien havainnollisuutta. Askelmia ja portaan



Kuva 4-34. Kaiteen kiinnitys kivilaatoilla päällystettyyn portaaseen.

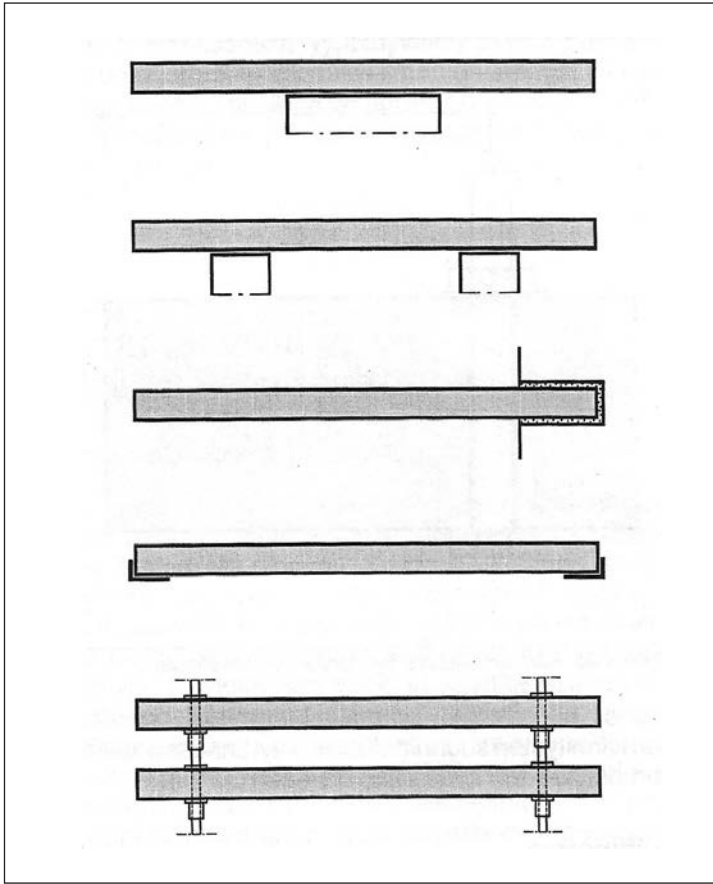


Kuva 4-35. Massiivinen porras sisätiloissa, Vantaan pääkirjasto, Tikkurila.

ja lattian liitoskohtaa voidaan havainnollistaa lisäksi esimerkiksi kiven värin, kiven pintakäsittelyn ja valaistuksen avulla.

Kivilaattojen kiinnitys

Kivilaatat kiinnitetään portaan betonirunkoon tavallisesti työmaalla vastaavilla menetelmillä kuin lattia-laatat. Normaalisti maabetonisen kiinnityskerroksen paksuus on 20 - 40 mm. Ennen kiven ladontaa levitetään kiinnitysbetonin päälle kivilaatan tartunnan varmistamiseksi ohut kerros sementti-vesiseosta. Pölystä ja irtoaineksista puhdistetulle betonipinnalle harjataan portaissa aina ennen maakostean betonin levittämistä tartunnan parantamiseksi vettä, sementti-vesiseosta tms. tartuntaa lisäävää notkeaa ainetta. Kivilaattojen kastelu ennen kiinnitystä parantaa myös kiven kiinnittymistä. Kiinnityskerros tiivistetään naputtamalla



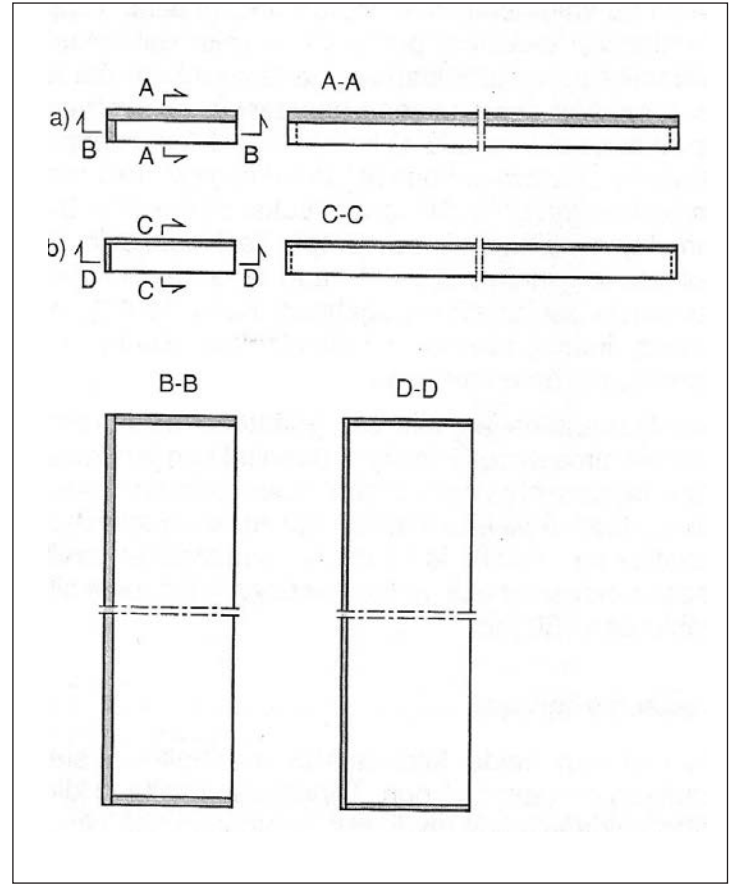
Kuva 4-36. Luonnonkivisen avoportaiden tuentatavat.

kivilaatta paikoilleen kumivasaralla.

Ohutlaastikiinnitystä (3 - 5 mm) voidaan käyttää portaanpäällystykseen kivilaattojen kiinnittämiseen, jos betonialusta on riittävän suora. Kivilaatat ovat tällöin 8-10 mm paksuja ja niiltä edellytetään hyvää paksuuden mittatarkkuutta. Porraskivien asennuksessa tulee askelmalankun ulkonema tehdä mahdollisimman lyhyeksi, koska ohutlaatan reuna on herkkä rikkoontumaan.

Kivilaattojen väliset saumat tiivistetään 1-3 vuorokauden kulluttua asennuksessa. Saumaukseen käytetään hyvin kulutusta kestävä, notkeaa saumausainetta. Portaan ja seinän liitoskohta jätetään ladontavaiheessa auki, täytetään joustavilla tarvikkeilla ja tiivistetään elastisella saumamassalla. Jos portaan reunaan tehdään jalkalista, täytetään reunasauma esimerkiksi mineraalivillalla ennen listan kiinnittämistä. Muussa tapauksessa porraskelman päätysauma tiivistetään elastisella saumamassalla.

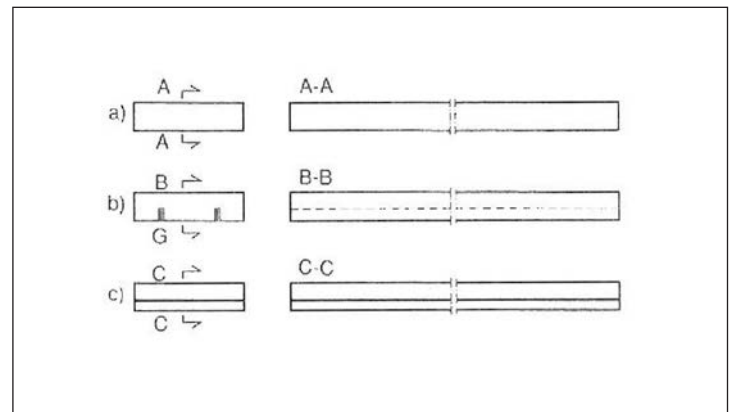
Kivilaatat voidaan periaatteessa kiinnittää myös elementtitehtaalla betoniportaan pintalaataksi samaan tapaan kuin mosaiikkibetonilaatat. Kun kivilaatat kiinnitetään elementtiin suoraan valussa, voidaan kivi-tarvikkeiden ja asennuksen kustannuksia alentaa. Toistaiseksi elementtivalmisteisten luonnonkiviportaiden käyttö on kuitenkin ollut kokeiluasteella.



Kuva 4-38. Kivilaatoilla päällystetty betoninen porraskelma, a) normaali kivilaatta, b) kalibroitu ohutlaatta.

Kaiteen kiinnitys

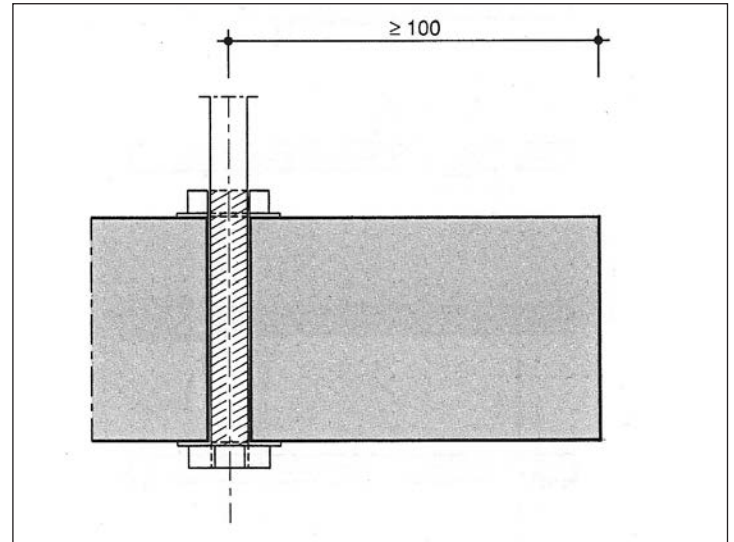
Porraskaiteet kiinnitetään mahdollisuuksien mukaan portaan reunaan tai seinärakenteeseen. Kaiteen kiinnitys voidaan tehdä myös askelmalaan läpi. Kaiteen kiinnitysreikä porataan, kun kivilaattojen asennuksesta on kulunut vähintään 7vrk. Poraus tehdään timanttiterällä tai iskuporalla kevyttä iskua käyttäen. Kiinnityskohdan etäisyyden on suositeltavaa olla vähintään 100 mm askelman reunasta. Kiinnitystanko saumataan kiven paksuuden osalla elastisesti kiven kuormituksen estämiseksi (kuva 4-34).



Kuva 4-37. Luonnonkivisiä askelmalankkuja, a) täyskivinen, b) teräslujitteinen, c) lasikuitulujitteinen kivilankku.

Sisätilojen massiiviset portaat

Massiivisissa kiviportaissa askelmalankku on niin paksu, että sen etureuna muodostaa nousupinnan, jolloin erillistä nousulaattaa ei tarvita. Massiivista porrasta käytetään etupäässä ulkotilojen rakenteissa, mutta se soveltuu hyvin myös sisätiloihin. Tyypillinen massiiviportaan käyttökohde sisätiloissa on vilkkaasti liikennöity porras sisääntulon yhteydessä kohteessa, joissa lattianpäällysteenä käytetään luonnonkiveä. Sisätilojen massiiviportaan pintakäsittely on tavallisesti hiottu tai kiillotettu. Massiiviportaiden suunnittelu käsitellään tarkemmin ulkotilojen portaiden yhteydessä kohdassa 5.5. Kuva 4-35 esittää sisätilojen massiiviporrasta.

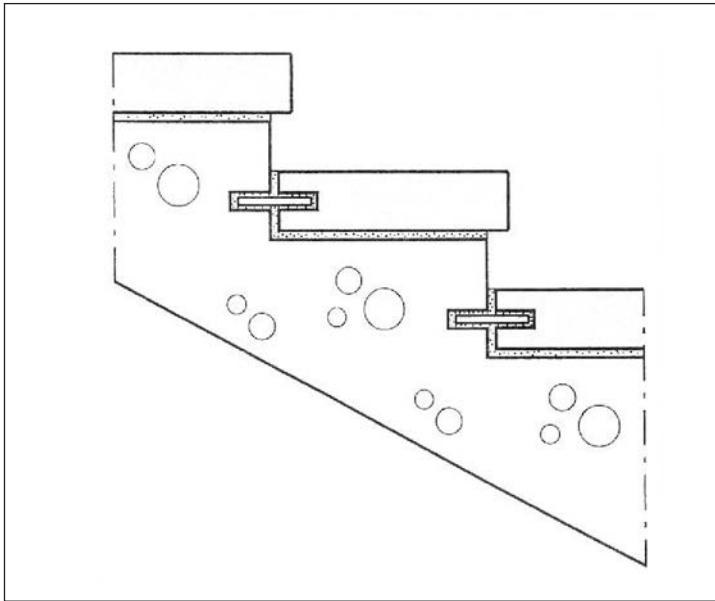


Kuva 4-42. Kaiteen kiinnitys avoportaan kiviaskelmaan.

Luonnonkiviset avoportaat

Askelman tuenta

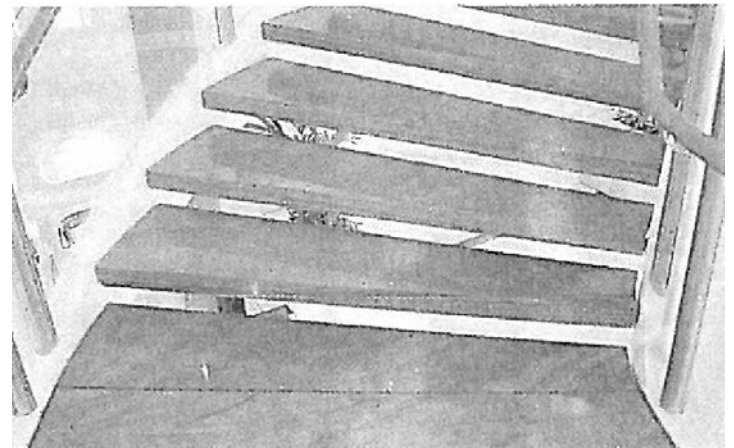
Luonnonkivisessä avoportaa askelmalankku voi olla tuettu keskeisesti tai kahdesta pisteestä. Erikois-tapauksissa voidaan porras toteuttaa myös niin, että askelmalankku kiinnitetään toisesta päästään seinärakenteeseen. Kuvassa 4-36 on esitetty askelmalankun tuentatapoja. Portaan runko on tavallisesti betonia tai terästä. Kiven paksuuden mitoituksessa otetaan huomioon hyötykuormat, laatan omapaino, kiven ominaisuudet, askelmalankun koko, tuentatapa ja portaan vapaa ulokemitta. Mitoituslaskelmissa käytetään kiven lujuudelle vähintään kolminkertaista varmuutta. Vapaasti tuetuissa askelmalankuissa käytettävän kiven tulee olla lujaa, ehyttä ja halkeilematonta. Epäselvissä tapauksissa varmuutta lisätään ja tarvittaessa askelmalankkujen kantokyky selvitetään ainetta rikkomattomalla koekuormituksella erillisen ohjelman mukaisesti. Askelmalankun paksuuden tulee normaalisti olla vähintään 50 mm.



Kuva 4-39. Luonnonkivilaskelman kiinnitys.



Kuva 4-40. Luonnonkivinen avokierreporras. Askelman tuenta keskeltä.



Kuva 4-41. Luonnonkivinen avoporras. Askelman tuenta päistä.

Askelman pintakäsittely on hiottu tai kiillotettu. Kaikki askelman näkyvät reunat pintakäsihellään ja särmät faksataan tai pyöristetään. Porrasaskelman sivumittojen ja paksuuden tarkoituksenmukainen mittatarkkuuden vaatimus on ± 2 mm. Paksuuden mitoituksessa ja mittatarkkuuden määrittämisessä on varmistettava, että kiven vähimmäispaksuus ei miinustoleranssin vuoksi alitu. Kiven pinnan suoruuden on oltava niin, hyvä, että metrin matkalla saa olla enintään 2 mm poikkeama.

Luonnonkivinen askelmalankku lujitetaan portaan vakavuuden varmistamiseksi teräksillä tai lasikuitu-kerroksella. Raudoitusteräs voi olla lautta tai tanko, joka upotetaan kiveen jyrstyyn uraan ja liimataan reaktiivisella liimalla. Teräs sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan lankun vedetylle reunalle. Lasikuitulujite tehdään laatan alapintaan. Ulkonäkösistä lujite-kerroksen päälle liimataan tavallisesti toinen kivilaatta (kuva 4-37).

Luonnonkiviaskelma voidaan tehdä myös päällystämällä betoninen askelmalankku kivilaatoilla. Laatat kiinnitetään betoniin joko suoraan valussa tai jälkityönä kiinnitysllaastilla tai -liimalla. Tavallisesti päällystetään lankun askelpinta ja reunat, mutta myös alapintaan voidaan kiinnittää kivilaatta. Tarvittaessa voidaan kivilaatan kiinnittyminen varmistaa mekaanisilla ankkureilla. Kivilaattojen näkyvät reunat kalibroidaan mittatarkoiksi ja pintakäsihellään. Kivilaatan näkyvien reunojen paksuus on tavallisesti 20–40 mm. Laatat, joiden reuna jää piiloon voivat olla 10–20 mm paksuja. Kivipäällysteinen betonilankku voidaan tehdä myös 8–10 mm paksuisista kalibroiduista ohutlaatoista (kuva 4-38).

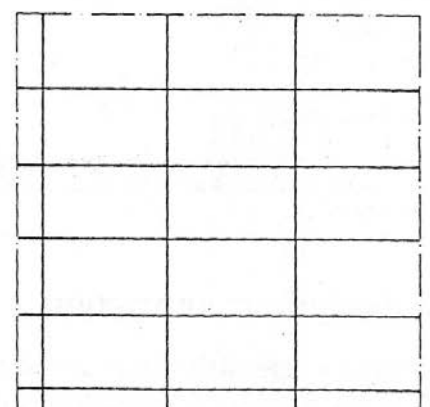
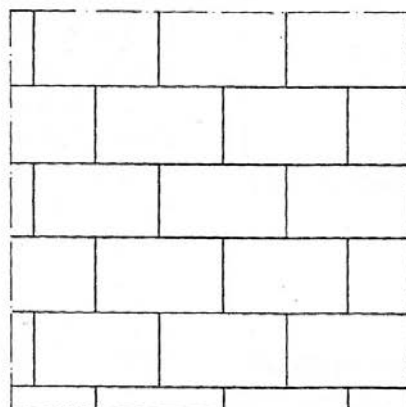
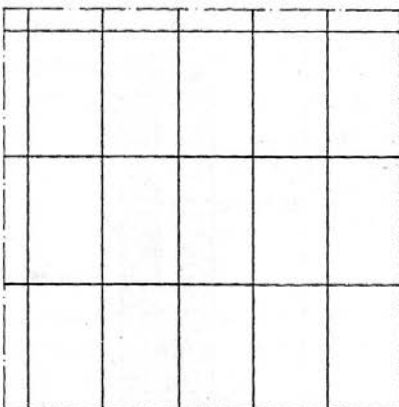
Porrasaskelman liukuesteet toteutetaan avoportaassa samalla tavalla kuin kivilaattapäällysteisessä portaassa. Askelmien väli on avoportaassa avoin, joten portaan havainnollisuus on yleensä riittävä ilman erityistoimenpiteitä.

laatan paksuus (mm)	sivumitat (mm)
6	100 x 100 100 x 200 150 x 300 200 x 200 200 x 225 200 x 300 300 x 300
8	100 x 100 100 x 200 150 x 300 200 x 200 200 x 225 200 x 300 300 x 300
10	200 x 200 200 x 400 300 x 300 300 x 600 400 x 400
12	450 x 450

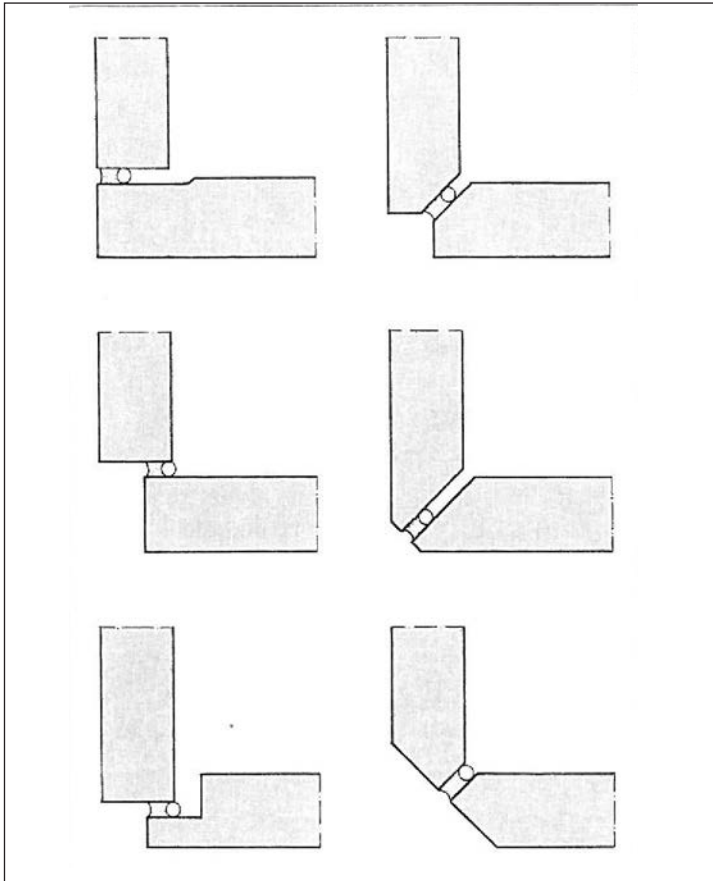
Taulukko 4-7. Kalibroitujen luonnonkivisten seinäverhouklaattojen moduulikokoja.

Kiviaskelmien kiinnitys portaan runkoon

Luonnonkivinen askelma kiinnitetään portaan runkoon kiinnitysllaastilla tai -liimalla. Kiinnitys varmistetaan ruostumattomalla terästäpilla laatan takareunasta tai vaihtoehtoisesti laatan alapinnasta, Tappi kiinnitetään kivilaattaan porattuun reikään reaktiivisella liimalla ja ankkuroidaan vastaavasti runkoon porattuun reikään asennuksen yhteydessä. Kivilaattaan porattava reikä voi olla halkaisijaltaan 1-2 mm tappia suurempi. Betonirunkoon tehdään kiinnitysreikä, jonka halkaisijan on säätövaran vuoksi oltava noin 3-4 mm tapin halkaisijaa suurempi. Teräsrunkoisessa portaassa kiinnitys suunnitellaan tapauskohtaisesti vastaavia periaatteita noudattaen. Kuvassa 4-39 on esitetty luonnonkivisen askelmalankun kiinnitys takareunasta betonirunkoon.



Kuva 4-43. Sisäseinäverhouksen limityskuvia.



Kuva 4-44. Sisäseinäverhouksen nurkan detailointitapoja.

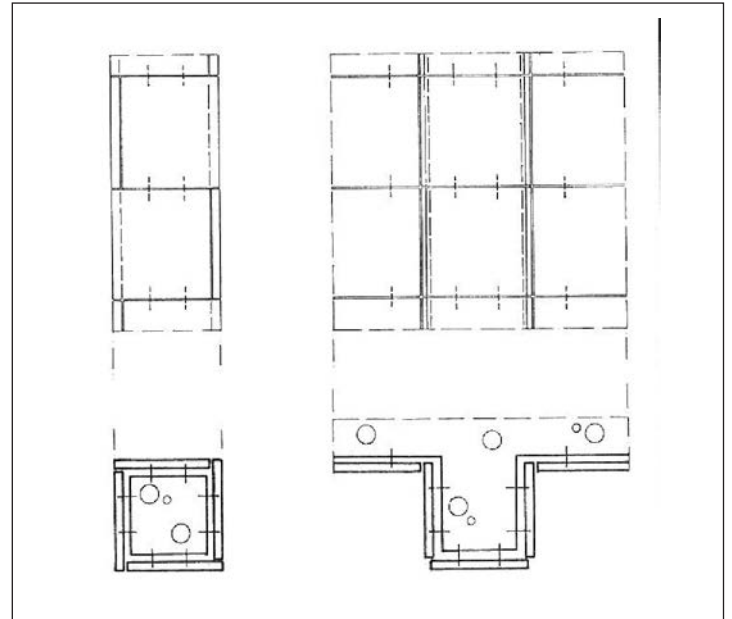
Seinärakenteeseen toisesta päästä ankkuroitavan askelmalankun kiinnitys suunnitellaan ja mitoitetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon vallitsevat olosuhteet. Askelma kiinnitetään runkoon kiinnityslaastilla tai -liimalla ja kiinnitys varmistetaan tarvittaessa mekaanisesti. Ankkurointisyvytyden tulee olla vähintään 150 mm.

Kaiteen kiinnitys

Avoportaan kaide kiinnitetään mahdollisuuksien mukaan portaan runkoon. Tarvittaessa kaiteen kiinnitys voidaan tehdä myös askelmalankun päähän tai kiven läpi kuvan 4-42 mukaisesti. Tällöin kaidekuormat on huomioitava porraskorjauksen mitoituksessa ja sen kiinnitysten suunnittelussa. Käytännössä kivi lankun paksuuden tulee olla vähintään 60 mm.

	Tavanomaiset laatat	Kalibroidut laatat
Sivumitat: a ≤ 600 mm a > 600 mm	± 1,0 ± 2,0	± 0,5
Paksuus: - sileä pinta - karkea pinta	± 1,5 ± 2,0	± 0,5 ± 1,0

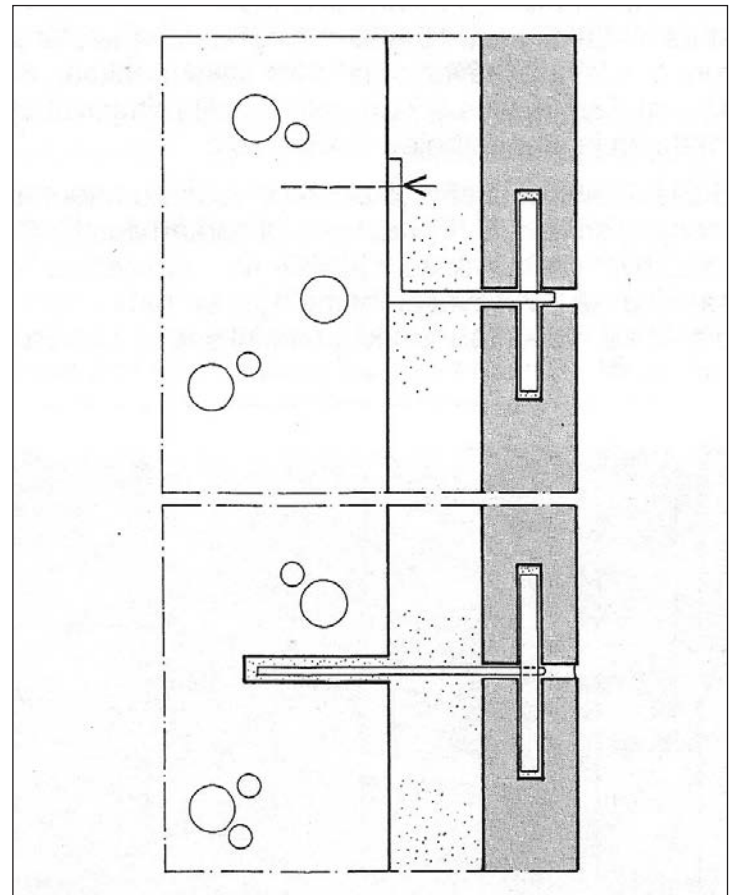
Taulukko 4-8. Luonnonkivisten sisäseinän verhouksmittojen mittatarkkuus (mm).



Kuva 4-45. Luonnonkiviverhous pilari- ja pilasteriverhouksessa.

Pulttiporras

Pulttiporras on avoporrastyyppi, joka kootaan esivalmistetuista osista työmaalla. Itsekantavan staattisen kannatusratkaisun ansiosta pulttiporras on kevytrakenteinen. Porraskonstruktio



Kuva 4-40. Luonnonkivinen avokierreporras. Askelman tuenta keskeltä.

toimii staattisesti niin, että porras kiinnitetään rakennuksen runkoon vain ylä- ja alaosastaan sekä tarvittaessa tietyn välellin porraskäskelmien seinänpuoleisesta päästä. Erillisiä välitukia ei tarvita. Suorakulmaiset askelmat tai kiertoaskelmat kiinnitetään toisiinsa erikoispulteilla ja tuetaan tarvittaessa joko suoraan tai kiinnikkeen avulla seinään. Järjestelmään kuuluu suoraa porrastyyppiä, L-portaita, U-portaita ja kierreportaita.

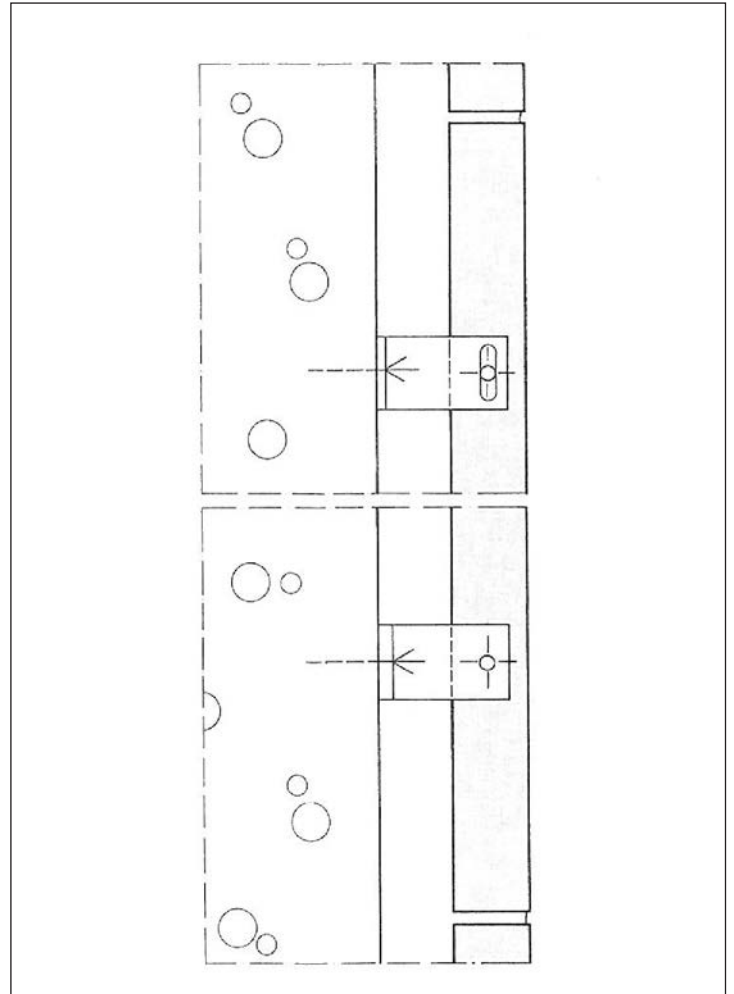
Länsi-Saksassa tyyppihyväksytyt pulttiportaankäskelmat ovat 61 tai 71 mm:n paksuiset. Suoran portaankäskelmien syvyys on 370 mm ja leveys 1150 mm. Askelmat koostuvat kahdesta kivilaatasta, jotka on liimattu yhteen ja lujitettu liimauskohdassa lasikuitukankaalla. Pulttiportaissa käytetyt kivet ovat lähinnä ulkomaalaisia marmoreita. Tapauksesta riippuen portaassa saa ilman erillistä välitukea olla 10 - 15 askelmaa. Saksalaisessa tyyppihyväksynnässä pulttiportas on rajattu käytettäväksi ilman eri selvityksiä vain asuintiloissa, joissa hyötykuormat enintään 3,5 ken/ m². Pulttiportaankäyttö Suomessa on toistaiseksi ollut vähäistä.

4.5 Luonnonkivinen sisäseinäverhous

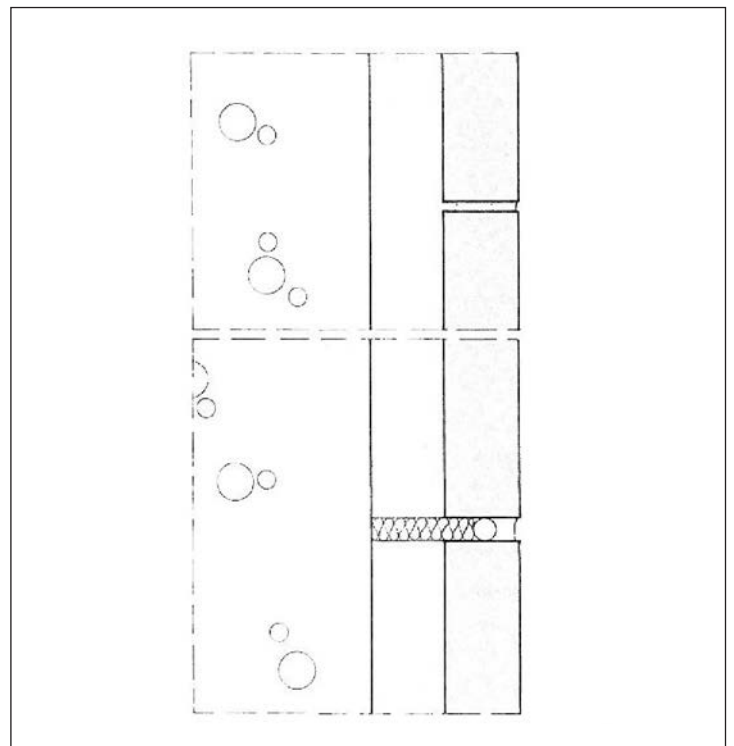
Kivilaattakoko ja limitys

Luonnonkivisen sisäseinäverhouksen kivilaattojen koko vaihtelee käyttökohteen luonteesta ja laattojen kiinnitystavasta riippuen. Verhous tehdään yleensä yhdestä kivityypistä, mutta kivi-pinnat väritystä voidaan elävöittää sekä seinäpintaa ja sisätilaa jäsentää käyttämällä useampia kivityyppejä tai pintakärsittelyä. Kuvioinnissa voidaan käyttää esimerkiksi pysty- tai vaakasuuntaisia, seinän pääväristä poikkeavia laattalinjoja. Seinäverhouksen limityskuviot ovat yleensä melko yksinkertaisia. Kivilaattojen muoto on useimmiten suorakulmainen. Seinäpintojen limitystä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon tarpeellisten liikuntasau-mojen luonteva sijoittaminen verhokseen. Kuvassa 4-43 on esitetty tyypillisiä luonnonkivisiä sisäseinän limitysmalleja.

Luonnonkivisen sisäseinäverhouksen laattojen koko vaihtelee tavallisesti välillä 0,01 - 0,5 m². Laattojen sivu mitat ovat vastaa-vasti 100 - 1200 mm. Laattojen lyhyemmän ja pidemmän sivun suhteeksi suositellaan normaalipaksuisilla laatoilla enintään 1:4 ja ohut-laatoilla vastaavasti 1:3. Seinäverhouslaattojen paksuus vaihtelee laatan kiinnitystavasta ja koosta riippuen. Itsekanta-van seinäverhouksen laattojen paksuus on tavallisesti 15 - 30 mm. Ohutlaastilla seinä-runkoon kiinnitettävät laatat ovat pak-suudeltaan 6 - 15 mm. Taulukossa 4-7 on esitetty kalibroitu- jen ohut-laattojen ja pienlaattojen vakiokokoja.



Kuva 4-47. Kivilaattojen mekaaninen kannatus sisäseinäverhouksessa.



Kuva 4-40. Sisäseinäverhouksen kova ja elastinen sauma.

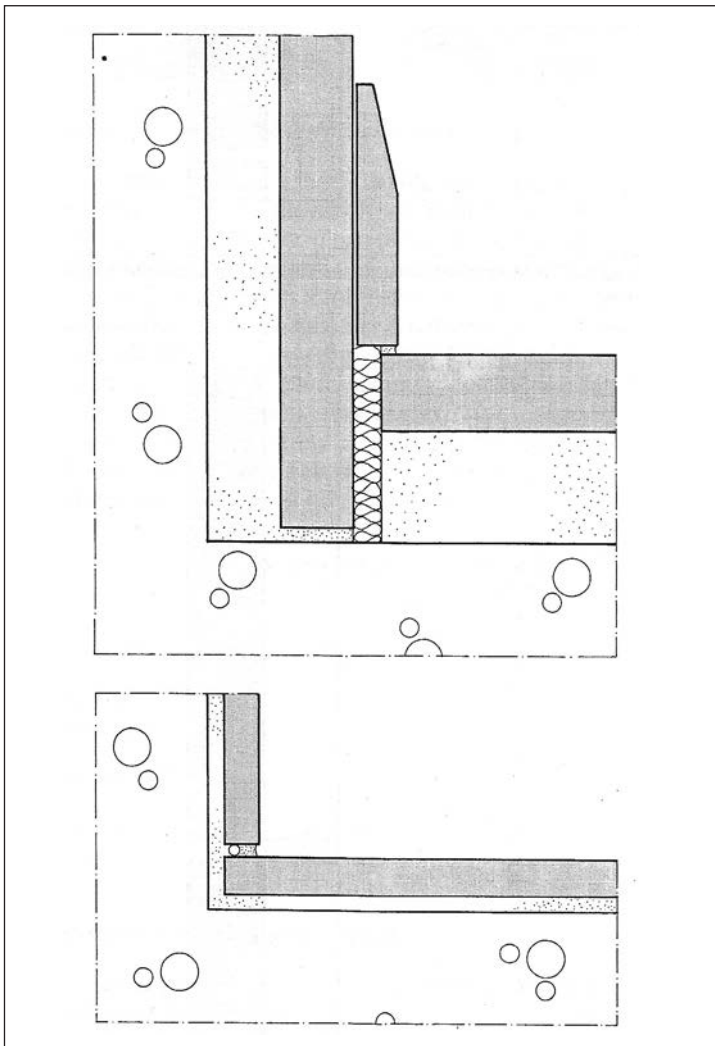
Sisäseinäverhouksen ulkonurkka voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Periaatteessa nurkan detaljointi-tavat ovat vastaavat kuin julkisivuverhouksessa. Sisäseinässä kivet ovat pienempiä ja saumat kapeampia, mikä vaikuttaa nurkkamitoitukseen. Kuvassa

4-44 on esitetty tyypillisiä sisäseinäverhouksen nurkkadetaljeja. Kuvassa 4-45 on esimerkkejä sisäpuolisten pilari ja pilasteriverhousten toteutuksesta.

Mittatarkkuus

Sisäseinäverhouksen luonnonkivilaattojen mittatarkkuusvaatimus riippuu kiinnitystavasta, saumaleveydestä ja kiven pintakäsittelystä. Tavanomaista kiinnitystapaa käytettäessä kiven paksuusvaihtelut voidaan tasoittaa kiinnityskerroksessa. Kiinnitettäessä kivilaatat ohuella liima- tai laastikerroksella on tasausvara huomattavasti pienempi. RYL 90:ssa määritellään sisäseinäverhouksen kivilaattojen mittatarkkuus seuraavasti:

”Sisäseinäverhouksen luonnonkivilaattojen sivumittojen mitta-



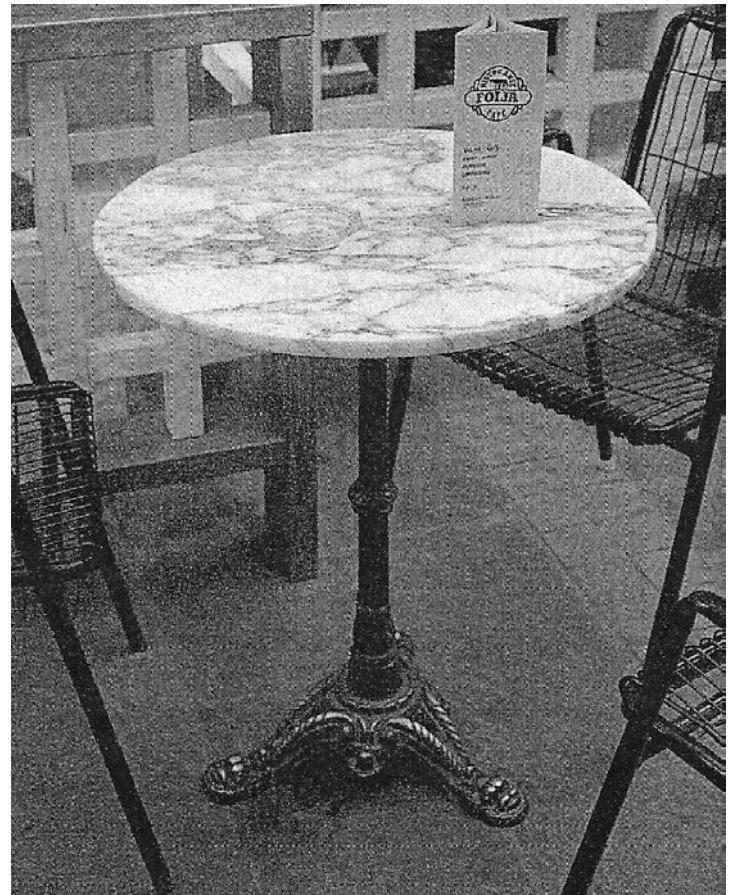
Kuva 4-49. Seinäverhouksen ja lattian liitoskohdan liikuntasäula.

poikkeama saa olla enintään ± 2 mm. Paksuuden mittapoikkeama saa olla enintään ± 3 mm käytettäessä tavanomaista kiinnitystapaa ja enintään ± 1 mm käytettäessä ohutlaastikiinnitystä. Kivilaattojen suoruuden mittapoikkeaman tulee olla niin pieni, että valmiin seinän vierekkäisten laattojen hammastus hiotussa kivipinnassa on enintään 1 mm.”

Taulukossa 4-8 on esitetty Kiviteollisuusliitto ry:n suosittelema luonnonkivisten sisäseinän verhou-laattojen mittatarkkuus. Tapauskohtaisesti voidaan sopia joko väljemmistä tai tiukemmista vaatimuksista, mikäli se rakenteen toteutuksen kannalta on tarkoituksenmukaista. Tarpeetonta mittatarkkuutta kannattaa välttää, koska kivitöissä toleranssin tiukentamisella voi olla merkittävä vaikutus kivituohteen hintaan. Kalibroittujen ohutlaattojen särmät voidaan viistää kevyesti 1 mm faasilla. Seinäverhou-laattojen suorakulmaisuu den tulee olla niin tarkka, että saumaleveyden vaihtelu ei näy häiritsevästi.

Kiviseinän rakennetyypit

Luonnonkiviset sisäseinän verhou rakenteet voidaan jakaa itsekantaviin kiviverhouksiin, joissa kivilaatat ovat 15 - 30 mm:n paksuista ja ohutlaattaverhouksiin, joissa kivilaattojen paksuus on 6 - 15 mm.



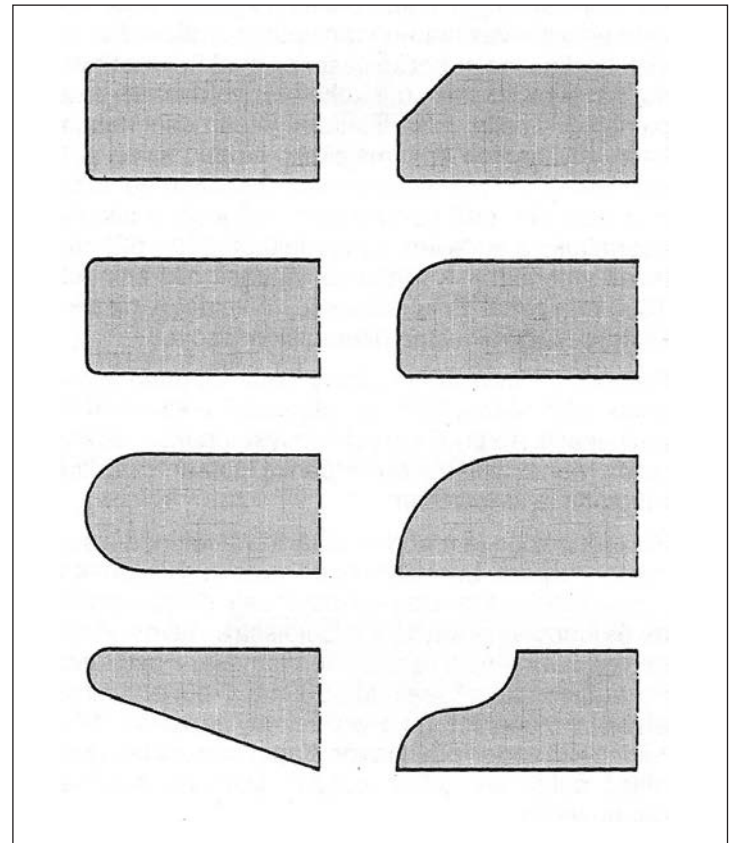
Kuva 4-50. Luonnonkivinen pöytäta so.

Itsekantava kiviverhous kannatetaan tavallisesti ala-puolisesta lattiarakenteesta. Kivilaatat sidotaan seinärunkoon 2 - 4 pisteestä vaakasaumoihin sijoitettavilla vaakasiteillä. Seinärungon tulee olla betonia, tiiltä tai muuta riittävän lujaa ja liikkumatonta kiviainetta. Kiviverhous tuetaan yleensä sementtipohjaisella 20 - 40 mm paksulla taustavalulla noin 1500 mm korkeudelle lattiatastosta. Itsekantavan, lattiarakenteesta tuetun, kiviverhouksen korkeus saa olla enintään 3000 mm. Korkeat seinäverhoukset kannatetaan kerroksittain noin 3000 mm:n välein (kuva 4-46). Sisäseinän luonnonkiviverhouksen laatat voidaan myös kantaa jokainen erikseen vaaka- tai pystysaumoihin sijoitettavilla kiinnikkeillä. Näin tehdään aina, kun kivilaattoja ei voida tukea alapuolisiin rakenteisiin. Kivilaattojen paksuuden on tällöin oltava vähintään 25 mm. Kiinnikkeillä kannatettu kiviverhous ei kuormita lattiarakennetta. Taustavalu ei tässä rakenteessa yleensä ole tarpeellinen (kuva 4-47).

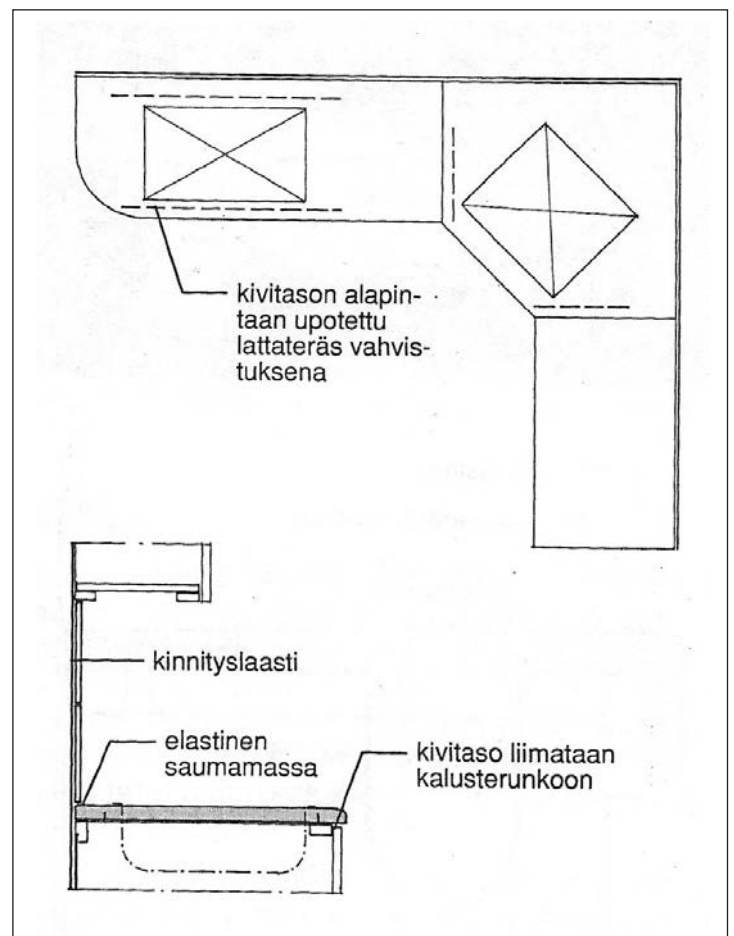
Ohuet kivilaatat, joiden paksuus on 6 - 15 mm, voidaan kiinnittää seinärunkoon kiinnityslaastilla tai liimalla keraamisten seinälaattojen tavoin. Kiinnitys-kerroksen paksuus on tällöin 3 - 5 mm. Kivilaattojen paksuuden mittatarkkuuden on ohutlaastikiinnitystä käytettäessä oltava tavallista parempi, jotta laattojen välille ei synny häiritsevää hammastusta. Kiinnitys-alustan tulee olla suora ja tasainen, koska ohuessa kiinnityskerroksessa ei voi oikaista alusrakenteen epätasaisuuksia. Kiinnitysalustan on oltava liikkumaton, jotta varmistetaan seinäpinnan moitteeton toiminta. Suositeltavaa on, että kiinnitysalusta on kiviaineinen.

Kivilaattapinnan saumojen suunnittelu

Sisäseinäverhouksen saumojen leveys on tavallisesti 2-3 mm. Karkeita kivipintoja käytettäessä ja silloin, kun kivilaatat kannatetaan saumoihin sijoitettavilla kiinnikkeillä, kivisauma tehdään 5-10 mm levyiseksi. Kivilaattaverhous saumataan 1 - 3 vuorokauden kuluttua laattojen kiinnityksestä notkealla saumaussmassalla. Kivien mahdollisen värjäytymisen vuoksi on suositeltavaa käyttää vaaleanharmaata tai kiven väristä saumauslaastia. Kivipinnan puhdistamisen helpottamiseksi se kastellaan ennen saumausta. Saumaustyön jälkeen kivet puhdistetaan, ennen kuin saumausaine ehtii kovettua kivilaattaan, yleensä viimeistään 1 tunnin kuluttua. Liikuntasamat tiivistetään elastisella saumaussmassalla. Kun kivilaatat kannatetaan erikseen eikä käytetä tausta-valua, tiivistetään kaikki laattojen väliset saumat tavallisesti elastisiksi. Rakenne on suositeltava, kun seinärungon ja kiviverhouksen välillä on odotettavissa suuria liike-eroja (kuva 4-48).



Kuva 4-51. Kivitason reunan muotoilutapoja.



Kuva 4-52. Luonnonkivisen keittiön pöytäta-son mitoit- tus ja kiinnitys kalusteiden runkoon

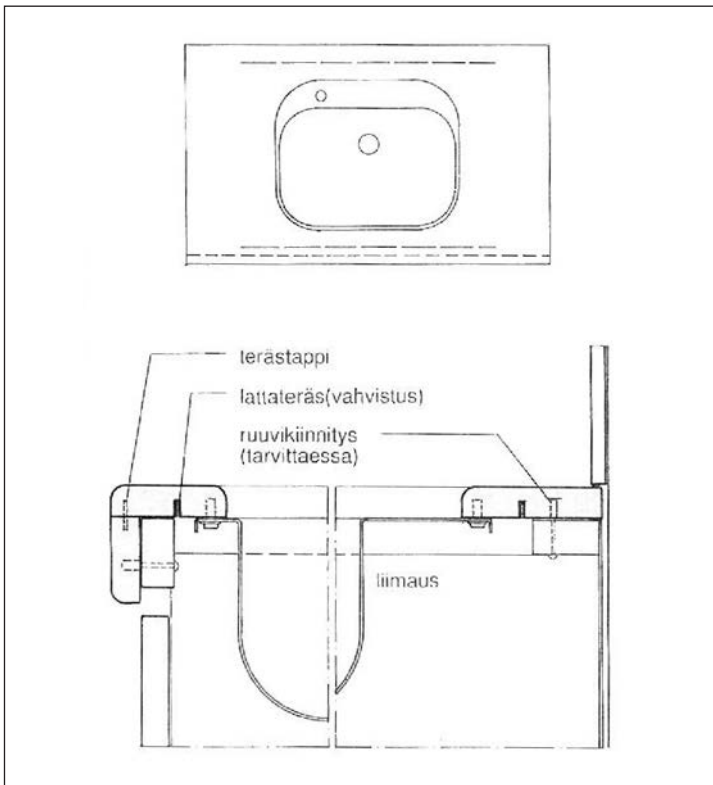
Liikuntasauvojen suunnittelu

Luonnonkivisen seinäverhouksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon rakenteiden muodonmuutokset ja liikkeet järjestämällä riittävästi liikuntasauvoja, joissa muodonmuutokset pääsevät vapaasti tapahtumaan. Näin voidaan estää muodonmuutoseuroista johtuvat kivipintojen halkeamat. Liikuntasauvojen tarve tulee ottaa huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa, jotta saumojen sijoitus voidaan toteuttaa mielekkäästi.

Luonnonkiviseen seinäverhoukseen sijoitetaan seinäpinnan moitteettoman toiminnan varmistamiseksi kiinnityskerroksen läpi menevä liikuntasauva:

- aina rakennuksen rungon liikuntasauvan kohdalle,
- pystysuunnassa 6 - 10 m:n välein, vaakasuunnassa korkeissa seinissä kannatuskohtiin 3 m:n välein,
- seinän kulma-kohtiin,
- verhouksen yläosan ja ylemmän pohjarakenteen liitoskohtaan ja
- kaikkiin kohtiin, joissa on odotettavissa rakenteiden liikkeitä.

Itsekantavan sisäseinäverhouksen runkokiinnitysten ympärille järjestetään liikevara. Jos on odotettavissa suuria muodonmuutoksia tai rakenteiden liikkumista, on suositeltavaa kannattaa kivilaatat erikseen rungosta esimerkiksi teräsulokkeilla ja järjestää kaikkiin kivilaattojen välisiin saumoihin liikevara. Jos tällöin käytetään kivilaattojen tukena taustavalua, estetään kiven ja



Kuva 4-53. Kivinen kylpyhuonetaso.



Kuva 4-54. Luonnonkivinen työtaso ja taustalaatoitus keittiössä.

taustabetonin tartunta esimerkiksi muovikalvon avulla tai käsittelemällä kivilaatan takapinta tartuntaa olennaisesti heikentävällä aineella. Seinäverhouksen sijoitetaan tällöin lisäksi tarpeelliset liikunta-saumot.

Liikuntasaumot mitoitetaan odotettavissa olevien rakenteiden liikkeiden perusteella. Tavallisesti kivilaattapinnan liikuntasauvojen leveys on 5 - 10 mm. Saumat täytetään joustavalla tarvikkeella, kuten esimerkiksi mineraalivilillä, ja tiivistetään elastisella saumamassalla.

4.6 Muu sisustus

Yleistä

Lattioiden, portaiden ja seinäverhousten ohella luonnonkiven käyttökohteita sisutuksessa ovat

- keittiötasot
- kylpyhuoneiden allastasot,
- pöytätasot,
- ikkunapenkit,
- hyllytasot ja
- tulisijat.

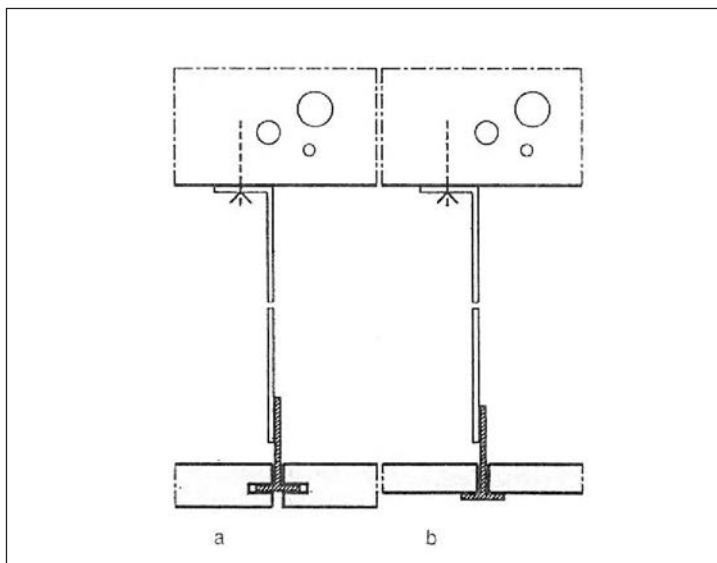
Kivitasoihin liittyy usein myös taustaseinän kivilaatoitus ja joskus myös lattia- ja seinälaatoitukset. Tulisijojen edustalla käytetään yleisesti luonnonkivestä tehtyä lattianpäällystettyä kipinäsuojana. Kiven käytöllä on sisutuksessa pitkät perinteet. Erityisesti kiveä on käytetty välimeren alueen maissa sen arvokkaan ja monipuolisen ulkonäön sekä hyvän kestävyuden vuoksi. Uudet mittatarkat kivituotteet mahdollistavat kiven käytön sisutuksessa keraamisten laattojen tavoin. Luonnonkivi soveltuu lisäksi mm. maljakoiden, kellojen; valaisimien; lautasten; ruokailuvälineiden,

veistosten ja lukemattomien muiden koriste- ja käyttöesineiden valmistukseen.

Sisustuksessa voidaan käyttää kaikkia rakennuskivityyppejä. Marmorit ja muut pehmeät kivet ovat suosittuja niiden vaaleiden sävyjen ja monipuolisen värivalikoiman vuoksi. Kun kivipinta on alttiina likaantumiselle tai kulutukselle, kuten esimerkiksi keittiötaksoissa, suositellaan graniitteja ja muita kovia kiviä niiden helppohoitoisuuden ja hyvän kestävyysvuoksi. Sisustuskivien pintakäsittelyt ovat kiillotus tai hionta. Pintakäsittelyn valinnassa otetaan huomioon kiven ominaisuudet ja käyttöolosuhteet samaan tapaan kuin lattioiden yhteydessä.

Kivitasot

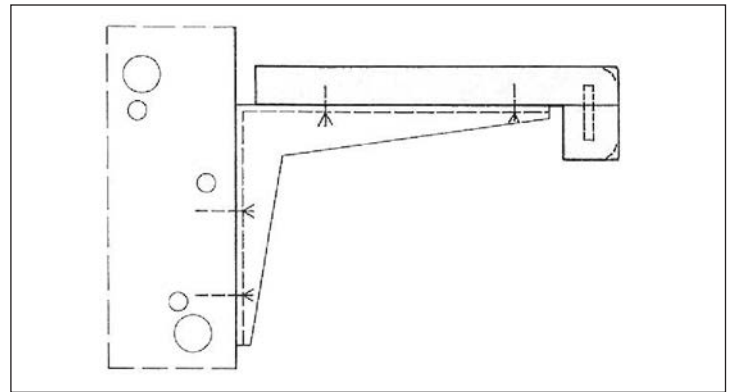
Luonnonkivestä voidaan valmistaa kaikki keittiön, pesu- ja kylpyhuone-tilojen ja pöytien tasot. Kivinen tasopinta kestää hyvin kosteutta ja kulutusta. Kivipinta on myös hyvä alusta esimerkiksi leivottaessa. Kivityyppiä ja pintakäsittelyä valittaessa on otettava huomioon kohteen olosuhteet ja erityisesti kivipintaan käytön aikana kohdistuvat rasitukset. Vaaleat karbonaattiset kivet, kuten marmorit on aina syytä käsitellä ennen käyttöönottoa pintahuokosiin tunkeutuvalla suoja-aineella, joka estää kivipinnan likaantumista ja syöpymistä. Marmorisissa tasoissa, joissa kulutus on kohtalainen tai voimakas kuten keittiötasoissa, ruokapöydissä ja kylpyhuonetasoissa on suositeltavaa valita mattahiottu pintakäsittely ja suoja-ainekäsittely, joka samalla syventää kiven väriä. Suojakäsittely uusitaan määrävälein aineen valmistajan ohjeiden mukaisesti. Pöytätasossa ja työtasoissa, joihin ei kohdistu voimakasta kulutusta, voidaan käyttää myös kiillotettua marmoripintaa. Graniittiset ja muista syväkivistä valmistetut tasopinnat voidaan aina tehdä valinnan mukaan joko hiottuina tai kiillotettuina.



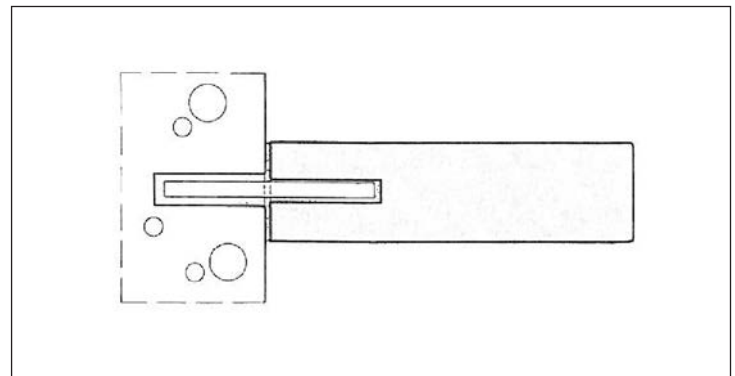
Kuva 4-58. Luonnonkivisen katonpäällysteen kannatus a) piilokiinnityksellä ja b) näkyviin jäävällä metallilistalla.

Luonnonkivisten pöytä- ja allastasojen suunnittelun erikoispiirteitä ovat:

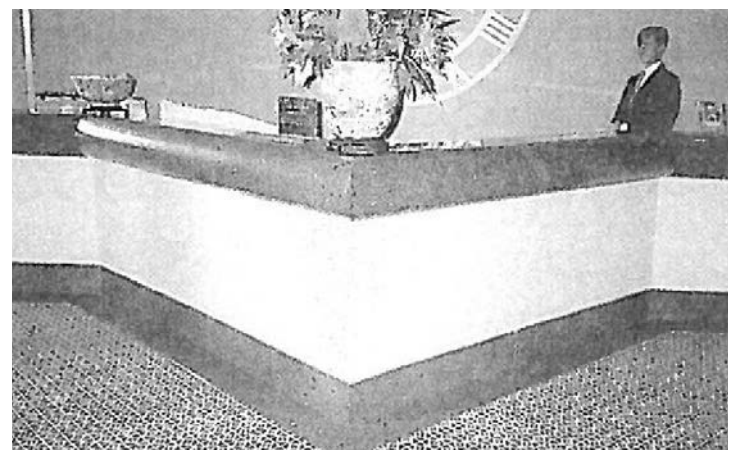
- kivitason muotoilu ja mitoitus,
- kiven paksuuden mitoitus,
- kiven reunamuodon valinta,
- aukkojen ja reikien mitoitus,
- erikoisten kividetaljien suunnittelu sekä
- kivitason kannatuksen suunnittelu ja mitoitus.



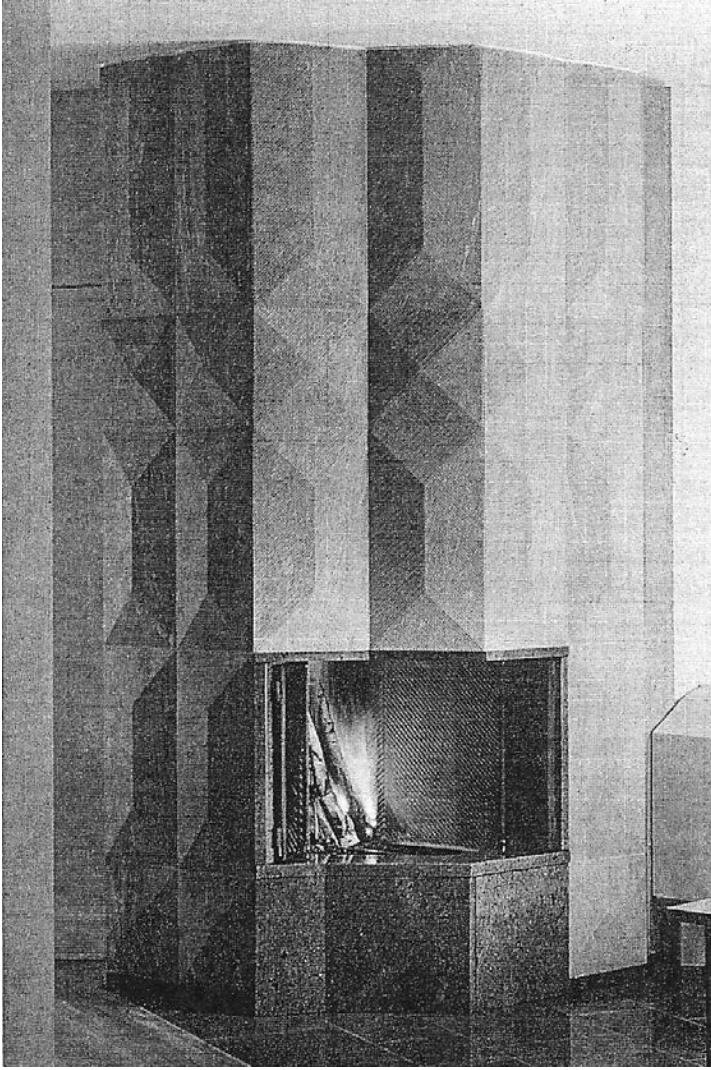
Kuva 4-55. Ikkunapenkin kannatus kulmateräskannattimilla.



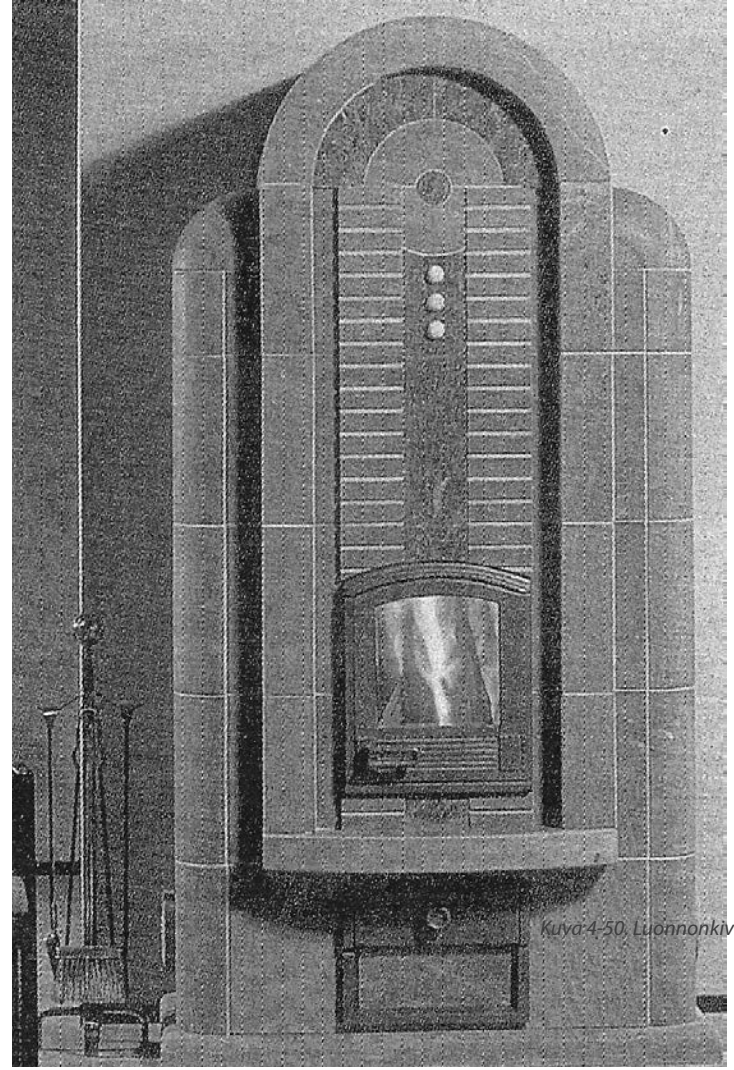
Kuva 4-56. Luonnonkivisen hyllytason kannatus kiven reunaan upotetulla tapilla.



Kuva 4-57. Massiivinen luonnonkivireunus hotellin vastaanottopöydässä.



Kuva 4-59. Vuolukivitakka presidentin virka-asunnossa Mäntyniemessä. Takan valmistaja on Nunnanlahden Uuni Oy.



Kuva 4-60. Tulikivi Oy:n mallistoon kuuluva, Erkki Helasvuon suunnittelema vuolukivitakka.

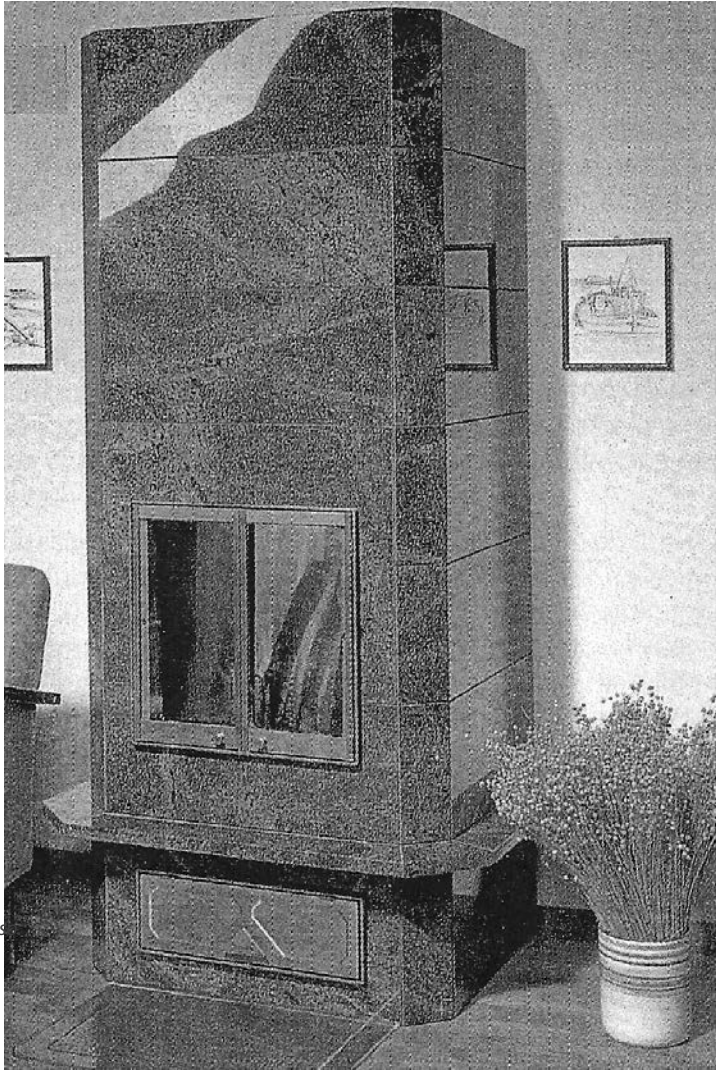
Saneerauskohteissa on tärkeä suorittaa paikan päällä kohteessa huolellinen mittaus ennen kivitasojen valmistusta, jotta voidaan varmistaa kiven hyvä yhteensopivuus.

Kivisten pöytä- ja työtasojen vakiopaksuudet ovat 20 mm ja 30 mm, mutta muitakin paksuuksia voidaan käyttää. Paksumpi kivi valitaan usein ulkonäkösyistä. Paksun kiven reunan muotoilu-mahdollisuudet ovat paremmat kuin ohuella kivellä (kuva 4-51). Kivitasojen reunaan voidaan haluttaessa kiinnittää reunalista, joka lisää kiven paksuusvaikutelmaa. Reunalistaa tai etulevyä käytetään mm. kylpyhuonetasoissa peittämään tasoon asennettu pesualtaan alaosa. Siirrettävissä kalusteissa on kiinnitettävä huomiota kivitasojen painoon. Uudet kevyet kivipintaist, eri tavoin jäykistetyt sisustustuotteet mahdollistavat entistä kevyempien kivikalusteiden valmistuksen.

Kuvassa 4-52 on esimerkki luonnonkivisten keittiön työtasojen suunnittelusta. Altaiden kohdalla, missä kivikaista jää ohueksi, kivi on raudoitettu alapintaan upotetulla ja liimatulla lattateräksellä.

Allastasojen aukot ja muut läpiviennit mitoitetaan niin; että ne sijoittuvat kivilaadusta riippuen vähintään 50 - 60 mm etäisyydelle kivilaatan reunasta. Kapeat reuna-alueet vahvistetaan tarvittaessa lähinnä kuljetuksen ja asennuksen aikaisille kuormille esimerkiksi kiven alareunaan upotettavalla teräsvahvistuksella. Jos aukot kivitasossa ovat huomattavan suuria tai jos taso on suurikokoinen, voidaan se jakaa pienempiin osiin, jotka liitetään yhteen asennuspaikalla. Kivitasojen enimmäiskoko riippuu kiven paksuudesta ja kivityypistä. Kivitasojen tukirakenteet suunnitellaan niin, että ne tukevat kiveä käytön aikaisia kuormituksia ajatellen. Syvyydeltään 600 - 620 mm leveä yhtenäinen kivitaso voi yleensä olla enintään 1800 mm pitkä. Erikoistilauksesta voidaan joistakin kivityypeistä valmistaa pitempiäkin tasoja.

Pesuallas kiinnitetään allastyypistä riippuen kivitasoon joko yläpuolelta tai alapuolelta kuvan 4-53 mukaisesti. Alapuolisessa kiinnitystapauksessa kivi-tasojen reunat allasaukon ympärillä hiotaan haluttuun muotoon ja kiillotetaan.



Kuva 4-61. Kiillotuilla graniittilaatoilla päällystetty tulisija. Uunisepät Oy:n mallistoa.

Kivitason koon ja muodon määräävät lähinnä sisustuksen tarpeet. Luonnonkivi on suosittu yksilöllisesti suunniteltujen kalusteiden materiaali. Kiveä voidaan myös luontevasti käyttää kalusteissa eri tavoin yhdistettynä puun, lasin ja metallin kanssa. Pöytäta-son paksuus on tavallisesti 20 - 30 mm. Reunan vaihto-ehtoisia muotoilutapoja on esitetty kuvassa 4-51. Kiinnitystä varten pöytäta-son alapintaan voidaan kiinnittää pohjalevy, johon pöydän jalat voi kiinnittää puuruuveilla.

Luonnonkivisten pöytä- ja työta-sojen suunnitelmista tulee käydä selvästi ja yksiselitteisesti ilmi kivikappaleiden mitat, työstettävät reiät ja aukot. näkyvien reunojen sijainti ja muoto sekä mahdollisen pesualtaan tyyppi ja kiinnitystapa kivitaseen. Kivitaseen ja työstettävien aukkojen sivumittojen ja paksuuden mittatarkkuus on +/- 1,0 mm. Kiven näkyvän reunan mittatarkkuus on +/- 0,5 mm.

Kivitaseen mitoituksessa ja asennuksessa on noudatettava erityistä huolellisuutta. Kiven työstäminen asennuspaikalla ei yleensä ole mahdollista. Kivitaseen eri osien tarkka ja saumaton liittyminen toisiinsa edellyttää kalusteiden ja tukirakenteiden asennukselta erittäin hyvää tarkkuutta. L- ja U-muotoisissa kalusteissa on varmistettava liitoskohtien kulmien mittatarkkuus, koska pienetkin kulmapoikkeamat aiheuttavat kivitaseen osien liitoskohtiin ulko-näköä haittaavaa epätarkkuutta. Kivitaseen mitoituksessa on kivi-äen yhteensopivuuden ohella otettava huomioon myös liittyminen ympäröiviin rakenteisiin. Kivitaseet kiinnitetään yleensä kaluste-äen runkoon liimaamalla. Tarvittaessa kiinnitys voidaan varmistaa mekaanisilla kiinnikkeillä. Kivilaatan paino lisää sen vakavuutta kalusteissa.

Ikkunapenkit

Luonnonkivi soveltuu hyvin ikkunapenkki-äen materiaaliksi. Hyvälaatuinen luonnonkivi kestää vaurioitumatta ikkunapenkki-äen käytön aikana kohdistuvat rasitukset, kuten kulutuksen, kosteuden, auringonvalon ja ikkunapenkki-äen asetettavien kasvien painon. Kiven luonnonmukainen ulkonäkö sopii hyvin kasvillisuuden yhteyteen. Ikkunapenkki on myös osatilan sisustusta.

Ikkunapenkit mitoitetaan yksilöllisesti kohte-äen suunnittelutavoitteiden mukaisesti. Kiven leveys on yleensä 150 - 250 mm. Penkki tehdään mahdollisuuksien mukaan yhdestä kivistä, mutta ositetaan tarvittaessa. Asennuksen yhteydessä ikkunapenkki-äen osat liitetään yhteen puskusaamalla tuen kohdalla. Kiven paksuus on tavallisesti 20 - 30 mm. Ikkunapenkki-äen etureuna voidaan muotoilla vastaavasti kuin kivitase (kuva 4-51).

Ikkunapenkki kannatetaan tavallisesti kannatinulokkeilla seinärakenteesta. Kannattimien väli valitaan kuormitusten ja kiven taiputuskapasiteetin perusteella ja on käytännössä yleensä 400 -



Kuva 4-62. Lattiarakenteen muodonmuutoseroista johtuva halkeama kivilaattapäällysteessä.

Tahriva aine	Puhdistusmenetelmät ja -aineet
sementtilaasti	- suolahappo muille kuin marmori- ja kalkkikiville - glycolihappo marmori- ja kalkkikiville - harkinnan mukaan - laimeana liuksena paikallisesti - tahra kastellaan ennen puhdistusta ja huuhdellaan lopuksi vedellä
muste, tussi	- oksiaali- ja etikkahappoliuoksen seos - laimea ammoniakkihappoliuos - esikäsitteily sprillä - vaaleat kivet voidaan jälkikäsitellä 3% vetyperoksiidiliuksella
noki	- raskas bensiini tai perkloorieteeni
ruoste	- oksiaalihappoliuos - kaliumbioxalaatti (syövyttää lievästi) - kiteet liuotetaan veteen - tahraa pyyhitään liuokseen kastellulla rievulla - puhdistusliuos poistetaan sienellä ja pinnat huuhdellaan vedellä
steariini	- tinneri tai bensiini - trikloorieteeni
öljy, rasva	- tuore tahra imeyttämällä sopivalla jauheella tai paperilla - vanha tahra trikloorieteenillä tai raskas bensiinillä
aniliini- ja leimasinväri	- taloussprii
bitumi	- raskas bensiini tai perkloorieteeni
hedelmämehu	- laimea ammoniakki- tai etikkahappoliuos
kengänkiilloke	- raskas bensiini - laimea ammoniakkiliuos - taloussprii
kynsilakka, muoviliimat	- asetoni - taloussprii
oksennus	- laimea ammoniakkiliuos - perkloorieteeni
pihka	- taloussprii - perkloorieteeni
punaviini	- laimea ammoniakkiliuos - oksiaali- ja etikkahappoliuoksen seos
terva, piki	- mineraalitärpätti - perkloorieteeni

Kuva 4-50. Luonnonkivinen pöytätaaso.

600 mm. Asennettaessa ikkunapenkki ulkonematasona seinään kiinnitettävien kannatinulokkeiden varaan jätetään ikkunapenkin ja seinän väliin vähintään 10 mm rako lämmitysilmän kiertoa varten. Kun ikkunapenkki jatkuu yhtenäisenä seinälinjan ja lämpöpatterin yli, tehdään penkkiin reiät lämpimän ilman nousua varten. Kivipenkin tai hyllytason kannattimien piilottamiseksi voidaan ikkunapenkin etureunaan kiinnittää kivilista (kuva 4-55). Kivilaatta voidaan kannattaa myös kiven reunaan upotettavien tappien avulla ilman näkyviä kulmakannattimia (kuva 4-56). Tällöin kiven paksuuden on oltava vähintään 30 mm.

Vanhemmissa rakennuksissa ikkunapenkki kiinnitetään yleensä kiinnitysllaastilla ikkunasyvennykseen. Tällöin kivipenkistä on suositeltavaa tehdä valmistusta varten tarkka syvennyksen mittojen mukainen mittapiirros tai malline.

Sisäkaton verhou luonnonkivellä

Luonnonkivi soveltuu myös sisäkaton päällystykseseen. Kiveä käytetään tässä tarkoituksessa yleensä silloin, kun muissa huone-tilan pinnoissa on luonnonkivipäällyste. Teknisesti kivipäällyste on suositeltavaa toteuttaa siten, että kivilaatat kannatetaan välipohjarakenteesta mekaanisilla kannattimilla, jotka kiinnitetään kivilaattojen reunoihin. Kannatin voi olla teräs-tappi, joka kiinnittyy kiveen porattuun reikään, tai pitkänomainen laita, joka kiinnitetään kiven reunaan sahattuun uraan.

Mekaanisesti kannatetun sisäkatonpäällysteen kivi-laattojen paksuuden tulee olla vähintään 30 mm, jotta kiinnitys saadaan kunnolla järjestettyä. Kiinnikkeet sijoitetaan laatan reunan keskiliinjan alapuolelle, jolloin laatan reunakiinnityksen kapasiteetti

on mahdollisimman suuri. Kiinnityksen etäisyyden laatan alareunasta on kuitenkin oltava vähintään 10 mm. Kuivassa 4-58 on esitetty alas lasketun luonnonkivikaton kivilaattojen kiinnityksen periaatteet. Katonpäällyste voidaan tehdä myös kalibroituista, mittatarkoista kivilaatoista, jotka kiinnitetään liimalla kattopinnan verhoukseen.

Tulisijat

Tulisijan varsinainen tehtävä on toimia lämmönlähteenä ja ruuanvalmistuksen välineenä. Luonnonkivinen tulisija on kuitenkin samanaikaisesti suuressa määrin tilan sisustuksen osatekijä. Tulisijalla on suuri vaikutus huonetilan tunnelmaan sekä levossa ollessaan, että etenkin sen käytön aikana. Tulisijan edustalle tehdään lisäksi yleensä kivinen lattianpäällyste kipinäsuojaksi.

Luonnonkiveä on kaikkina aikoina käytetty sen hyvän tulenkkestävyyden ja lämmönvarauskyvyn vuoksi tulisijojen rakentamisessa. Tiilitulisijojen yleistyessä luonnonkiven käyttö kuitenkin asteittain väheni. Kiveä käytettiin vielä 1970-luvulla lähinnä tulisijojen koristelussa. Viime vuosina luonnonkivien käyttö tulisijojen materiaalina on kehittynyt ja lisääntynyt voimakkaasti. Muutoksen käynnistäjänä ja edelläkävijänä on toiminut suomalainen vuolukiviteollisuus, joka on aktiivisesti kehittänyt lämpötekniikalta ominaisuuksiltaan erinomaisen kotimaisen vuolukiven käyttö- ja tuotantotekniikkaa. Kehitystyö sekä vuolukivitulisijojen käytön elvyttäminen ja niiden aseman vakiinnuttaminen tapahtui 1980-luvun aikana, jolloin vuolukivitulisijojen myynti kasvoi erittäin voimakkaasti. Vuolukivitulisijat tehdään kokonaan vuolukivestä, joka kestää erittäin hyvin korkeita lämpötiloja, johtaa hyvin lämpöä ja varastoi sitä tehokkaasti. Nykyisin markkinoilla on lukuisia määriä eri kokoisia ja mallisia vuolukiviuuneja ja -takkoja.

Toinen luonnonkivinen tulisijatyyppe, jonka perinteet ulottuvat niin ikään kauas maamme historiaan, on liuskekivistä muuraamalla tehty tulisija. Liuskekivien käyttö tulisijoissa perustuu niiden hyvään lämmönkestoon ja varauskykyyn. Myös liuskekivitulisijojen mallistoa ja kiven tuotantotekniikka on viime vuosina kehitetty. Liuskekivitulisijat tehdään yleensä muuraamalla kivet lappeelleen, jolloin tulisijan ulkopinta on karkea ja elävä. Tulisijamalliston kehittymisen ja kiven käytön yleistymisen myötä on myös luonnonkiivimuurausta osaavien muurarien määrä vähitellen lisääntynyt.

Periaatteessa kaikki muutkin rakennuskivityypit soveltuvat käytettäväksi tulisijojen verhouksessa. Uutta tuotekehitystä edustavat tulisijat joiden verhoilussa käytetään kiillotettuja graniittisia ohutlaattoja. Markkinoilla olevien luonnonkivisten tulisijamallien määrä on tätä nykyä runsaampi ja monipuolisempi kuin koskaan ennen.

4.7 Sisätilojen kivirakenteiden hoito ja kunnostus

Hoito- ja korjaustarve

Luonnonkivipäällyste on kestävä rakenne, jonka hoitotarve on yleensä erittäin pieni. Hyvän toimivuuden edellytyksenä on kuitenkin, että luonnonkivimateriaali on kestävä ja kivirakenne on oikein suunniteltu ja toteutettu. Kivipinnan käyttöikä voidaan pidentää asianmukaisella käytöllä sekä hoito- ja suojaustoimenpiteillä.

Kivilattian hoito-, huolto- ja korjaustoimenpiteitä ovat:

- kivipinnan säännöllinen puhdistus ja käsittely hoitavalla ja suojaavalla pesuaineliuoksella,
- likatahrojen poisto lattiapinnasta,
- vanhan ja kuluneen kivipinnan alkuperäistä vastaavan ulkonäön palauttaminen,
- lohjenneiden laattojen paikkaus ja
- rikkoontuneiden laattojen vaihto.

Seinäverhousten, pöytätasojen, ikkunapenkkin ja muiden sisustuskohteiden hoitotarve on yleensä pintojen säännöllinen puhdistus ja mahdollinen likatahrojen poisto. Nämä pinnat ovat usein, kiillotettuja, joten esimerkiksi hedelmähapon aiheuttama syöpyä erottuu marmoripinnassa hyvin ja saattaa vaatia ehkostusta. Likaantumisen estämiseksi ja puhdistuksen helpottamiseksi on suositeltavaa käsitellä likaantumiselle alttiit kivipinnat tähän tarkoitukseen kehitetyllä kivisuoja-aineella, esimerkiksi silikoniöljyllä. Marmoriset pöytätasot suojataan joskus polyesteripinnoitteella tai vastaavalla suojaavan kerroksen muodostavalla tarvikkeella. Pinnoite suojaa kiveä, mutta on myös kiveä herkempi naarmuuntumaan.

Suunnittelunäkökohtia

Luonnonkivirakenteiden kestävyys varmistetaan ammattitaitoisella suunnittelulla. Huonot suunnitteluratkaisut ja virheet voivat johtaa kivipinnan toiminnallisen laadun ennen aikaiseen heikkenemiseen ja kivipäällysteen vaurioitumiseen. Periaatteena tulee olla, että rakenteellisessa suunnittelussa mahdollisuuksien mukaan pyritään minimoimaan luonnonkivipintaan kohdistuvat rasitukset ja kuormitukset. Toisaalta kivirakenne tulee suunnitella niin, että odotettavissa olevat rasitukset aiheuttavat mahdollisimman vähän haittaa kivipinnalle. Hyvän kiviteknisen suunnittelun periaatteet ja suositeltavia ratkaisuja on esitetty

tässä suunnitteluohjeessa. Esimerkkejä huonoista suunnittelu-
ratkaisuksista ovat:

- valitaan kivityyppi, jonka kulutuskestävyys on riittämätön käytön aikaiseen kulutukseen nähden,
- valitaan kiillotettu pintakäsittely pehmeälle ja tummalle kivelle, kohteessa, jossa kulutusrasitus on suuri, jolloin epätasainen kuluminen näkyy häiritsevästi,
- valitaan ohut kivilaatta kohteeseen, jossa kuormitukset ovat ajoittain suuret, tai alusrakenteen jäykkyys riittämätön, jolloin kivilaatat ovat herkkiä katkeamaan,
- käytetään sementtipohjaista kiinnityslaastia tummalla ja ohuella kivellä, jolloin sementin liukoiset suolat vaeltavat kivipintaan, kiteytyvät kiven väriä vaaleammiksi alueiksi ja rapauttavat kiveä,
- vesi, hiekka ja suolat kulkeutuvat kivipinnalle sisäänkäynnin yhteydessä riittämättömästi järjestetyn jalkineiden puhdistuksen seurauksena, jolloin lattia- ja porraspinnan kulutusrasitus kasvaa voimakkaasti,
- sijoitetaan lattiaan ja seinäverhoukseen, jossa tapahtuu muodonmuutoksia, liian vähän liikuntasuomuja, jolloin kivipäälysteeseen syntyy haitallisia leikkausjännityksiä, jotka voivat johtaa rakenteen murtumiseen ja kivilaattojen irtoamiseen,
- käytetään saumaus- tai kiinnitystarvikkeita, joista kulkeutuu kiveen värjäviä aineita; jolloin kivipinta värjäytyy häiritsevästi saumojen kohdalla tai paikallisesti kiinnityslaastin kohdalta,
- sovelletaan hankalia ja epätavallisia suunnitteluratkaisuja, joista ei ole aiempia kokemuksia, jolloin asennuksen työvirheiden riski kasvaa.

Kivipinnan säännöllinen hoito

Kivipinnan puhdistus- ja hoitotarve riippuu pinnan kuormitusasteesta, kivilajista ja kiven pintakäsittelystä. Helppohoitoisimpia kivipintoja ovat kiiltävät graniittipinnat. Kiiltävään pintaan ei lika tartu ja se on helppo puhdistaa. Hiottu marmoripinta on suositeltavaa suojata likaantumislta pintahuokosiin tunkeutuvalla kivivahalla. Suojavaha levitetään rievulla pyyhkimällä tai koneellisesti noin viikon kuluttua asennuksesta, kun kivipinta on kuivunut tarpeeksi. Erittäin voimakkaalle likaantumislle alttiina olevat kivipinnat voidaan suojata notkealla, kiven huokosiin tunkeutuvalla silikonipohjaisella kyllästysaineella. Käsittely uusitaan 3-5 vuoden välein. Karkeat kivipinnat voidaan sisätiloissa suojata kovettuvalla, pinnan sileyttä lisäävällä ja kiven väriä korostavalla hartsilla.

Luonnonkivipinta pestään käsin tai koneellisesti. Pesun yhteydessä käytetään neutraalia kivipinnan pesuun tarkoitettua ainetta, jolla on säännöllisesti käytettynä kiveä suojaava vaikutus.

Siivouskertojen määrä valitaan kiven likaantumisen mukaan. Ajoittain saattaa olla tarpeen suorittaa lattiapinnan perusteellinen pesu; jolloin vanhat suoja-aineet poistetaan. Tällöin kivipinta voidaan pestä kevyesti hiovilla nylonharjoilla.

Tahrojen poisto kivipinnasta

Kivipinnat tulee suojata likaantumislta rakennus-tyon aikana. Ennen saumausta kivipinta kastellaan ja tarvittaessa käsitellään erityisellä likaantumislta estävällä suoja-aineella. Kivilaattapinnan tahrat tulee aina poistaa mahdollisimman nopeasti, jotta lika ei ehdi imeytyä kiveen. Tahran poistossa sovelletaan ensisijaisesti mukaan mekaanista käsittelyä, raaputusta tai harjausta. Tämän jälkeen pyritään poistamaan tahra neutraalilla pesuaineella ja vedellä. Tahran käsittelyssä on varottava, ettei levitetä tahrivaa ainetta kivipinnalle. Mahdollisuuksien käytetään tahran poistoon soveltuvia liuottavia kemiallisia aineita. Taulukossa 4-9 on esitetty erilaisten tahrojen poistoon soveltuvat aineet ja menetelmät.

Kiveä puhdistettaessa on varottava vahingoittamasta kiveä. Happamien pesuaineiden käyttöä tulee välttää erityisesti marmoripintojen puhdistuksessa. Voimakkaita puhdistusaineita käytettäessä voidaan käsittely rajata tarkalleen tahran alueelle sekoittamalla puhdistava aine esimerkiksi liidun, perunajauhon tai magnesiumin kanssa tahnaksi, joka levitetään käsiteltävälle alueelle. Jos kivipinnan kiilto heikkenee paikallisesti voimakkaan, syövyttävän tahran tai kemiallisen puhdistusaineen vaikutuksesta, voidaan kivipinnan kiiltoa korjata hiomalla kivipintaa paikallisesti hioma-aineella. Hionnan jälkeen käsitelty kohta kiillotetaan värittömällä vahalla.

Sisätilojen kivirakenteiden korjaustoimenpiteet

Kivilattian ja portaiden kulumisen on voimakkainta sisäänkäyntien, kulkuväylien, pysähdyspaikkojen, ja kääntymispaikkojen kohdalla sekä yleensä alueilla, joihin liikenne keskittyy, tai joissa kulutusrasitus on tavallista suurempi. Kulutusrasitusten keskittyminen voi johtaa häiritsevään kivipinnan paikalliseen kulumiseen. Portaisissa kulutus keskittyy usein erityisen selvästi kulkulinjojen kohdalle.

Kivipintaa voidaan hioa ja kiillottaa paikalla käsin tai koneellisesti. Hionta voidaan toteuttaa paikallisesti tai pinta voidaan hioa kauttaaltaan. Korjaustoimenpiteen tarve ja laajuus määritetään tapauskohtaisesti. Kivipinnan hiontarvetta esiintyy lähinnä kalkkikivillä, marmoreilla ja muilla pehmeillä kivillä. Kivilattian hiontalaitteita on lisääntyneen huoltotarpeen seurauksena kehitetty, jolloin työn laatu ja taloudellisuus ovat parantuneet Kivipinnan hiontaa suorittavat siihen erikoistuneet yritykset.

Kristallisoitinkäsittely on uusi karbonaattisten lattiapintojen entisöintimenetelmä. Siinä kivipintaa kärsitellään happamalla fluorihydriidisteellä. Käsittelyssä karbonaatti kiven pintaosassa muuttuu kemiallisen reaktion seurauksena kalsiumfluoridiksi, joka on kotvempi ja paremmin kulutusta kestävä mineraali kuin karbonaatti. Kemiallisen käsittelyn jälkeen lattia hiotaan kauttaaltaan mekaanisesti haluttuun hienouteen, useimmiten kiiltoon. Ennen kristallisoitua epätasaisesti kulunut kivipinta hiotaan tarvittaessa suoraksi. Käsittely uusitaan tarpeen mukaan. Kristallisoitinkäsittely soveltuu vain kiville, joiden pääasiallinen mineraali on karbonaatti. Käytännössä menetelmää suositellaan vain tiiviille kalkkikiville ja marmoreille. Huokoisissa kalkkikivissä, kuten travertiinissa saattaa ilmetä ongelmia kristallisoinnin alussa tehtävän kemiallisen käsittelyn ulottuessa kiven huokosrakenteeseen. Luonnonkivipinnan kristallisointi on ammattitaitoa vaativaa työtä, jota suorittavat vain siihen erikoistuneet yritykset.

Kivirakenteeseen voi syntyä koloja, lohkeamia, naarmuja ja halkeamia terävien iskujen seurauksena esimerkiksi painavan esineen pudotessa kivipinnalle. Epätavallisen suuri paikallinen pistekuorma voi aiheuttaa kivilaatan katkeamisen tai irtoamisen; jos laatan kiinnityskerros tukee laattaa epätasaisesti. Vaurioalttiita kohtia ovat erityisesti liikuntasaumot, läpiviennit ja yleensä kivilaattapäällysteen reuna-alueet, joissa kiven kiinnityskerros voi jäädä alennuksen yhteydessä vajaaksi. Kivireunaa voidaan vahvistaa reuna-alueilla L- ja T-muotoisten metallilistojen avulla. Käytännössä metallilistan asennuksessa on noudatettava erittäin suurta huolellisuutta, jotta se ei jää kantamaan kivilaatan reunaa ja johda haitallisten taivutusrasitusten syntymiseen kivilaattaan. Erityistä huolellisuutta tarvitaan ohutlaastikiinnityksessä.

Kiveä voidaan paikata kivijauheesta ja liimasta sekoitetulla kiven värisellä paikkausmassalla tai liimaamalla lohjenneen palan kohdalle korvaava kiven kappale. Pahoin vaurioituneet kivilaatat vaihdetaan uusiin. Jos kivipinta on kauttaaltaan erittäin pahoin kulunut tai vaurioitunut, kannattaa harkita uuden kivipinnan tekoa. Joskus on mahdollista tehdä uusi kivipäällyste suoraan vanhan päällysteen päälle.

Korjauksen yhteydessä selvitetään aina myös vaurion syy. Mahdollisuuksien mukaan tulee pyrkiä estämään vastaavan vaurion toistuminen joko rakenteellisen keinoin tai muilla toimenpiteillä. Esimerkkejä kyseeseen tulevista muutostöimenpiteistä ovat:

- jalkineiden puhdistuksen tehostaminen sisäänkäynnin yhteydessä;
- liikennevirtojen ohjaus niin, että kivipinnan kuluminen on tasaisempaa,
- kivipinnan kuormituksen vähentäminen liikennettä rajoittamalla,
- lattian ja portaiden suojaus esimerkiksi matolla tai kemialliselta suojakäsittelyllä paikoissa, joissa kulutus on suuri ja likaantuminen voimakasta.

LUONNONKIVIRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2006

LUKU 5 ULKOTILOJEN LUONNONKIVIRAKENTEET

5. ULKOTILOJEN LUONNONKIVIRAKENTEET

5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Ulkotilojen luonnonkivirakenteiden kehitys

Kulkuteiden, pihojen ja torien päällysteet, reunakiveykset, portaat ja muurirakenteet olivat varhaisimpia luonnonkiven käyttökohteita. Kivirakenteet tehtiin aluksi luonnon muotoilemista, lähiympäristöstä kerätyistä irtokivistä, joita käytettiin joko sellaisenaan, tai karkeasti muotoiltuina. Kiven työstötekniikan ja käsityötaidon kehittyessä alettiin luonnonkivirakenteissa vähitellen käyttää säännönmukaisempia ja mittatarkempia kivituohteita. Ulkotilojen kivirakenteita kehitettiin jo antiikin Kreikassa ja Roomassa samaan aikaan, kun luonnonkiven käyttö yleistyi talonrakentamisessa. Perinteisistä käsityövaltaisista työstömenetelmistä johtuen ympäristörakenteissa on suosittu ensisijaisesti paikallisia, hyvin saatavilla olevia sekä helposti työstettäviä ja lohkeavia kivityyppejä.

Kiven arvostus ulkotilojen rakennusaineena on perustunut sen hyvään lujuuteen ja kestävyys sekä edustavaan ulkonäköön. Kivituohteet ovat olleet tyypillisesti massiivisia ja kiven pintakäsittelyt karkeita. Kiven käyttökohteet eivät ole aikojen kuluessa juuri muuttuneet. Nykyisin käytettyjä kivituohteiden ja käyttötekniisten ratkaisujen periaatteita sovellettiin jo kivirakentamisen alkuaikoina.

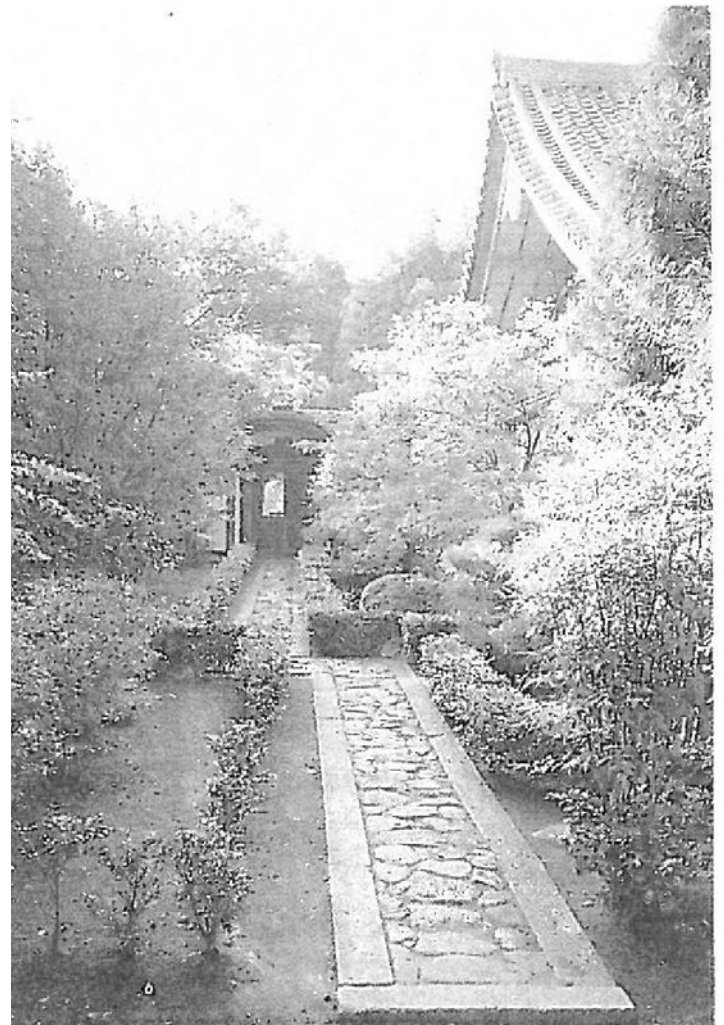
Kivituohteiden valmistustekniikkaa on viime aikoina koneellistettu ja kehitetty entistä rationaalisemmaksi ja monipuolisemmaksi. Luonnonkivelle on alettu etsiä uudentyyppisiä käyttösovellutuksia myös ulkotilojen rakentamisessa. Uutta tekniikkaa edustavat esimerkiksi kivilaatoilla päällystetyt betonielementit.

Kiviaineisten tuotteiden käyttö ympäristörakentamisessa on lisääntynyt. Rakennusten ohella on viime vuosina kiinnitetty entistä enemmän huomiota ulkotilojen, rakennuksia ympäröivien alueiden laatuun ja viihtyisyyteen. Betonisia ympäristötuohteita käytetään nykyisin kasvavassa määrin pihojen, torien ja muiden, pääasiassa kevyelle liikenteelle tarkoitettujen: väylien päällysteenä ja reunakivenä. Kiinnostus luonnonkiven käyttöön näissä kohteissa on samalla jatkuvasti lisääntynyt. Betonituohteiden kestävyudessa on ilmennyt ajoittain puutteita esimerkiksi portaissa ja reunakiveyksissä, mikä on osaltaan lisännyt kiinnostusta luonnonkiveä kohtaan.

Suomessa kiven käyttö ulkotilojen rakentamisessa on keskittynyt suurimpiin ja vauraimpiin asutuskeskuksiin. Kivirakenteet ovat tyypillisesti:

- välittömästi rakennusten ympäristöön kuuluvia rakenteita,
- erilaisia kaupunki- tai taajama-alueen ympäristörakenteita.
- liikennealueiden rakenteita ja
- maastorakenteita.

Yleisimpiä kivituohteiden käyttökohteita ovat olleet katujen, kulkuteiden, aukoiden ja torien taso- ja reunakiveykset. Luonnonkivestä tehdään myös ulkoportaita, aita- ja muurirakenteita, pollareita, kadun-kalusteita ja erilaisia ympäristön tilataideteoksia. Raaka-aineena on käytetty etupäässä hyvin lohkeavia, hieno- ja keskirakeisia graniitteja. Liuskeita on käytetty lähinnä vapaamuotoisina, lohkoreunaisina laattoina ja muurauskivinä



Kuva 5-1. Japanilaisen puutarhan suunnittelussa tavoitellaan täydellistä luonnon harmoniaa ja ajatonta kauneutta. Puutarhan keskeiset rakennusaineet ovat luonnonkivet ja kasvit.

kävelyteiden, portaiden ja muurien rakennusaineena maastossa ja puutarhoissa.

Kivirakenteiden suunnittelun erikoispiirteet

Ulkotilojen kivirakenteissa on kautta aikojen noudatettu samoja, hyväksi havaittuja periaatteita. Kivituotteet ja – rakenteet mitoitetaan paksummiksi ja massiivisemmiksi kuin sisätiloissa. Kivet asennetaan olosuhteista riippuen joko hienoon asennushiekkaan tai maakosteaan betoniin suurehkolla työvaralla. Kivituotteet ovat useimmiten lohkopintaisia tai hakattuja. Toleranssivaatimukset ovat väljemmät kuin muissa kivirakenteissa. Viime aikoina on mittatarkkojen, sahattujen ja poltettujen tai ristipäähakattujen kivituotteiden käyttö lisääntynyt. Markkinoille on myös tullut uusia ympäristörakentamiseen tarkoitettuja luonnonkivituotteita. Edullisimpia ovat tavallisesti lohkomalla valmistetut kivituotteet.

Luonnonkiven käytön kasvaessa, kivituotteiden määrän lisääntymässä ja käyttöalueiden monipuolistuessa on suunnittelun merkitys korostunut. Ulkotilojen kivirakenteiden laatuun, kestävyteen ja kustannuksiin voidaan vaikuttaa monin tavoin suunnitteluvaiheessa. Kivituotteiden merkitys rakenteiden toimivuuden kannalta on tärkeä. Luonnonkivipäällysteen tai verhouksen ohella on kuitenkin tarkasteltava koko rakennetta, joka joutuu kestämään moninaisten liikennesuhteiden ohella Suomen olosuhteissa myös talven rasitukset eli maan routaantumisen sekä suolaveden rasituksen.

Ulkotilojen rakenteiden suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota erityisesti kivisten rakenneosien mitoitukseen ja rakenteiden kosteustekniseen toimintaan. Maanvaraisten rakenteiden suunnittelussa on myös selvitettävä maaperän ominaisuudet, erityisesti sen kantavuus ja routivuus. Käytännön suunnittelutoimenpiteet voidaan jakaa kivisten rakenneosien ja rakenteiden suunnitteluun. Tehtäväluetteloon sisältyvät käyttökohteesta riippuen tarvittavassa laajuudessa seuraavat toimenpiteet:

- kivityypin ja pintakäsittelyn valinta,
- kivisten rakenneosien mitoitus,
- saumojen suunnittelu,
- kosteusteknisen toiminnan suunnittelu,
- maaperän ominaisuuksien selvitys,
- kuormitusten selvitys,
- rakennetyypin valinta,
- rakenteellisen toteutustavan valinta,
- kohteen toteutuksen aikataulusuunnittelu,
- kivitöiden toteutuksen valvonta.

Kivitekniikan suunnittelun eri vaiheissa tuotetaan kohteen käytännön toteutusta varten seuraavat piirustukset ja asiakirjat:

- luettelo kivituotteista,
- kivityyppiluettelo ja pintakäsittelyt,
- kivirakenteiden mittapiirustukset, - rakennesuunnitelmat ja piirustukset, - kiinnitys- ja saumaustarvikeluettelot,
- lujuuslaskelmat tarvittaessa,
- luonnonkivituotteiden valmistuspiirustukset, kivirakenteiden asennustyöpiirustukset,
- kivirakenteiden työselitykset.

Kivirakenteiden rasitukset ja laatuvaatimukset

Rakenteiden toimintaperiaatteet

Rakennetun ympäristön esteettisiin ja toiminnallisiin ominaisuuksiin kiinnitetään nykyisin entistä enemmän huomiota. Näyttävyyden ja edustavuuden ohella ulkotilojen rakenteilta odotetaan tyyppillisesti myös varsin pitkää käyttöikää. Ulkotilojen luonnonkivisten rakenneosien tulee kestää vaurioitumatta ja häiritsevästi muuttumatta niihin kohdistuvat kuormitukset sekä fyysiset ja kemialliset rasitukset. Rakenteiden on lisäksi täytettävä muut niiden käyttöön liittyvät vaatimukset.

Ulkotilojen luonnonkivipäällyste on periaatteessa kantava kuormituksia siirtävä rakennekerros. Kivinen päällyste siirtää liikenteen kuormitukset alusrakenteille. Katukivipäällyste muodostuu pienistä kappaleista. Saumojen määrä rakenteessa on suuri. Kuormituksen alaisena saumattu kivipäällyste toimii kuten taipuisa päällyste. Yksittäiset kivet toimivat puristettuina ja siirtävät kuormat pohjamaalle. Rakenteen mitoittavat tekijät ovat pohjamaan ja sitomattomien rakennekerrosten pystysuorat puristusjännitykset.

Tasojen ja muiden maastorakenteiden kivilaattapäällysteessä kivilaatta toimii kuormitusten alaisena taivutettuna ja sen mitoituksen määräävät laatan alapintaan syntyvät taivutusvetojännitykset sekä segmentillä sidottuun kiinnityskerrokseen syntyvät vetojännitykset. Nykyisin rakennettavat luonnonkiviset muurirakenteet ovat yleensä itsekantavia muureja, joita kuormitetaan vain harvoin muiden rakenteiden painolla. Täyskivinen tukimuur, ja istutusaltaan reunus mitoitetaan myös maanpaineelle. Vesialtaissa otetaan huomioon myös vedenpaine. Kun vaakakuormat ovat suuria, ne kannatetaan yleensä betonirakenteella, joka verhoetaan luonnonkivimuurilla.

Kuormitukset

Luonnonkivirakenteisiin kohdistuvat kuormitukset määritetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 ja soveltuvilta osin Rakenteiden kuormitusohjeiden (RIL 144-1990) mukaisesti. Liikennekuormien määrittämisessä voidaan käyttää myös ohjetta Kadunrakennuksen yleiset ohjeet 1976 (KTO-76).

Rasitusten laatu ja merkitys kivirakenteen toiminnan kannalta vaihtelevat olosuhteista riippuen. Eniten rasitettuja ovat rakenteiden nurkat ja kulkuväylien päällysteet. Liikennekuormat ovat suurimmat taso- ja reunakiveyksissä, joihin kohdistuu ajoneuvo-kuormia.

Kivirakenteiden pysyviä kuormia ovat rakenneosien paino ja maanpaine tukimuureissa. Ulkotilojen kivirakenteisiin kohdistuvista luonnonkuormista merkittäviä ovat vedenpaineen ja liikkuvan veden aiheuttamat aaltokuormat ja jääkuormat rantarakenteissa. Muut kuormitukset ovat lähinnä henkilö- ja liikennekuormia ja erilaisia rakenteiden siirtymisestä ja muodonmuutoksista aiheutuvia muuttuvia kuormia. Poikkeustapauksissa tulevat kyseeseen myös liikenteen törmäyskuormat.

Kivipäällysteiden mitoituksessa määrääviä ovat erilaiset liikennekuormat. Portaissa kuormitukset ovat lähinnä henkilöliikenteestä aiheutuvia hyötykuormia. Kantavat muurirakenteet, tukimuurit sekä istutus- ja vesialtaiden reunamuurit mitoitetaan tapauskohtaisesti rakenteeseen kohdistuvien pysty- ja vaakakuormien perusteella. Tukimuureissa mitoittava kuorma on maanpaine.

Kadun luokka	Suurin sallittu akseli-paino, kN	Liikennemäärä		Kuormitus kertaluku
		ajon. /vrk	rask. ajon. /vrk	
1. Erittäin raskaasti liikennöity moottori- tai pääliikennekatu	140	>30 000	>3 000	>1,0x10 ⁷
2. Raskaasti liikennöity moottori- tai pääliikennekatu	140	>10 000	>1 000	>4,0x10 ⁶
3. Pääliikenne-, kokooja- tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu	100	> 2 500	> 250	>1,5x10 ⁶
4. Asuntokatu tai pientaloalueen kokoojakatu	100	> 500	> 50	>1,5x10 ⁵
5. Pientaloalueen asuntokatu, jolla on huoltoliikennettä	100	> 10	> 2	>1,0x10 ⁴
6. Raitti, puistotie, jalkakäytävä tai pyörätie	20	–	–	–

Taulukko 5-1. Katujen ryhmitys liikennekuormien mukaan.

Liikennekuormat aiheuttavat päällysrakenteeseen vaihtelevia puristus-, veto- ja leikkausjännityksiä. Kiivilaatat kiinnitetään alustaan tasaisesti, joten kivi-päällysteeseen syntyvien taivutusrasitusten suuruus riippuu alusrakenteen jäykkyydestä ja taipumista. Ajoneuvojen jarruttaessa ja kiihdyttäessä syntyy päällysteeseen tason suuntaisia rasituksia. Näitä rasituksia esiintyy bussikaistoilla, -pysäkeillä ja katujen risteysalueilla. Ajoneuvoliikenteen tärinästä aiheutuu päällysrakenteisiin dynaamisia kuormituksia. Liikennealueilla kuormituksen suuruus voidaan määrittellä kevyiden ja raskaiden ajoneuvojen arvioiden määrän mukaan. Taulukossa 5-1 on esitetty Suomen Kunnallisteknillisen yhdistyksen julkaisemat kadunrakennuksen teknisten ohjeiden mukaiset ohjeelliset liikennekuormat erityyppisillä katualueilla.

Reunakiviin kohdistuvat liikenteen ja katujen kunnossapitokoneiden aiheuttamat voimakkaat säsäyskuormat ja kulutus. Erityinen rasitus kivipäällysteille ja reunakiville syntyy lumen aurauksesta ja muusta raskaasta huoltoliikenteestä. Merkittävä kulutusrasitus aiheutuu ajoneuvojen nastarenkaista vilkkaasti liikennöidyillä ajoteilla (katuluokat 1-3).

Muut rasitukset

Ulkotilojen kivirakenteisiin kohdistuvien muiden rasitusten laatu, määrä ja merkitys selvitetään tapauksittain. Normaaliolosuhteissa muita ulkotilojen kivirakenteisiin kohdistuvia rasituksia ovat lähinnä ilmastorasitukset, jotka voivat olla luonnollisia tai inhimillisestä toiminnasta johtuvia. Ilmastoperäisiä ja käytöstä johtuvia ulkoisia rasitustekijöitä ovat:

- sade,
- lämpötilanvaihtelut,
- pakkanen,
- liikenteen pakokaasujen rikki- ja typpiyhdisteet, ajoneuvoista tippuvat öljyt, polttoaineet ja muut likaavat aineet
- liikennesuolat ja kiinnityskerroksesta peräisin olevat liukoiset suolat,
- muu lika,
- auringon UV-säteily.

Päällysrakenteiden mitoituksessa otetaan huomioon alusrakenteen ominaisuudet, joista merkittävimmät ovat kantavuus ja routivuus. Kivipäällysteiden kallistukset suunnitellaan siten, että sade- ja sulamisvedet johtuvat pois päin rakenteista.

Kivituotteiden ja kiinnitystarvikkeiden laatuvaatimukset

Luonnonkiviä, luonnonkivitöitä ja julkisivuverhousta koskevat yleiset laatuvaatimukset esitetään RYL 90 luvussa 40. Ulkotilojen

Maaperä tai maalaji	
kallio louhoskivet sora ja murske karka hiekka	routimaton routimaton routimaton routimaton
erittäin hieno hiekka hiekk- ja soramoreenit savi	lievästi routiva lievästi routiva lievästi routiva
siltti hienorakeinen silttimoreeni turve, pehmeä savi, lieju	erittäin routiva erittäin routiva erittäin routiva

Taulukko 5-2. Maalajien routivuusluokitus.

kivirakenteita koskevia tuote- ja rakenneosakohtaisia vaatimuksia ja ohjeita on annettu lisäksi seuraavissa lähteissä:

- SFS 4157, Nupukivet,
- SFS 4158, Noppakivet,
- SFS 4159. Reunakivet,
- RT 824.21, Luonnonkivimuurit ja -verhoukset,
- RT 89-10063, Päälystykset ja portaat maastossa.
- Betoni- ja luonnonkivituotteet päällysterakenteena SKTY 14

RYL 90:ssa määritetään hyvän rakennustavan mukainen kivilaatojen, kivitoimituksen ja varastoinnin, kiinnitystarvikkeiden ja alustan laadun laatutaso. Lisäksi esitetään yleiset vaatimukset mm. luonnonkivitoiteiden suoritukselle sekä luonnonkivilaatoista tehtyjen rakenteiden rakennusosakohtaiset laatuvaatimukset. Ulkotilojen luonnonkivituotteiden yleiset laatuvaatimukset ovat samat kuin muissa käyttökohteissa (ks. esim. 3.2). Ulkotiloissa käytettävien kiinnitys- ja saumausmassojen ja -tarvikkeiden tulee olla pakkasenkestäviä.



Kuva 5-2. Liuskekivilaattojen ja graniittisten noppakivien käyttöä tasopäällysteessä ja istutusten rajauksessa. Aker Brygge, Oslo.

Maaperän routivuuden huomiointi

Luonnonkivinen päällys-, porras- tai muurirakenne ei estä alapuolisten rakennekerrosten ja pohjamaan routaantumista. Erityisesti maaperän routivuuteen on kiinnitettävä huomiota maastorakenteissa kuten portaissa ja muureissa sekä muissa rakennuksista erillään olevista rakenteista. Suunnittelun yleisperiaate on, että kivipäällysteissä, reunakiveyksissä, portaissa sekä aidoissa ja muureissa tehdään maaperän kantavat rakennekerrokset routimattomista maalajeista. Karkeissa ja lämpöä hyvin johtavissa aineksissa routa toisaalta tunkeutuu rakennekerrosten kautta jopa syvemmälle kuin ympäröivillä alueilla. Maaperän routaantumista korostaa vielä lumen aeraus ja poistaminen kivisten rakenneosien päältä.

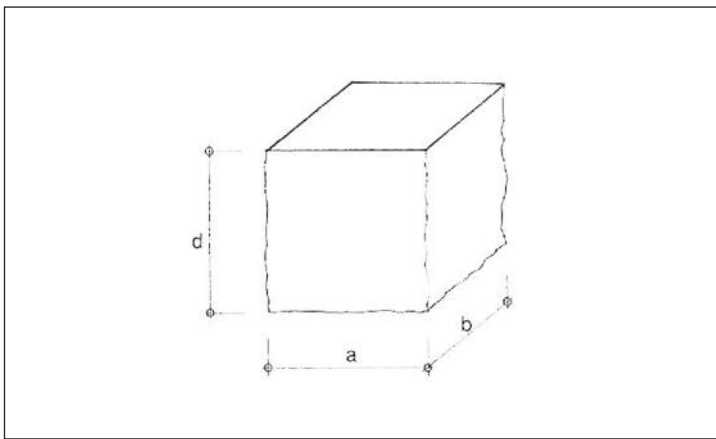
Talvella routaantunut alue kantaa hyvin, mutta keväällä roudan sulaessa voi mahdolliset routavauriot havaita selvästi. Vaurioita voivat olla maan jäätymisestä aiheutuvat routanousut tai maaperän kantavuuden heikentyminen jään sulaessa vedeksi. Routanousut ovat yleensä sitä suurempia, mitä suurempi roudan tunkeutumissyvyys on routivassa alusrakenteessa. Maastorakenteiden suunnittelussa voi käyttää hyväksi routivien maalajien jakoa routivuuden perusteella. Taulukossa 5-2 on esitetty yhteenveto tavallisimpien maalajien routivuudesta. Routanousujen suuruutta voi arvioida laskennallisilla menetelmillä, jotka perustuvat mitoittaviin pakkasmääriin, maaperän maalajien ominaisuuksiin ja muihin routasuojauksiin. Routavaurioita voidaan torjua:

- korvaamalla routiva maa-aines routimattomalla riittävän suurella alueella,
- kasvattamalla routimattomien rakennekerrosten paksuutta alus- tai päällysrakenteessa,
- -äyttämällä lämpöeristyksiä, jotka toimivat pakkasvastuksina, estävät tehokkaasti roudan tunkeutumista ja vähentävät kaivussyvyyden tarvetta.

Häiritsevän suuret tai epätasaiset ja kivirakenteen toimivuutta heikentävät routanousut korjataan purkamalla ja oikaisemalla pintarakenne. Tarvittaessa lisätään samalla soveltuvilla menetelmillä rakenteen kestävyttä routaa vastaan.

5.2 Kivityypin ja pintakäsittelyn valinta

Ulkotilojen rakenteissa kivimateriaalin laatuvaatimukset ovat kiven käytön lisääntyessä täsmentyneet. Ympäristörakenteilta odotetaan tyypillisesti erittäin pitkää käyttöikää. Luonnonkiven käytön aikaiset olosuhteet ovat toisaalta muuttuneet entistä



Kuva 5-3. Noppakivi, kuvan merkintöjen mukaisesti $a = b = d$.

ankarammiksi. Luonnonkivityypin yleiset valintaperusteet sekä kivien ominaisuudet ja soveltuvuus käsitellään kohdassa 2.3. Kivien pintakäsittelyvaihtoehdot esitetään kohdassa 2.4.3.

Kiven ulkonäön vaihteluun ja elävyyteen suhtaudutaan ulkotilojen kivirakenteissa yleensä hyväksyvämmiin, kuin talonrakennuksen käyttökohteissa. Ulkotilojen kivirakenteissa on perinteisesti käytetty paikallisia kivilaatuja ja toisaalta hyvin lohkeavia tasarakeisia kivilaatuja kuten Kurun harmaata graniittia, Myrskylän punaista graniittia ja Vehmaan punaista graniittia, sekä vähäisessä määrin mustia kivityyppejä. Viime vuosina yleistynyt koneellinen lohkontatekniikka mahdollistaa teknisesti huomattavasti laajemman kivivalikoiman ja rationaalisemman tuotannon pienikokoisten ympäristökivituotteiden valmistuksessa.

Nimitys	sivumitta (mm)	pintakäsittely	reunojen työstötapa	toleranssi (mm)	paino (kg/m ³)
pikkunoppa/ mosaiikkinoppa	50	lohkottu	lohkottu	± 15	110
		polttu	sahattu	± 3	
		hakattu	sahattu	± 3	
		sahattu	sahattu	± 3	
pieni noppa	70	lohkottu	lohkottu	± 15	150
		polttu	sahattu	± 3	
		hakattu	sahattu	± 3	
		sahattu	sahattu	± 3	
vakionoppa	90	lohkottu	lohkottu	±15	190
		polttu	sahattu	± 3	
		hakattu	sahattu	± 3	
		sahattu	sahattu	± 3	
isonoppa 140		lohkottu	lohkottu	±15	310
		polttu	sahattu	± 3	
		hakattu	sahattu	± 3	
		sahattu	sahattu	± 3	

Taulukko 5-3. Esimerkkejä noppakivituotteista.

Sahattuja kivituotteita voidaan periaatteessa valmistaa kaikista rakennuskivilaaduista. Graniitin ohella ympäristörakentamisessa on käytetty lähinnä liuskekiviä.

Kivien pintakäsittelyt ovat ympäristörakentamisessa yleensä karkeita, mikä tasoittaa kiven väri vaihtelua. Tyypillisesti kivituotteet ovat olleet lohkopintaisia tai karkeahakattuja. Kiventyöstötekniikan menetelmien kehittyessä ovat uusina pintakäsittelyinä yleistyneet ristipäähakattu ja polttu kivipinta. Lohkopintaisten graniittien ja muiden kovien kivityyppien lohkonassa on siirrytty käsityöstä koneelliseen lohkontaan. Karkeahakattua kivipintaa käytetään nykyisin lähinnä reunakivituotteissa.

Kiven fysikaalisten ominaisuuksien merkitys ei yleensä ole erityisen tärkeä ulkotilojen kivirakenteissa. Poikkeuksena ovat taivutuksen alaiset kivilaatat, joiden mitoitus perustuu kiven taivutusvetolujuuteen. Kivipäällysteissä ja liikennekuormien kohteena olevissa rakenteissa korostuu luonnonkiven tiiviiden, eheyden ja halkeilemattomuuden merkitys. Ulkotilojen kivirakenteissa käytettävältä luonnonkiveltä edellytetään hyvää säänkestävyyttä. Kivirakenteisiin kohdistuvat usein varsin ankarat rasitukset, joita lisää osaltaan katujen talvisuolaus.

Myös ympäristörakentamisessa on hyödyllistä varmistaa halutun kivityypin saatavuus ja toimitusaika hyvissä ajoin. Riittävän väljä aikataulu mahdollistaa kohteen kannalta optimaalisten ratkaisujen etsimisen, mikä merkitsee samalla hallittua kustannussuunnittelua.

Graniitit ja muut syväkivet soveltuvat lujuutensa ja säänkestävyytensä ansiosta erinomaisesti ulkotilojen kivirakenteisiin. Kivien väri- ja tyyppivalikoimaa on viime vuosina täydennetty.

Kalkkikiviä, marmoreita ja muita karbonaattikiviä käytettiin ennen yleisesti ulkotilojen kivirakenteissa. Ne olivat suosittuja helpon työstettävyytensä, hyvän saatavuutensa ja vaalean ulkonäkönsä ansiosta. Nykyisin karbonaattisten kivityyppien käyttö on niiden puutteellisen säänkestävyyden vuoksi vähäistä.

Vuolukivi soveltuu hyvän säänkestävyytensä ansiosta useimpiin ulkotilojen kivirakenteisiin. Kiveä ei kuitenkaan suositella sen pehmeiden vuoksi ajoratapäällistykseen, joissa liikennekuormat ovat suuret.

Liuskeiden ja kvartsiittien perinteisiä käyttökohteita ovat puutarhojen, pihojen, kulkuväylien ja portaiden päällystys. Liuskeista valmistetaan myös muurirakenteita. Kivilaattoja käytetään yleensä vapaamuotoisina ja niiden pintakäsittely on luonnon lohkopinta.

5.3 Tasokiveykset

Kivituotteet

Yleistä

Luonnonkivipäällysteitä on perinteisesti käytetty Suomessa lähinnä pääkatujen ja torien päällysteenä suurkaupungeissa. Luonnonkivituotteet soveltuvat hyvin myös luiskaverhouksiin, sekä jalankulkualueiden, pienimuotoisten torialueiden, puistojen, pihakatujen ja piha-alueiden päällysrakenteisiin. Luonnonkivituotteiden tuotevalikoima on nykyisin entistä monipuolisempi. Perinteisten nupun, noppakivien ohella on tarjolla mittatarkkoja ja viimeistelyjä päällyskivituotteita entistä useammista kivilaaduista. Päällyskivituotteiden tuotantomenetelmiä on kehitetty ja niiden edullisuus on samalla parantunut.

Luonnonkivipäällyste on käytännössä todettu edulliseksi ratkaisuksi monesta eri syystä:

- luonnonkivipäällyste on hyvin kulutusta ja kuormia kestävä ja deformatumaton päällyste raskaastikin liikennöidyillä alueilla kuten kaduilla, pysäköintipaikoissa ja bussipysäkeillä,
- luonnonkivi kestää hyvin öljyä ja polttoaineita,
- kivipäällysteen kunnossapitokustannukset ovat alhaiset,
- kivipäällysteen korjaus on helpohkoa ja purettu kiveys voidaan käyttää uudelleen,
- kivien väriä ja kuviointia vaihtelemalla voidaan päällysrakennetta kuvioda monin tavoin.

Luonnonkivisten tasokiveystarvikkeiden tuoteryhmät ovat:

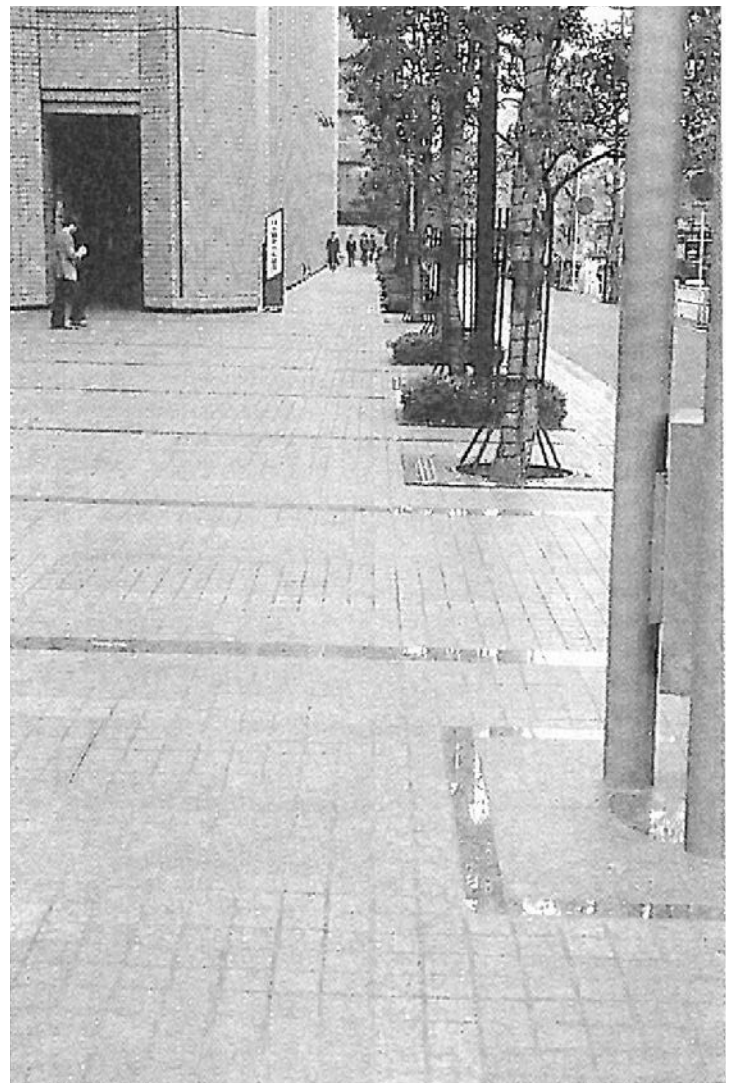
- noppakivet,
- nupukivet eli katukivet,
- katulaatat ja
- kenttäkivet.

Noppakivet

Noppakivi on tasasivuinen, kuution muotoinen kivituote, jonka kaikki sivut ovat periaatteessa yhtä pitkät. Käytännössä mitat ja toleranssit määritetään näkyvälle pinnalle. Alapinta tehdään tavallisesti pienemmäksi kuin yläpinta. Alapinnan pinta-alan on kuitenkin oltava vähintään 3/4 yläpinnan alasta. Noppakivessä tulee olla vähintään kaksi yhdensuuntaista pintaa, jotka ovat nopan ylä- ja alapinnat. Nopan sivupintojen tulee olla likimain kohtisuorat ja niin tasaiset, että kivet voidaan tiiviisti ja lujasti asettaa toistensa viereen.

Noppakivistandardi SFS 4158 on vahvistettu vuonna 1978. Siinä määritetään vakiomuotoisen noppakiven mitat, mittatarkkuus, materiaalivaatimukset ja pintojen käsittelytapa. Standardin mukaisen noppakiven sivumitta on 100 mm ja mittatarkkuus ± 15 mm. Noppakiven materiaalin tulee olla hyvänlaatuista, kulutusta kestävää graniittia tai muuta samanveroista kiveä, jossa ei ole rikkumia ja halkeamia. Kvartsijuovaisuutta tai pintalustoa ei saa esiintyä kiven yläpinnassa. Kivien tulee olla jokseenkin samanvärisiä. Noppakivi valmistetaan standardin mukaan lohkomalla, joten pinnat ovat muuten käsittelemättömiä (kuva 5-3).

Noppakiviä valmistetaan nykyisin standardin mukaisen vakioon ohella useita muitakin kokoja. Noppien pintakäsittelytavassa ja tuotteiden mittatarkkuudessa on useita vaihtoehtoja. Taulukossa 5-3 on esitetty nykyisin käytettyjä noppakivituotteita. Noppien sivumitat vaihtelevat välillä 50- 140 mm. Pintakäsittelyvaihtoehtoina tulevat lohkotun pinnan ohella kyseeseen myös rakennuskivien pintakäsittelyt: poltettu, ristipähäkattu,



Kuva 5-4. Sahatuista noppakivistä tehty kivipäällyste suurkaupungissa. Pintaa on kuvioitu vaihtelemalla kivityyppiä ja pintakäsittelyä. Kohteen erikoisuutena ovat kiillotetuilla noppakivillä tehdyt raidat ja rajaukset.

hiottu ja sahattu. Nopat valmistetaan joko lohkomalla tai sahaamalla. Sahattujen noppien toleranssi on huomattavasti parempi kuin lohkottujen. Pintakäsittelyt nopat voidaan valmistaa myös lohkoreunaisina. Isoja noppia tehdään myös matalampina, esimerkiksi 80 mm korkeina, jotta kivien yhdistäminen esimerkiksi betonikivipäällysteeseen on helppoa.

Uudet eri tavoin pintakäsittelyt ja mittatarkat noppakivet lisäävät noppien käyttömahdollisuuksia. Haluttaessa noppakiveyksestä voidaan tehdä yhtä tasainen kuin kivilaattapinnasta ja saumaleveyttä voidaan pienentää. Noppakivien värivalikoima on nykyisin entistä monipuolisempi. Lohkottujen noppien raaka-aineena suositetaan hyvin lohkeavia tasarakeisia kivilaatuja. Mittatarkkoja noppia voidaan periaatteessa valmistaa kaikista rakennuskivityypeistä.

Nupukivet (l. katukivet)

Nupukivi on suorakulmainen kivituote. Sen mitat ja toleranssit määritetään näkyvälle pinnalle. Yläpinnan on oltava suorakulmainen ja kiven kulmien on oltava ehjät. Lohkotun nupukiven yläpinta käsitellään ryöstämällä niin, että nystyröiden korkeus siinä on enintään 5 mm ja lovien syvyys enintään 10 mm. Alapinta tehdään tavallisesti pienemmäksi kuin yläpinta. Alapinnan leveys saa olla korkeintaan 30 mm ja pituus vastaavasti 40 mm pienempi kuin yläpinnan vastaava mitta. Nupukivessä tulee olla vähintään kaksi yhdensuuntaista pintaa, jotka ovat sen ylä- ja alapinnat. Nupukiven sivupintojen tulee olla likimain kohtisuorat ja niin tasaiset ja suorat, että kivien välinen sauma on enintään 10 mm levyinen.

Nupukivistandardi SFS 4157 on vahvistettu vuonna 1978. Siinä määritetään vakimuotoisten nupukivien mitat, mittatarkkuus, materiaalivaatimukset ja pintojen käsittelytapa. Nupukiven mitat ovat kuvan 5-6 merkintöjen mukaisesti seuraavat:



Kuva 5-5. Esimerkki noppakivien käytöstä laatoitetun tasopinnan ja rakennuksen liittymäkohdassa.

$a = 140 \pm 10 \text{ mm}$
 $b = 250 \pm 50 \text{ mm}$
 $d = 140 \pm 10 \text{ mm}$ (tyyppi M)
 $170 \pm 10 \text{ mm}$ (tyyppi K)

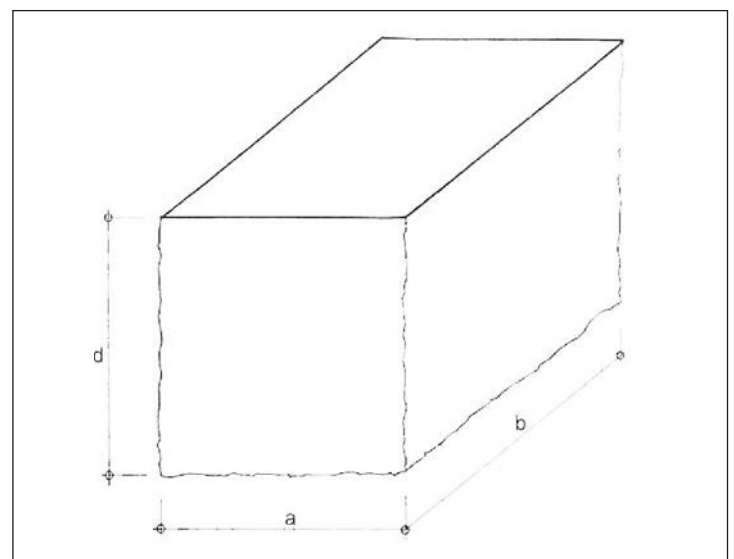
Standardin mukaan nupukivien materiaalin tulee olla hyvää kulumusta kestävää graniittia tai muuta samanveroista kiveä, jossa ei ole rikkoumia ja halkeamia. Kvartsijuovaisuutta tai pinalustoa ei saa esiintyä kiven yläpinnassa. Kivien tulee olla jokseenkin samanvärisiä. Standardin mukainen nupukivi valmistetaan lohkomalla.

Standardin mukaisen vakiokoon ohella tuotetaan nykyisin matalia nupukiviä ja eripituisia nupukiviä.

Sahattujen kivien mitat vaihtelevat tapauksittain. Pintakäsittelytavassa ja tuotteiden mittatarkkuudessa on useita vaihtoehtoja. Matala nupukivi, jonka korkeus on 80 mm soveltuu hyvin käytettäväksi yhdessä esimerkiksi betonikivien kanssa.

Lohkotun ja karkeahakkaamalla viimeistellyn pinnan lisäksi nupukivipinta voi olla poltettu, ristipäähakattu, hiottu ja sahattu. Nupukivet valmistetaan joko lohkomalla tai sahaamalla. Sahatun nupukiven mittatarkkuus on huomattavasti parempi kuin lohkotun. Käytännössä sahattujen kivien toleranssi on tavallisesti ± 3 mm. Pintakäsittelyt nupukivet voidaan valmistaa myös lohkoreunaisina.

Eri tavoin pintakäsittelyt ja mittatarkat nupukivet lisäävät nupukiveyksen käyttömahdollisuuksia. Haluttaessa nupukivipinnasta voidaan tehdä entistä tasaisempi ja sen saumaleveyttä voidaan pienentää. Nupukivien värivalikoima on nykyisin entistä monipuolisempi. Lohkottujen kivien raaka-aineena suositetaan hyvin



Kuva 5-6. Nupukivi eli katukivi.



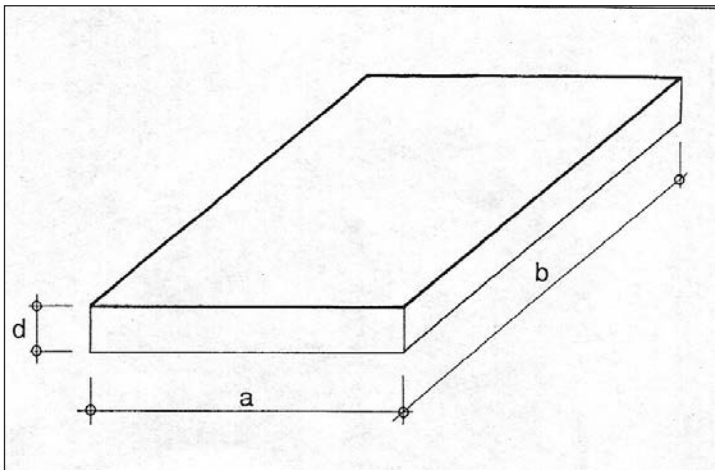
Kuva 5-7. Katukivien käyttöä ajoratamerkinnoisissä.

lohkeavia tasarakeisia kivilaatuja. Mittatarkkoja, sahattuja kiviä voidaan periaatteessa valmistaa kaikista rakennuskivityypeistä.

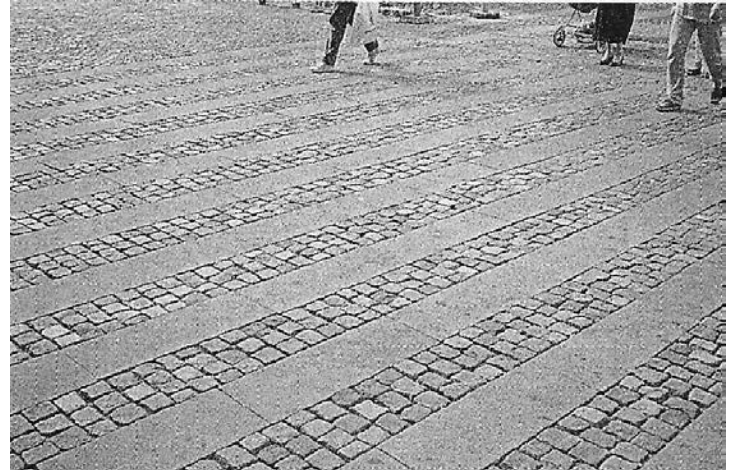
Katulaatat

Katulaatat ovat tasopäällysteissä käytettäviä luonnonkivilaattoja. Ne valmistetaan tavallisesti samoilla menetelmillä kuin rakennuskivilaatat. Yleensä katulaattojen kaikki sivut ovat sahattuja ja suoria. Katulaatan reunat voivat olla myös lohkotut. Katulaatan pintakäsittelyvaihtoehdot ovat samat kuin rakennuskivillä. Yleisimmin käytettyjä ovat poltettu ja ristipähakattu kivi pinta. Katulaatat ovat tavallisesti suorakaiteen muotoisia ja tapauskohtaisesti vaihtelevan kokoisia. Jos katulaattaa käytetään havainnollista-massa kulkuväylää esimerkiksi noppakivistä tehdyssä päällysteessä, siitä käytetään nimitystä kaista-laatta.

Katulaattojen vakiopaksuuksia ovat esimerkiksi 50 mm ja 80 mm. Katulaattojen sivumittojen toleranssi on sahatuilla reunoilla tavallisesti ± 3 mm ja lohkotuilla reunoilla vastaavasti ± 10 mm. Käytännössä katulaattojen mitoitus on aina tarkistettava tapauskohtaisesti ottaen huomioon kuormitukset, kiinnitystapa



Kuva 5-8. Katulaatta.



Kuva 5-9. Kaistalaatoista ja noppakivistä tehty luonnonkivipäällyste.

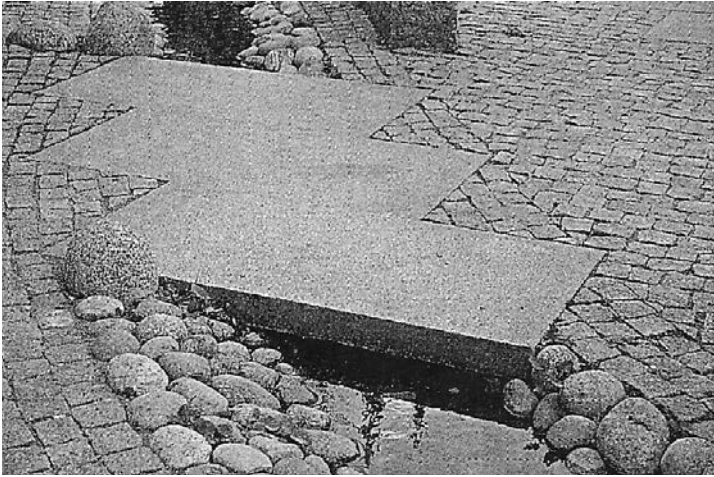
ja alustan kantavuus. Taulukossa 5-4 on esitetty katulaatan ohjeellinen mitoitus eri tapauksissa, kun kivipäällyste on kiinnitetty maakostealla betonilla hyvin tiivistetylle alustalle niin, että laatta on kauttaaltaan tasaisesti tuettu. Laskelmissa oletetaan kivipäällysteen ja alusrakenteen toimivan täysin kimmoisasti. Alustan kantavuus on suhteellisen hyvä. Laskelmissa on käytetty alustan kimmomoduulina arvoa 1500 MN/m², mikä vastaa sementillä lujitetun kitkamaan tai bitumisoran tyyppillistä lukuarvoa. Materiaalivarmuus kivilaatan murtumiselle on 1,3 ja kiven kimmomo-

Laatan koko (mm)	Kiven taivutusvetolujuus, (N/mm ²) (DIN 52112)							
	6	8	10	12	14	16	18	20
	Kivilaatan paksuus (mm)							
300x300	60	55	50	45	40	40	35	35
400x400	70	65	55	55	50	45	45	40
500x500	80	70	60	55	55	50	50	45
350x500	95	80	75	70	65	60	55	55
400x600	100	90	80	75	65	65	60	55
500x750	105	90	85	75	70	65	65	60

Taulukko 5-4. Hyvin tiivistetylle alustalle ladottujen tasolaattojen ohjeellinen vähimmäispaksuus (mm) eri tapauksissa, kun päällysteeseen kohdistuva viivakuorma on 40kN.



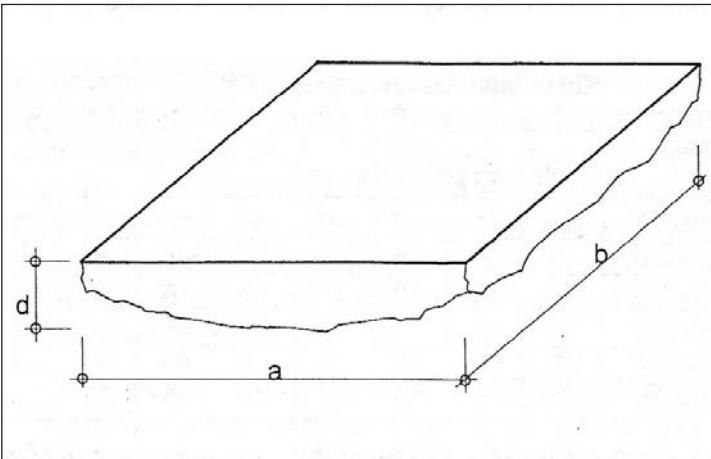
Kuva 5-10. Kaistalaatoilla voi rajata kulkuväylän esimerkiksi noppakivipäällysteeseen.



Kuva 5-11. Paksut katulaatat kulkuväylän muodostajina noppakiveyksessä. Pyörökivet reunustavat vesikourua.

duulin arvo on 55.000 MN/m². Kivipäällysteen enimmäiskuormitus on 40 kN suuruinen viivakuorma, mikä vastaa esimerkiksi pysäköintialueilla ja sisäänajorampeissa normaalisti esiintyviä ajoneuvokuormia.

Alapinnaltaan lohkontua katulaattaa kutsutaan paasilaataksi. Paasilaatta on tavallisesti lohkoreunainen, mutta sen reunat voi-



Kuva 5-12. Paasilaatta.



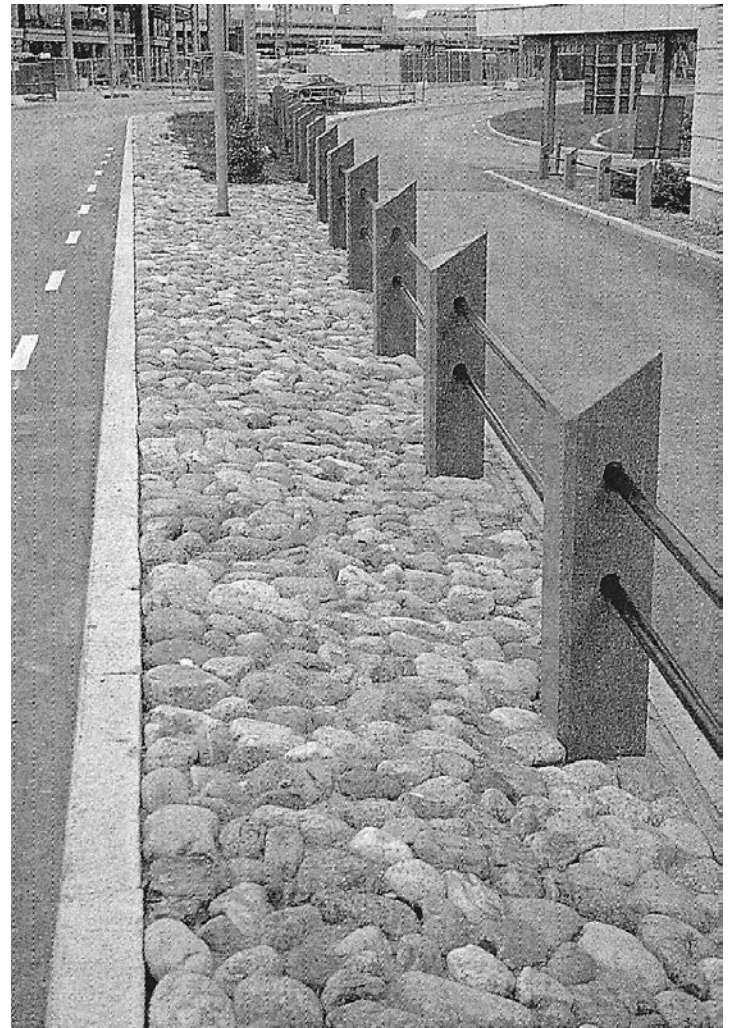
Kuva 5-13. Lohkoreunaisista paasilaatoista tehty laatoitus maastossa.

daan myös sahata. Paasilaatan yläpinta on suora ja pintakäsittely joko poltettu tai ristipähakattu. Paasilaatan paksuus vaihtelee välillä 50 -150 mm. Paasilaattoja käytetään lähinnä maastopäällysteissä, joissa saumaleveys on suuri ja kiven toleranssivaatimukset väljät (kuva 5-12 ja 5-13).

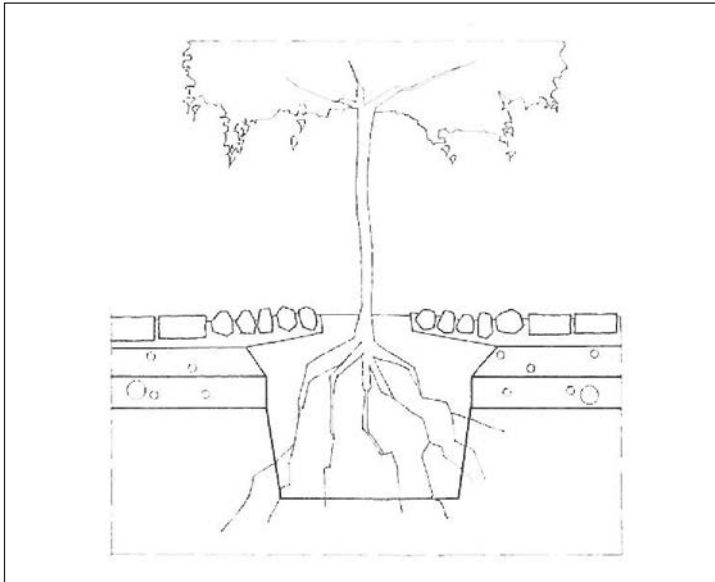
Kenttäkivet

Luonnossa hioutuneita, muodoltaan pyöreähköjä luonnonkiviä kutsutaan kenttäkiviksi. Pieniä kenttäkiviä nimitetään pyörökiviksi ja suurikokoisia pultereiksi. Muita pyörökivestä käytettyjä nimityksiä ovat vierinkivi, seulanpääkivi ja mukulakivi. Kenttäkiviä voidaan käyttää sellaisenaan kiveysten ja myös muurien rakentamisessa.

Käyttökohteissa kenttäkivet yleensä lajitellaan, mutta myös vaihtelevankokoisista kivistä tehtyjä sommitelmia voidaan käyttää. Pyöreistä kenttäkivistä tehty päällyste on liikenteen kannalta epätasainen, joten se soveltuu käytettäväksi pääasiassa luiskissa, korokkeissa ja muissa pinnoissa, joilla ei ole liikennettä. Pyörökivipäällystettä voidaan käyttää myös istutus-ten ympärillä tai



Kuva 5-15. Luonnon muotoilemista pyörökivistä tehty liikenteenjakaan kivipäällys. Aidan tolppakivet ovat sahaamalla muotoilua mustaa luonnonkiveä.



Kuva 5-14. Pyörökivipäällyste sitoo maan pintakerrokset istutusten ympärillä.

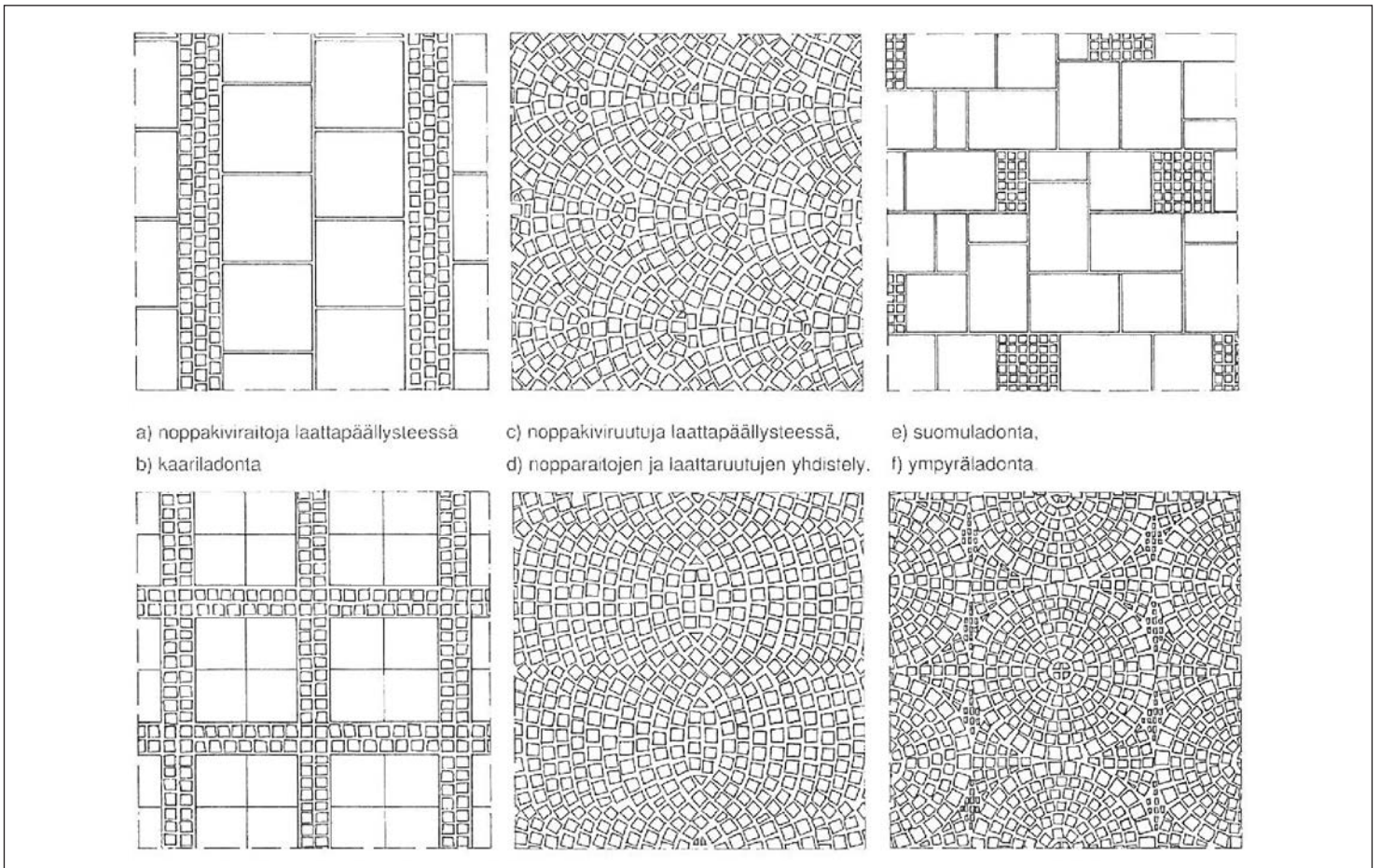
liikenteenjakaajissa pintamaata sitovana kerroksena (kuvat 5-14 ja 5-15). Kenttäkiveyksen vapaat reunat tuetaan tarvittaessa esimerkiksi laudalla. Kuvassa 5-16 on esimerkki kohteesta: jossa on käytetty erikokoisia kenttäkiviä maisemakuvallisina elementteinä ja kulkuväylän kiveyksenä.



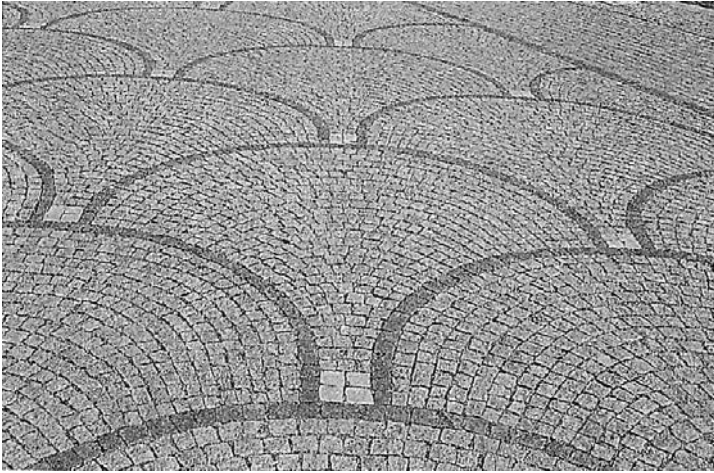
Kuva 5-16. Pyörökiviä ja suuria kivipultereita torialuetta jäsentävänä kiveyksenä. Ulappatori, Espoonlahti.

Ladontakuviot

Kivipäällysteen suunnitteluun kuuluu värisuunnittelu sekä tuotteiden ja ladontakuvioiden valinta. Luonnonkivipäällysteen kuvioinnissa on useita vaihtoehtoja. Ulkotasojen kivipinnoissa



Kuva 5-17. Luonnonkivipäällysteen kuviointimalleja.



Kuva 5-18. Noppakivistä tehty kaariladonta, jossa on käytetty kolmea erilaista kivityyppiä.

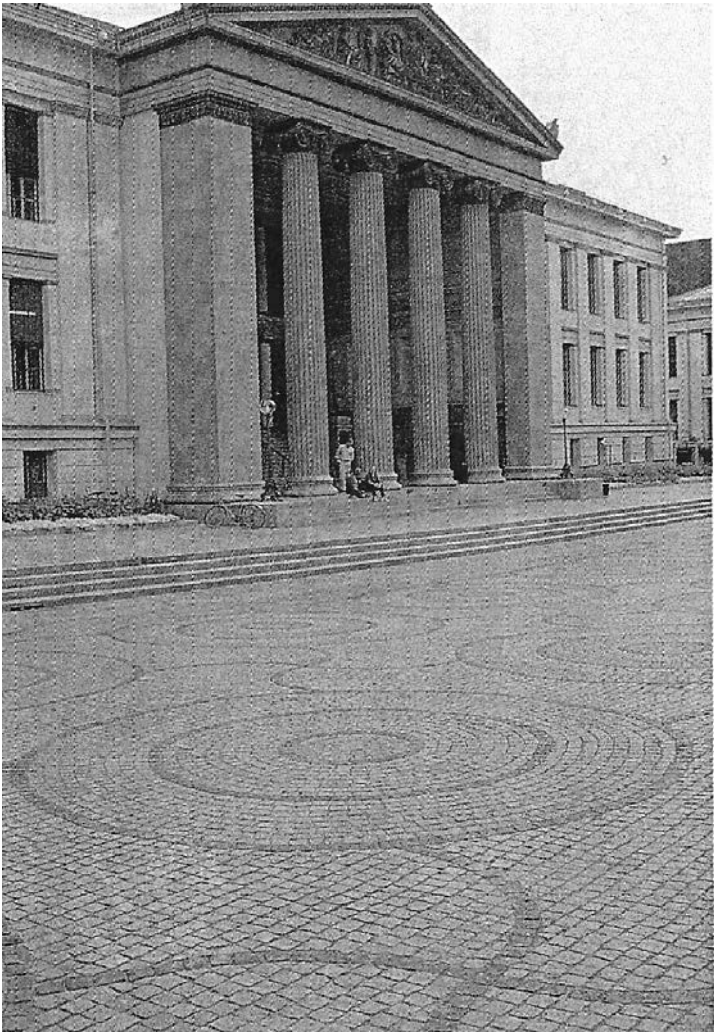


Kuva 5-20. Esimerkki luovasta kaupungin keskustasaneerauksesta, jossa luonnokivi on pääasiallinen materiaali. Gustav Adolfs torg, Göteborg.

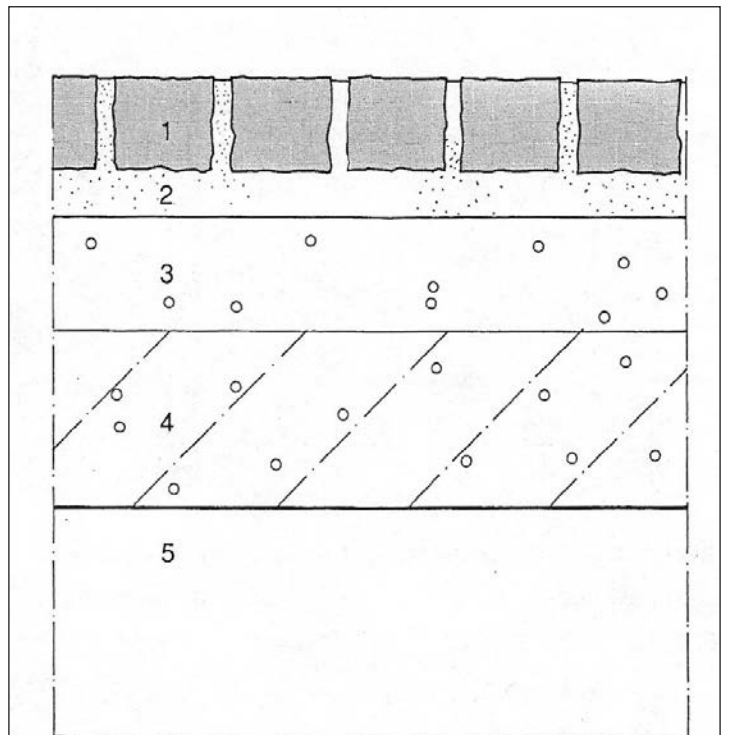
suositaan yleensä selväpiirteisiä ja suhteellisen yksinkertaisia ladontamalleja. Kivipäällystettä voidaan kuvioda esimerkiksi:

- kuvioladonnalla yhtä kivituetta käyttäen,
- saman kivituetteen eri kokoja yhdistelemällä,

- eri kivituetteita yhdistelemällä,
- erivärisiä kivilajeja yhdistelemällä,
- kiviä pintakäsittelytapoja vaihtelemalla,
- kivi- ja betonituetteita yhdistelemällä.



Kuva 5-19. Noppakivipäällysteen kuvioinnissa on rajattomasti mahdollisuuksia. Kuvassa toriaukea ja sisäänkäyntiin liittyvä graniittipylväikkö Oslost.



1. kivipäällyste, saumattu hiekalla \varnothing 0-2 mm
2. asennushiekka \varnothing 0-8 mm
3. kantava kerros, murske \varnothing 0-32 mm
4. tukikerros, sora \varnothing 0-64 mm
 - jakava kerros
 - suodatinkerros
5. pohjamaa

Kuva 5-21. Tasokiveyksen rakennekerrokset.

Kuvassa 5-17 on esitetty muutamia esimerkkejä kiveysten ladontamalleista. Kuvan malleissa käytetyt kivituoitteet ovat noppakivi ja katulaatta. Yhdistelmäkuvioissa on pinnan asentamisen kannalta suositeltavaa, että eri tuotteiden paksuudet ovat samansuuruiset. Kuvassa 5-18 on esimerkki kaariladonnasta, jossa kuvion havainnollisuutta korostetaan käyttämällä kuvioinnissa erivärisiä kivityyppejä. Kuvan 5-19 esimerkki havainnollistaa kuvioinnin monia mahdollisuuksia. Edustava ja tasaisen elävä kivipinta saadaan sekoittamalla keskenään satunnaisesti erivärisiä katukiviä, esimerkiksi punaisia, harmaita ja mustia noppakiviä. Liikenneväylien kiveyksissä on suositeltavaa limittää kivet viistosti ajolinjaan nähden. Näin voidaan pienentää saumojen ajoneuvoille aiheuttamaa tärinää ja kivipinnalla liikennöinti on mahdollisimman tasaista.

Pinnan kuvioinnilla voidaan myös korostaa alueen omaleimaisuutta sekä ohjata liikennettä ja ihmisten liikkumista. Esimerkkeinä voidaan mainita suojateiden päällystys, autojen pysäköintiä ohjaavat ruutukuviot, liikennekorokkeet, kaistamerkinnit ja -nuolet sekä erilaiset rajaukset. Yksittäisissä kohteissa kivipäällysteen taiteellista kuviointia on käytetty keskeisenä maisemakuvallisen suunnittelun tehokeinona. Kuva 5-20 esittää Göteborgissa sijaitsevaa toria, jonka nimi on 'Gustav Adolfs torg'. Kohde on esimerkki keskustasaneerauksesta, jossa luonnon-

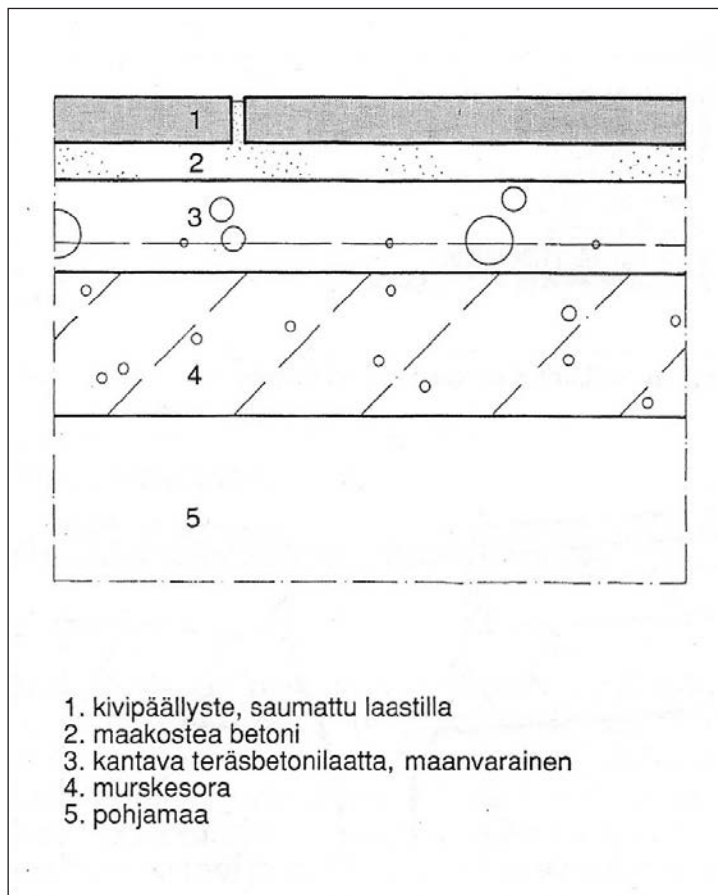
kiven merkitys on keskeinen. Toripäällysteen kuviointi, joka on tehty kivityyppiä ja pintakäsittelyä vaihtelemalla, esittää vanhan Göteborgin keskustan karttaa.

Tasokiveysten rakenteellinen suunnittelu

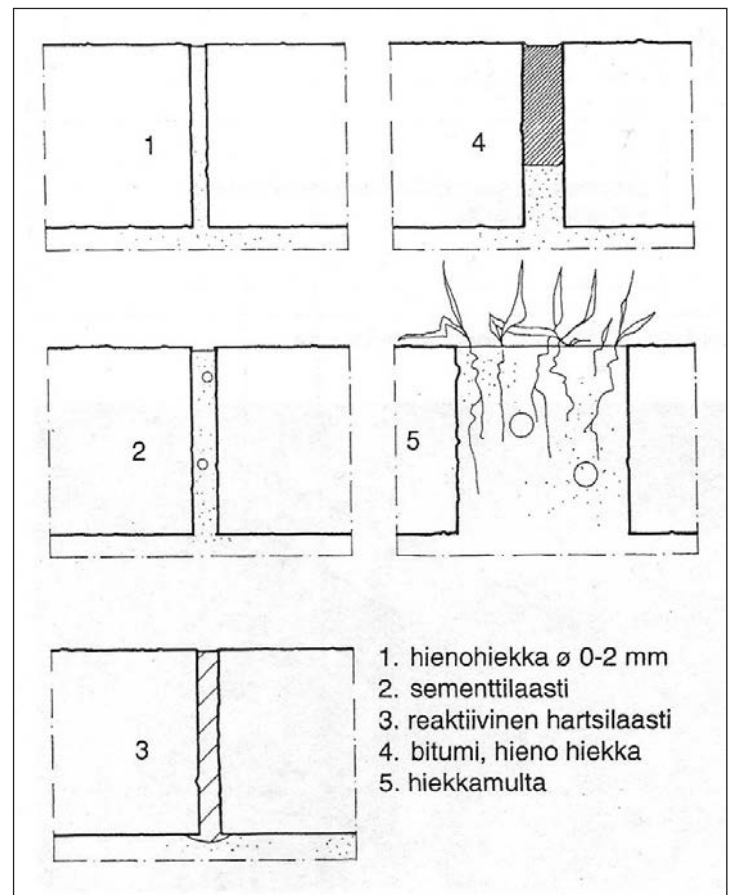
Rakennekerrokset ja asennus

Kivipäällysteen ja kiinnitys-/ tasauserroksen alapuoliset rakennekerrokset ovat ylhäältä lukien kantava kerros, tukikerros ja pohjamaa (kuva 5-21). Kantavan kerroksen tehtävä on jakaa päällysrakenteen kuormitukset yhdessä tukikerroksen kanssa pohjamaalle. Kantavan kerroksen tulee olla luja alusta päällysrakenteelle ja ottaa vastaan liikenteen aiheuttamat iskut. Kantava kerros tehdään tavallisesti murskeesta tai murskesorasta tai vähäliikenteisillä paikoilla sorasta. Kerros tehdään valmiin pinnan muotoiseksi, tasataan ja tiivistetään. Kantavan kerroksen tulee olla pinnaltaan tiivis, jotta päällysteen asennushiekka pysyy paikoillaan.

Tukikerroksen tehtävänä on jakaa kuormitukset pohjamaalle ja muodostaa oikean muotoinen alusta päällysrakenteen yläosalle. Tukikerroksen osat ovat suodatinkerros ja jakava kerros. Suoda-



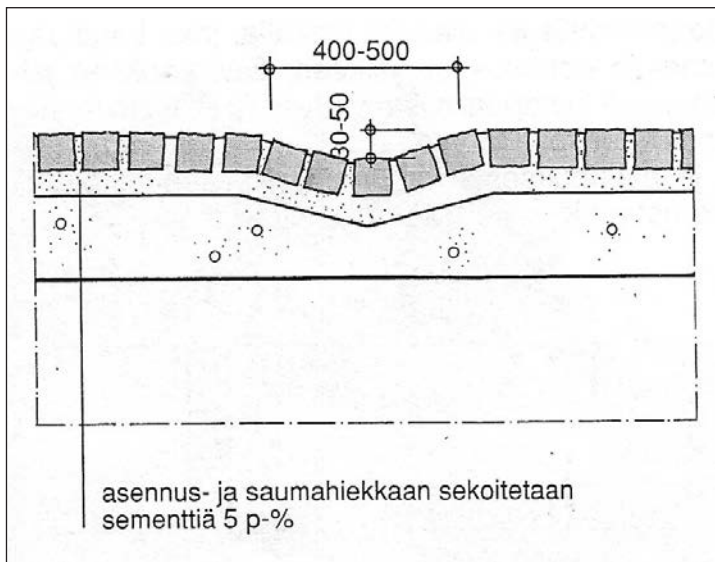
Kuva 5-22. Tasolaatoituksen rakennekerrokset.



Kuva 5-23. Kivipäällysteen vaihtoehtoiset saumatyyppit.

tinkerros estää päällekkäisten rakennekerrosten sekoittumisen liikenteen tärinän vaikutuksesta, lisää rakenteen kantavuutta. Suodatinkerros tehdään esimerkiksi routimattomasta hiekasta. Jakava kerros tehdään murskesorasta tai luonnonsorasta. Kivipäällysteen reuna-alueilla päällyste on reunan kestävyuden varmistamiseksi tuettava joko reunakivellä tai puisella reunatuella.

Kivilaattapäällyys asennetaan vähäliikenteisillä alueilla hiekkaan ja liikennöidyillä alueilla maakostean hiertobetoniin. Hiekkaan ladottaessa tiivistetyn, tasatun ja oikeassa korkeudessa olevan kantavan kerroksen päälle levitetään asennushiekkakerros, jonka rakeisuus on 0-8 mm. Tarvittaessa asennushiekkaan sekoitetaan sementtiä 5-10 paino-% juuri ennen hiekan levittämistä. Asennuskerroksen paksuuden tulee olla ennen tiivistystä noin 40 mm, jotta saavutetaan lopullinen, noin 30 mm, paksuus. Kivet asennetaan aina valmiin päällysteen päältä, jotta vältetään tasatun asennushiekkakerroksen päällä liikkuminen. Kivet asennetaan niin, että ne lepäävät tasaisesti koko alapinnaltaan tasauskerroksen varassa. Kivien väliin jätetään saumavara, jonka suuruus riippuu käytettävästä saumausaineesta.

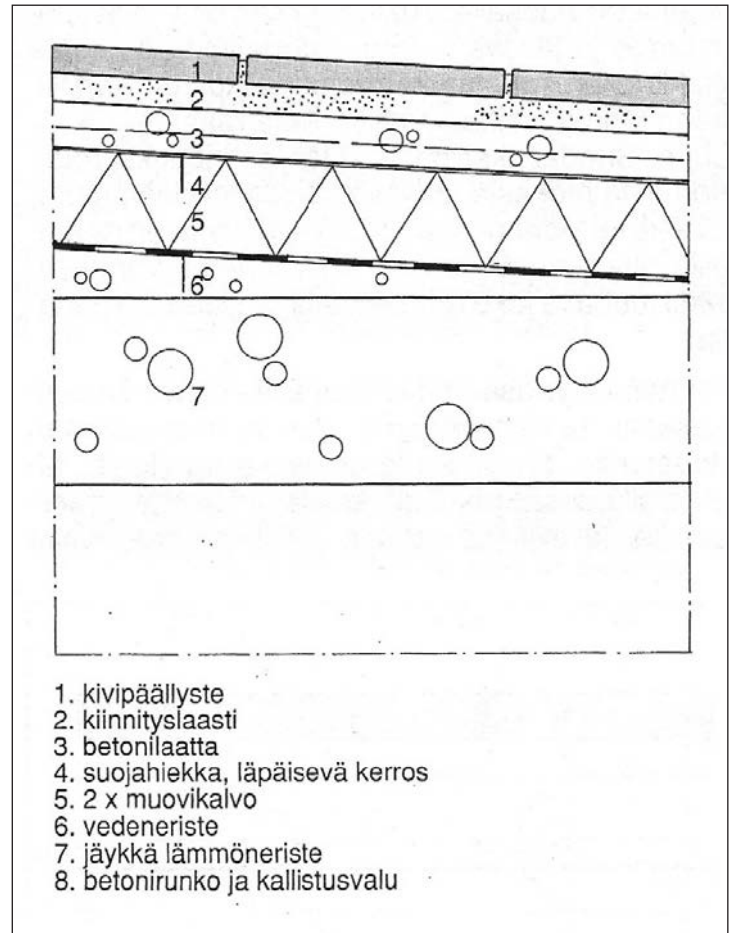


Kuva 5-25. Vesikouru noppakiveyksessä.

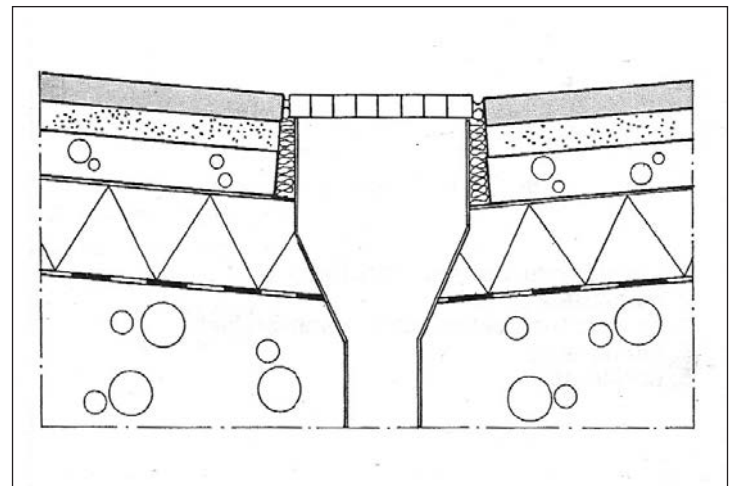


Kuva 5-24. Vesikouru noppakiveyksessä. Jalkakäytävällä kaistalaatoitus.

Maakostean kiinnitysbetonin raekoko on 0-8 mm. sementin määrä on noin 400 kg/m³ ja vesimäärä asennuksen tarpeet huomioiden mahdollisimman pieni. Ohjeellinen vaatimus on, että massa pysyy nyrkissä tiiviiksi puristettaessa koossa. Ennen kivipäällysteen asentamista, betonin päälle levitetään sementti-liimakerros. Päällyste tiivistetään oikeaan korkeuteen kuminuijalla. Päällyste saumataan 2-3 vuorokauden kuluttua kuivahkolla betonimassalla. Kuvassa 5-22 on esitetty maanvarainen kivilaat-tapintainen päällysrakenne.



Kuva 5-26. Kallistetun terrassin kivipäällysteen rakennekerrokset.



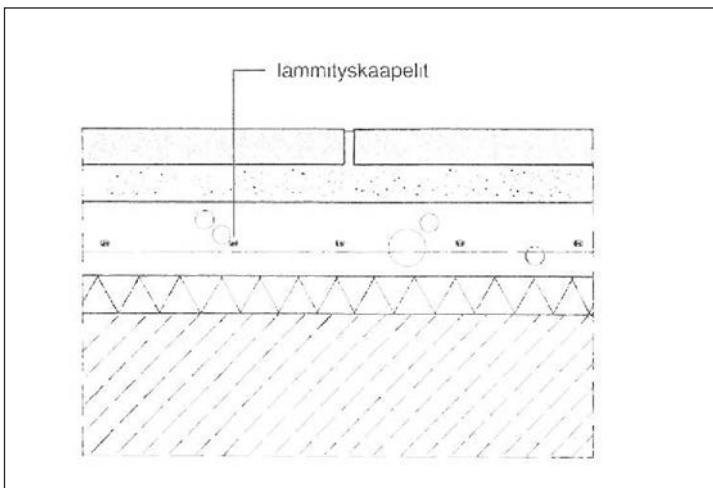
Kuva 5-27. Ulkotilojen kivipäällysteen vedet johdetaan räystäskouruun tai kaivoon.

Kivipäälysteen saumaus

Saumauksella on suuri merkitys kivipäälysteen toimintaan ja kantavuuteen. Päälysteellä liikkuva kuormitus siirtyy saumahieman tai -laastin välityksellä kivipäälysteessä kiveltä toiselle. Kivipäälyste saumataan tavallisesti hienolla hiekalla, joka harjataan saumoihin asennuksen jälkeen. Saumauksen jälkeen nupu- ja noppakivistä tehty kivipäälyste tärytetään kevyehkällä täryttimellä, jolloin saumat tiivistyvät ja asennuksessa mahdollisesti jääneet pienet korkeuserot kivien välillä tasoittuvat.

Jos päälysteeseen kohdistuva kulutus on suuri, tai betoniin asennetun päälysteen kuormitukset ovat suuret, voidaan saumaus tehdä sementtilaastilla, tai vaihtoehtoisesti erikoislaastilla, jonka sideaine on reaktiivinen liima. Sementtilaastia käytettäessä on varottava tahraamasta kiviä saumauksen yhteydessä. Sementtipohjainen saumamassa levitetään saumoihin mahdollisimman kuivana. Uudentyyppiset liimapohjaiset erikoislaastit voidaan harjata saumoihin hiekan tavoin ilman kivien likaantumisen vaaraa. Erikoislaastien käyttöä on toistaiseksi rajoittanut niiden korkea hinta. Bitumisaumaus on joustavavaihtoehto paikoilla, joissa saumahieman pysyvyys saumassa on huono. Tyypillisiä biturnisauman käyttö-kohteita ovat markkinatorien kivipäälysteet, jotka puhdistetaan säännöllisesti harjaavalla pesulla. Bitumisaumauksessa on erityisesti varottava tahrimesta kivitä notkeaa bitumia levitettäessä.

Liikenteen kannalta on edullista, että kivipäälysteen sauma tehdään mahdollisimman kapeaksi. Käytännössä sauman leveys riippuu kivien ja asennuksen mittatarkkuudesta ja saumamateriaalista. Hiekkasauman ohjeellinen leveys on 3-8 mm. Laastilla tiivistettävän sauman leveyden tulee työteknisistä syistä olla jonkin verran suurempi. Vastaavasti bitumisauma tehdään saumastyötekniikasta johtuen noin 5 mm leveämmäksi kuin laastisauma.



Kuva 5-28. Vastuskaapeleilla lämmitetyn kivilaattapäälysteen rakenne.

Puutarhoissa ja maastorakenteissa käytetään ruohosaumaa, jonka leveys vaihtelee tavallisesti välillä 20-50 mm (kuva 5-23). Päälysteen alle, asennushiekkakerroksen päälle, levitetään lan-noitusainetta. Saumat täytetään ja tiivistetään multahiekalla, noin 20 mm syvyydelle päälysteen yläpinnasta, jonka päälle kylvetään ruohosiemenseos.

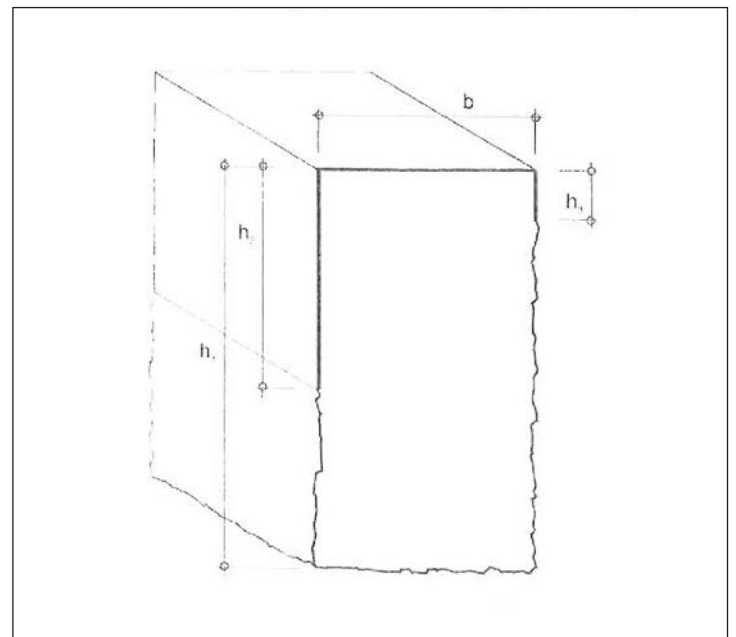
Pintavesien johtaminen

Pintavesien poisjohtamiseksi tehdään ulkotilojen kivipäälysteisiin tarpeellinen kallistus. Karkeapintailla kivillä riittävä kallistus on yleensä 1:50. Kivistä tehtyä vesikourua voidaan käyttää pintavesien ohjaukseen ja pinnan osien rajaukseen. Kivipäälysteeseen voidaan tehdä vesikouru kuvan 5-25 mukaisesti. Päälysteeseen tehdään noin 30 - 50 mm syvä ja 400 - 500 mm leveä painanne, joka kallistetaan haluttuun suuntaan. Kuvassa 5-24 on esimerkki nop-pakiveykseen tehdystä vesikourusta, joka samalla rajaa ajoradan reunalinjan. Veden imeytyminen kivipäälysteen läpi on käytännössä melko vähäistä.

Terasseilla ja kivilaattapäälysteillä riittävä kallistus veden poisjohtamiseksi on yleensä 1:50. Rakenteeseen joutuneen veden johtamista voidaan edistää hiekasta tai sorasta tehdyllä sala-ojituskerroksella. Kuvassa 5-26 on esitetty lämpimän tilan yläpuolisen terrassipäälysteen rakennekerrokset. Kuva 5-27 esittää terrasserakenteen liittymistä sisäpuoliseen sadevesikouruun. Vaihtoehtoisesti vedet voi johtaa räystäälle sadevesikouruun.

Lämmitetty kivipäälyste ulkotiloissa

Sisäänkäyntien edustalla, portaissa, jalankulkukäytävissä, ajoluis-kissa ja muissa kohteissa, joissa turvallisuus- tai toimivuussyistä on tärkeä, että päälyste ei ole liukas, voidaan estää kivipäälyste-



Kuva 5-21. Suorareunakivi.

teen lumettuminen tai jäätyminen käyttämällä rakenteessa sähkövastuslämmitystä. Lämmityksen teho valitaan rakennekuormituksen ja päällysrakenteen suojaisuuden mukaan. Ulkokäyttöön tarkoitetuissa sähkölämmitysjärjestelmissä voidaan käyttää käsiohjausta tai automaattista ohjausta, joka kytkee lämmityksen päälle tarvittaessa esimerkiksi lumisateen alettua. Kuvassa 5-28 on esitetty lämpövastuskaapeliin sijoituksen periaate.

5.4 Reunakiveykset

Reunakivityypit ja niiden käyttö

Yleistä

Reunatukia on perinteisesti käytetty tukemaan ja rajaamaan jalkakäytävien ja ajoradalla sijaitsevien korokkeiden reunoja. Luonnonkivisten reunakivien käyttökohteita ovat olleet lähinnä suurten kaupunkien kadunreunukset. Uudet, entistä kapeammat, mittatarkemmat ja edullisemmat luonnonkiviset reunakivituotteet soveltuvat hyvin käytettäväksi myös pihoidella, toreilla, kävelyteillä sekä muilla jalankulku- ja kevyen liikenteen alueilla. Luonnonkiviset reunakivituotteet ryhmitellään niiden poikkileikkauksen perusteella seuraaviin tyyppihin:

- suorareunakivi,
- faasireunakivi,
- viistereunakivi ja
- vaakareunakivi.

Suoreunakivi

Suoreunakivi on nimensä mukaisesti poikkileikkaukseltaan suorakulmainen. Kiven lohkottua, karkeasti viimeisteltyä versiota kutsutaan raakareunakiveksi, jonka mitat, mittatarkkuus, materiaalivaatimukset ja pintojen käsittelytapa määritellään vuonna 1978 vahvistetussa reunakivistandardissa SFS 4159. Nykyisin valmistettavien suorareunakivien koot on esitetty taulukossa 5-5. Käytetyt kirjaintunnukset ovat kuvan 5-29 mukaiset.

Suoreunakiveä on saatavana useista rakennuskivityypeistä. Sahaamalla valmistetun reunakivityypin pintakäsittelyt ovat pol-

Tunnus	b (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₃ (mm)	pituus (mm)
S100	100	200	120	30	900-1500
S150	150	270	150	30	900-2500
S170	170	270	150	30	900-2500

Taulukko 5-5. Suoreunakivien mitoitus.

tettu la ristipäähakattu. Sahatun kiven käsittelyn pinnan mittatarkkuus on ± 5 mm. Kiveä valmistetaan myös matalana versiona, joka kiinnitetään betonisten reunatukien tapaan liimaamalla.

Standardin SFS 4159 mukaisesta, lohkomalla valmistetusta raakareunakivestä käytetään standardis-sa kirjaintunnusta R (esimerkiksi R 10). Raakareunakiven pinnassa saa nystyröiden korkeus olla enintään 10 mm ja lovien syvyys enintään 15 mm. Jos reunakivi rajoittuu laatoitukseen tai kiveykseen valitaan takapinnan viimeistelyn korkeus h₃ tarvittavan suuruiseksi. Raakareunakiveä valmistetaan harmaasta ja punaisesta graniitista. Lohkopintaisen suorareunakiven tyypillisiä käyttökohteita ovat vähemmän vaativat kaupunkiympäristöt, joissa reunakiven vieressä ei ole pysäköintiä. Kapea versio tarjoaa vaihtoehdon betoniselle reunakivelle silloin, kun betonin kestävyys ja ulkonäkö eivät täytä asetettuja vaatimuksia. Mittatarkkoja, poltettuja tai ristipäähakattuja, tyyppejä voidaan soveltaa toreilla, pihoidella, jalankulkualueilla ja puutarhoissa.

Faasireunakivi

Faasireunakiveksi kutsutaan suorareunakiveä, jonka etureunassa on 20 x 20 mm suuruinen viiste. Faasireunakivien koot on esitetty taulukossa 5-6. Käytetyt kirjaintunnukset ovat kuvan 5-31 mukaiset.

Faasireunakiveä on saatavana useista rakennuskivityypeistä. Kiven sahaamalla valmistetun tyyppin pintakäsittelyt ovat poltetu ja ristipäähakattu. Sahatun kiven käsittelyn pinnan mittatarkkuus on tavallisesti 5 mm. Kiveä valmistetaan myös matalana versiona, joka kiinnitetään betonisten reunatukien tapaan liimaamalla.

Lohkopintainen faasireunakivi on edullisempi versio perinteisestä standardin SFS 4159 mukaisesta viistereunakivestä. Edullisuus perustuu helpommin valmistettavaan viimeistelyyn ja kiven pienempään leveyteen. Faasireunakiven kapeaa versiota voidaan käyttää betonisen reunakiven sijasta silloin, kun betonin kestävyys ja ulkonäkö eivät täytä asetettuja vaatimuksia. Mittatarkat poltetut tai ristipäähakatut tyyppit soveltuvat toreille, pihoidella, jalankulkualueille ja puutarhoihin, kun reunakiveltä vaaditaan viimeistelyä ulkonäköä.

Tunnus	b (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₃ (mm)	pituus (mm)
F100	100	200	120	30	900-1500
F150	150	270	150	30	900-2500
F170	170	270	150	30	900-2500

Taulukko 5-6. Faasireunakivien mitoitus.

Tunnus	b (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₃ (mm)	pituus (mm)
V150	150	270	150	30	900-2500
V170	170	270	150	30	900-2500
V220	220	270	150	30	900-2500

Taulukko 5-7. Viistereunakivien mitoitus

Viistereunakivi

Viistereunakivi on SFS-standardin mukainen reunakivi. Sen poikkileikkaus on kuvan 5-32 mukainen. Kiven mitat, mittatarkkuus, materiaalivaatimukset ja pintojen käsittelytapa määritellään vuonna 1978 vahvistetussa reunakivistandardissa SFS 4159. Viistereunakivien koot on esitetty taulukossa 5-7. Käytetyt kirjaintunnukset ovat kuvan 5-32 mukaiset.

Viistereunakiven pintakäsittely on karkeahakattu. Standardin mukaisesti sen pinnassa ei esiinny nystyröitä ja lovien syvyys on enintään 10 mm. Jos reunakivi rajoittuu laatoitukseen tai kiveykseen valitaan takapinnan viimeistelyn korkeus h₃ tarvittavan suuruiseksi. Viistereunakiveä valmistetaan harmaasta ja punaisesta graniitista. Viistereunakiveä on käytetty suurissa kaupungeissa ja vaativissa kaupunkiympäristöissä sellaisissa paikoissa, joissa reunakiven viereen pysäköidään ajoneuvoja.

Tunnus	b (mm)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₃ (mm)	pituus (mm)
M300	300	150	150	30	900-2500

Taulukko 5-8. Vaakareunakivien mitoitus.

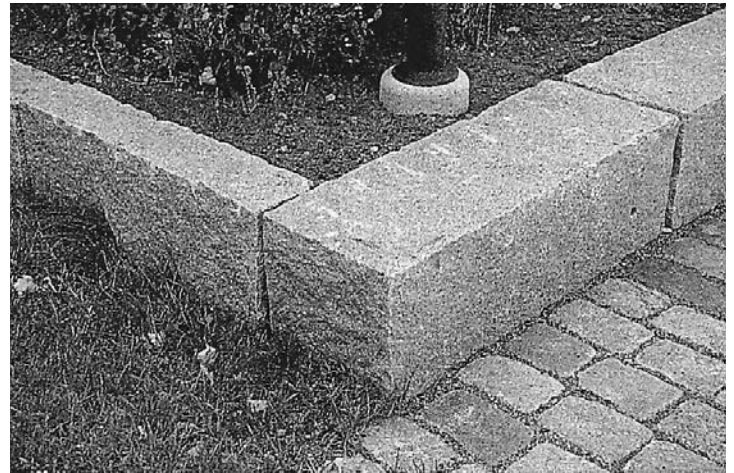
Vaakareunakivi

Vaakareunakivi on sahaamalla valmistettu matala ja leveä reunakivi, jonka näkyvät pinnat viimeistellään polttamalla tai ristipäähakkamalla. Vaakareunakiven vakiomitat on esitetty taulukossa 5-8. Käytetyt kirjaintunnukset ovat kuvan 5-33 mukaiset.

Vaakareunakiveä on saatavana useista rakennuskivityypeistä. Kiven pintakäsittelyt ovat poltettu ja ristipäähakattu ja käsitellyn pinnan mittatarkkuus on tavallisesti ± 5 mm.

Kaarevat reunakivet

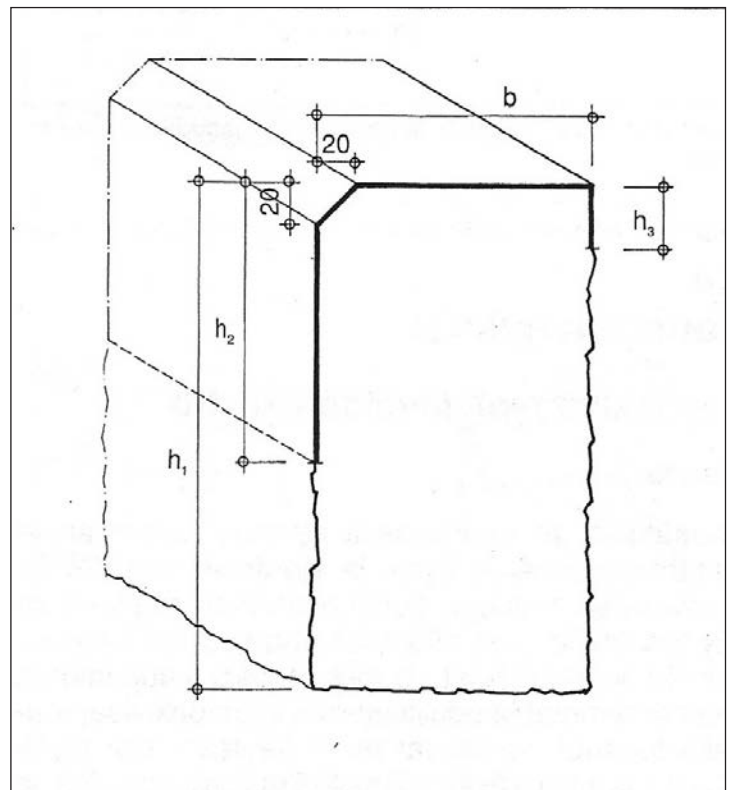
Kaikkia lohkopintaisia reunakivityyppejä valmistetaan myös kaarevina ulko- ja sisäkaarrekivinä. Reunakivistandardin SFS 4159 mukaan ulkokaarrekivien kaarevuussäde vaihtelee välillä 1,5 - 12,0 m ja kivien pituudet ovat 0,9 - 2,5 m. Vastaavasti sisäkaarrekivien kaarevuussäde on 0,5 - 12,0 m ja kivien pituudet 0,5 - 2,5 m. Suurilla kaarevuuksilla, kun kaarevuussäde on suurempi kuin 10 m, kaareva kivi voidaan korvata suoralla, lyhyemmällä kivellä.



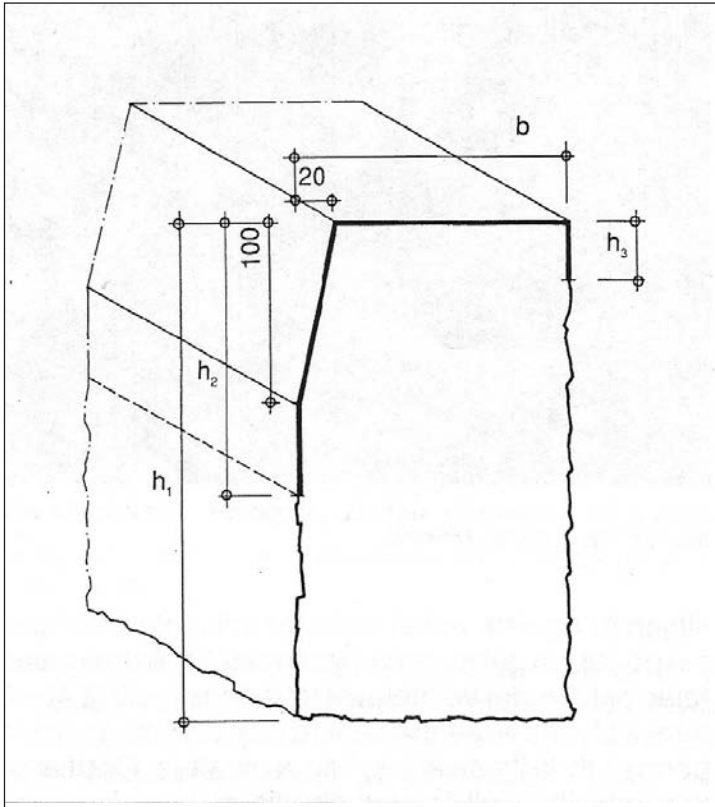
Kuva 5-30. Erikokoisia lohkottuja suorareunakiviä voi käyttää monin tavoin miljöörakentamisessa.

Reunakiven kiinnitys

Reunakivi upotetaan maahan noin 120 mm syvyydelle ja asennetaan tavallisesti maakostean betoniin ja kevyemmän liikenteen alueella joskus asennushiekkaan routimattomalle alustalle. Katu- ja tiealueilla tuki asennetaan yleensä jakavan tai kantavan kerroksen varaan. Kuvassa 5-37 on esitetty betonikiinnityksen periaate sekä reunakivien liittyminen jalkakäytävän ja ajoradan päällystyksiin. Kuvassa 5-36 on vastaavasti hiekkaan asennettavan reunakivien liitosdetalji.

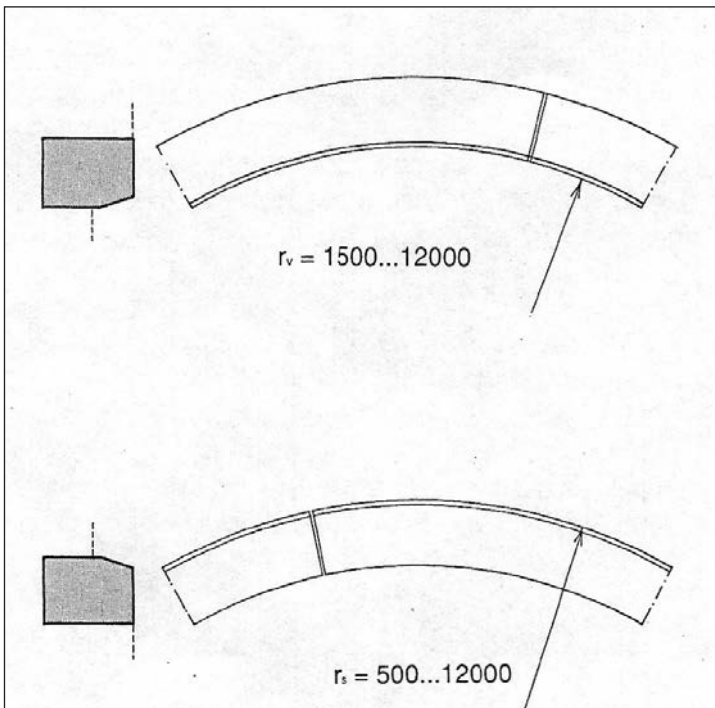


Kuva 5-31. Faasireunakivi.

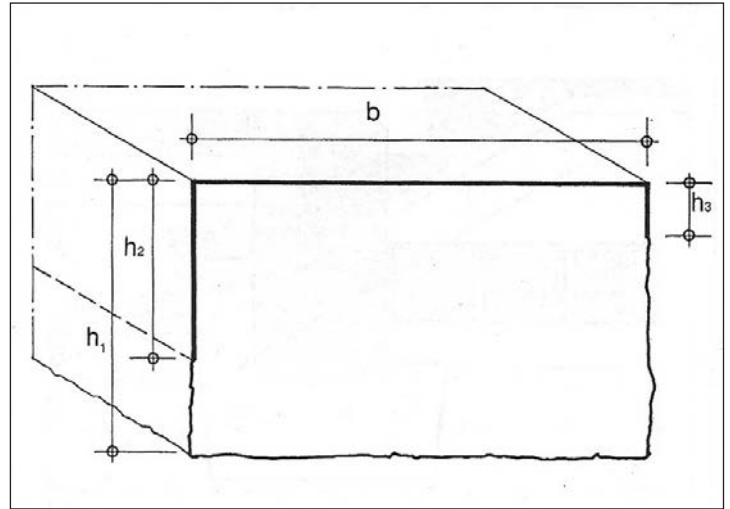


Kuva 5-32. Viistereunakivi (SFS 4159).

Suorapohjaiseksi sahattu luonnonkivinen reunatuki voidaan kiinnittää myös liimaamalla bitumi- tai hartsipohjaisilla tiimoilla suoraan päällysteosaan joko sidottuun kantavaan kerrokseen, tai kulutuskerrokseen. Liimakiinnitys tulee kyseeseen käyttökoh-teissa, joissa liikenteen kuormitus on vähäinen. Kivi liimataan alustaan koko pituudelta. Liimauksessa tulee noudattaa liman valmistajan antamia ohjeita.



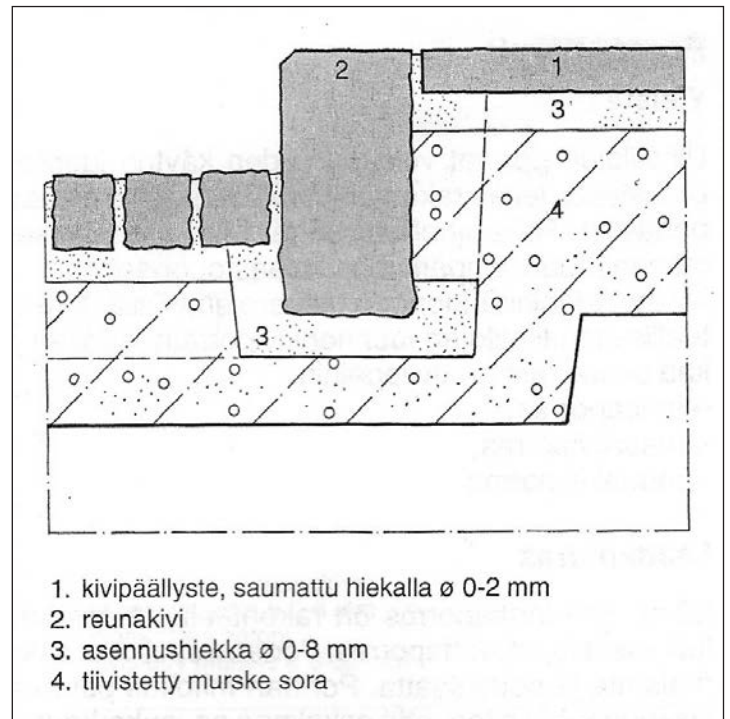
Kuva 5-34. Kaareva reunakivi, ulko- ja sisäreunakivet.



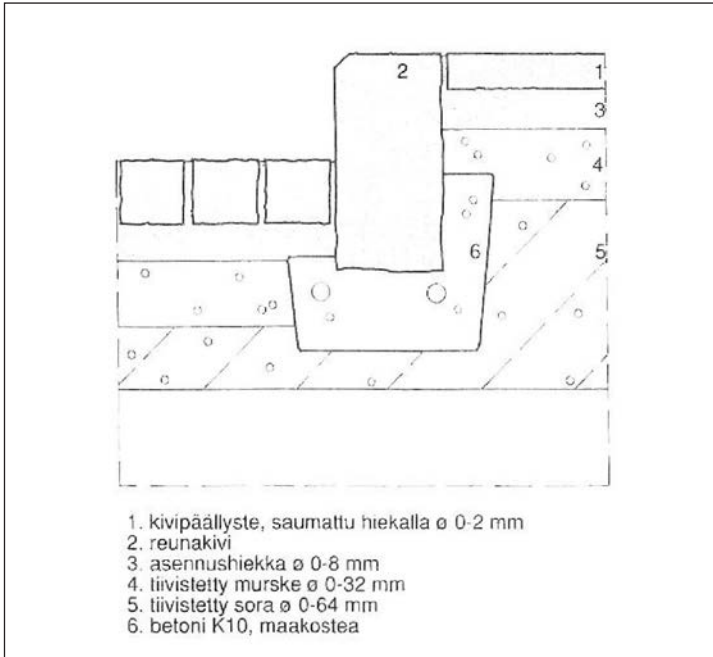
Kuva 5-33. Vaakareunakivi.



Kuva 5-35. Kaarevan kivreunuksen voi valmistaa myös lyhyistä reunakivistä, katukivistä tai kiviarkoista.



Kuva 5-36. Reunakivien asennus hiekkaan.



Kuva 5-37. Reunakiven asennus betoniin.

5.5 Ulkoportaat

Porrastyypit

Yleistä

Ulkotilojen portaat voidaan niiden käytön luonteen perusteella jakaa rakenteellisiin portaisiin ja maastoportaisiin. Rakenteelliset portaat liittyvät läheisesti rakennettuun ympäristöön. maastoportaat taas sijaitsevat lähinnä luonnon tasoerojen välillä. Rakenteellisesti ulkotilojen luonnonkiviportaat voidaan jakaa seuraaviin päätyyppeihin:

- laattaporras,
- massiiviporras.
- reunakiviporras.

Laattaporras

Ulkotilojen laattaporras on rakenteeltaan vastaava kuin sisätilojen laattaporras. Portaan osat ovat askelmalaatta ja nousulaatta. Portaan mitoitus poikkeaa sisäportaasta siten, että askelman nousukorkeus on pienempi ja etenemä vastaavasti pidempi kuin sisätilojen portaissa. Askelmalaatat mitoitetaan ulkotilojen portaissa paksummiksi kuin sisällä. Askelmalaattojen paksuudet vaihtelevat tavallisesti välillä 40 - 80 mm. Paksuja askelmalaattoja käytettäessä voidaan porras tehdä ilman erillistä nousulaattaa. Ohutlaattoja ei suositella ulkotilojen portaisiin.

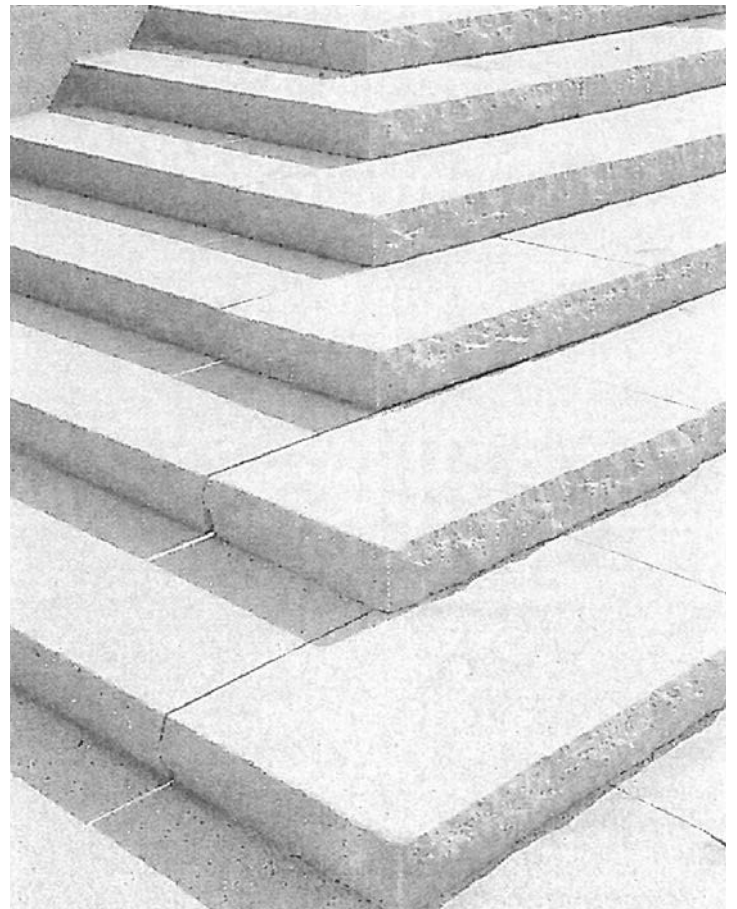
Ulkoportaan pintakäsittelyt ovat poltettu ja ristipäähakattu. Liukastumisesta ei yleensä käytetä ulkoportaissa, koska karkean



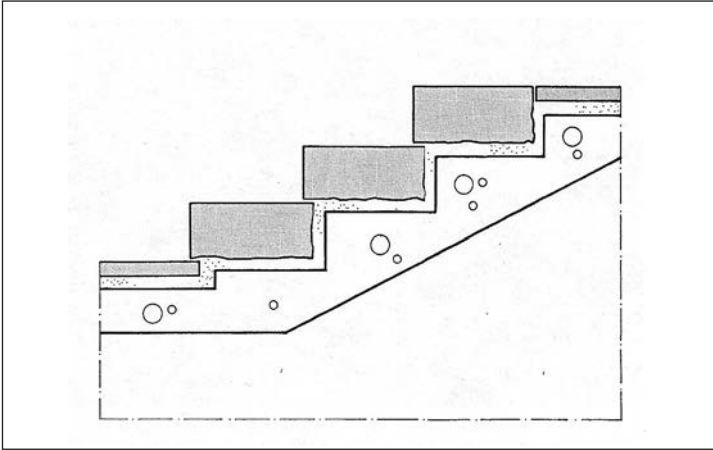
Kuva 5-38. Kivilaatoilla verhottu ulkoporras. Presidentin virka-asunto, Mäntyniemi, Helsinki.

kivipinnan pintakitka estää tehokkaasti liukastumista. Kivilaattojen mittatarkkuus on tavallisesti ± 2 mm eli hieman väljempi kuin sisätilojen portaissa. Kiviaskelman etureunan paksuus työstetään tasavahvaksi ± 1 mm tarkkuudella vastaavalla tavalla kuin sisäportaissa.

Kivilaatat kiinnitetään portaan betonirunkoon, tai maastoportaissa tiivistettyyn soraan maakostealla betonilla. Betonin kiinnittyminen alustaan varmistetaan kastelemalla alusta ja



Kuva 5-39. Massiiviporras, jonka askelmien etureunat (nousupinnat) on tehty lohkomalla.



Kuva 5-40. Suorakaiteen muotoiset massiiviporrasaskelmat. Portaan rakenne.

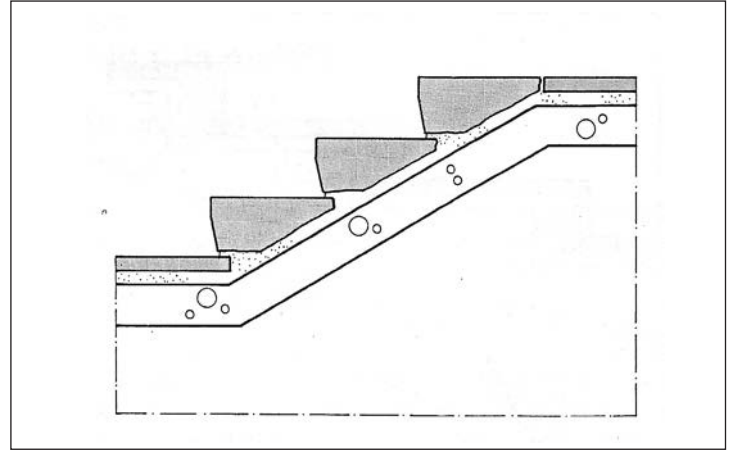
levittämällä tarvittaessa alusbetonin pintaan sementtiliimaa tai vastaavaa tartuntaa parantavaa ainetta. Ennen laattojen latomista betonin päälle levitetään notkea sementtiliima. Kivipinta saumataan 2-3 vuorokauden kuluttua asennuksesta kuivahkolla, sementtipohjaisella saumamassalla.

Massiiviporras

Ulkotilojen yleisin kiviporrastyyppi on massiiviaskelmista tehty porras. Portaan askelmat ovat poikkileikkaukseltaan joko suorakaiteen muotoisia tai kolmiomaisia, takapinnasta viistettyjä kivipalkkeja. Massiiviaskelman etupinta toimii nousupintana ja yläpinta askelmapintana. Suorakaiteen muotoisia askelmalankuja käytetään, kun alusta on porrastettu. Viistettyjä kolmiokiviä käytetään, kun asennetaan kiviaskelmat porrastamattomalle, vinosti nousevalle alustalle.

Massiivisia porrasaskelmia valmistetaan kaikista hyvänlaatuisista rakennuskivityypeistä. Porraskiven näkyvät pinnat pintakäsitellään polttamalla tai ristipäähakkauksella. Muut pinnat ovat yleensä sahatut. Portaan etureuna voidaan valmistaa myös lohkomalla, jos halutaan korostaa portaan massiivisuutta ja kivimäistä ulkonäköä. Kuvassa 5-39 on esitetty massiiviporras, jonka askelmapinta on poltettu ja etureuna eli nousupinta on lohkottu. Massiivisen porrasaskelman suositeltava enimmäispituus on 2500 mm. Portaan poikkileikkauksen mitat valitaan tapauskohtaisesti. Tyypillisesti askelmapalkin leveys on 380-400 mm ja sen etureunan korkeus on 130-150 mm. Porraskielmien etureuna työstetään mittatarkaksi ± 2 mm tarkkuudella noin 30 mm etäisyydelle etupinnasta. Muiden mittojen toleranssi on normaalisti ± 3 mm.

Porrasaskelmat kiinnitetään maakostealla betonimassalla, jonka paksuus on 20-40 mm. Asennusmassan kiinnittyminen alustaan varmistetaan kastelemalla ja levittämällä tarvittaessa alusbetonin pintaan sementtiliimaa tai vastaavaa tartuntaa parantavaa

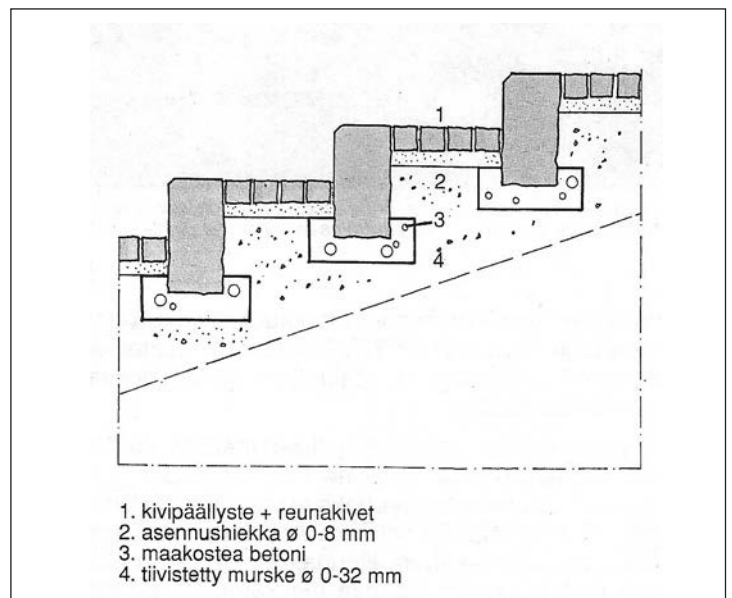


Kuva 5-41. Viistetyt massiiviporrasaskelmat vinopinnalla. Portaan rakenne.

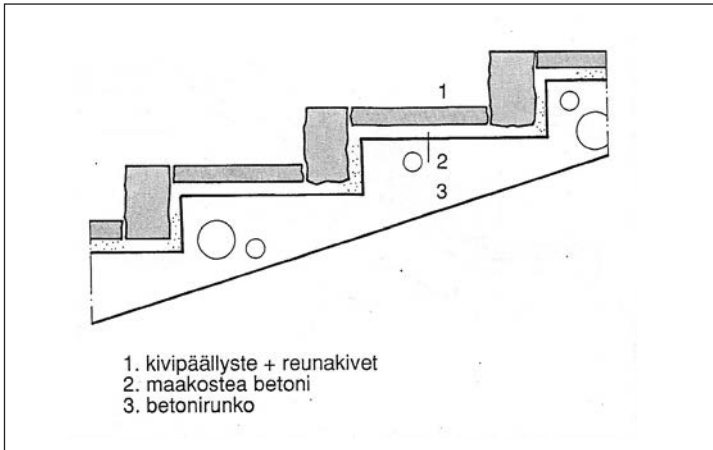
ainetta. Ennen laattojen latomista, levitetään betonin päälle notkea sementtiliima. Asennuksessa kivet limitetään noin 20-30 mm edellisen kiven päälle. Kivien väliin pannaan asennuksen yhteydessä puukiilat, joiden avulla tehdään kivien väliin saumavaaraus. Kiven väliset saumat tiivistetään 2-3 vuorokauden kuluttua asennuksesta sementtipohjaisella kuivahkolla mas-salle. Kuvissa 5-40 ja 5-41 on esitetty tyypilliset luonnonkivisen massiiviporras-rakenteet.

Reunakiviporras

Reunakiviporras on yleinen porrastyyppi ulkotilojen portaissa. Erityisesti sitä on käytetty maastoportaissa. Kiven etureunassa nousukivenä on tavallisesti massiivinen suorareunakivi. Etureuna voidaan tehdä myös nupu- tai noppakivistä. Askelmapinta tehdään vaihtoehtoisesti nupu- tai noppakivistä tai katulaatoista. Yksinkertainen vaihtoehto on tehdä askelmapinta hiekasta (kuva 5-44) Kivien mitoitusta ja pintakäsittelyjä voidaan vai-



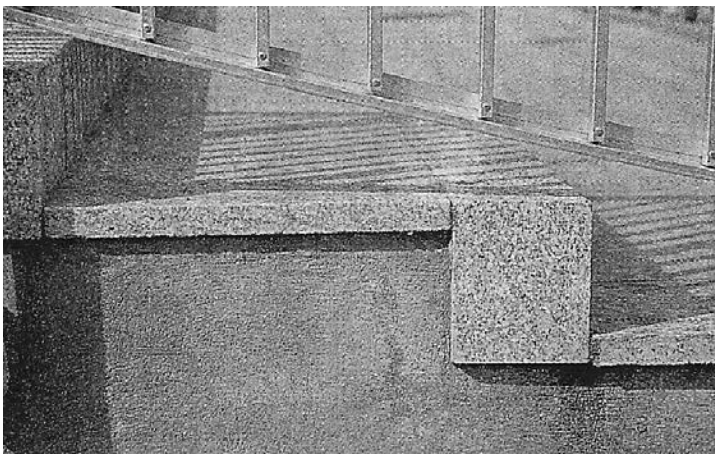
Kuva 5-42. Reunakiviporras-rakenne. Aselmatasona noppakiveys.



Kuva 5-43. Reunakiviportaan rakenne. Askelmatasona kivilaattapäällyste.



Kuva 5-45. Reunakiviportas, jonka askelmat on tehty noppakivistä.



Kuva 5-46. Reunakiviportas, jonka askelmapinta on tehty ohuesta kivilaatasta. Reunakivi on määrämitta sahattu ja pintakäsittely.

della halutulla tavalla. Maastoportaan reunakivi on tyypillisesti lohkopintainen. Muita kivituuotteiden pintakäsittelytapoja ovat poltettu tai ristipähakattu.

Kuvassa 5-42 on esitelty tyypillisen maastorakenteisen reunakiviportaatan rakenne. Portas tehdään routimattomalle alustalle. Reunakivet upotetaan ja kiinnitetään maakosteaan betoniin. Askelmapinnat ladotaan asennushiekkaan. Reunakivi voidaan



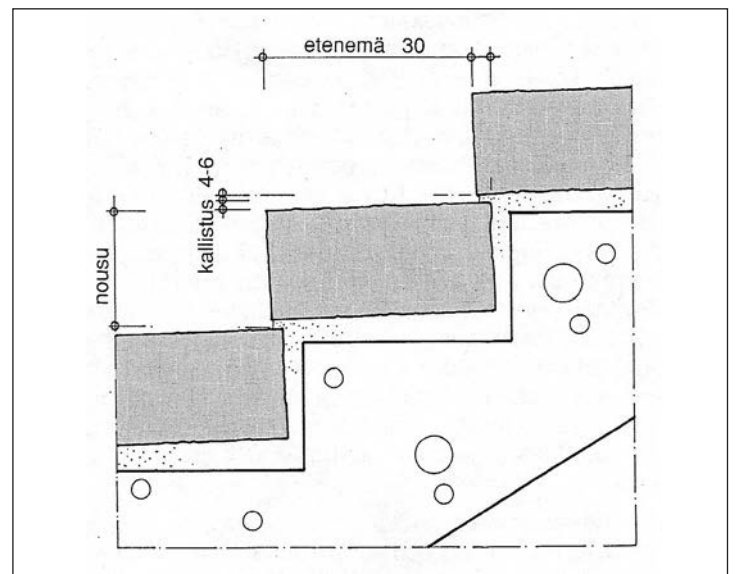
Kuva 5-44. Yksinkertainen reunakiviportas maastossa. portaatan askelmatasot ovat hiekkapintaiset. Presidentin virka-asunto, Mäntyniemi, Helsinki.

harkinnan mukaan myös asentaa hiekkaan, jos portaatan kuormitukset ja odotettavissa olevat liikkeet ovat pienet. Kuvan 5-43 porrastyyppissä reunakivet ja askelmalaatat kiinnitetään betoni-alustalle maakostealla betoniin. Kuvan 5-45 reunakiviportas on tehty lohkopintaisesta reunakivestä ja portaatan askelmapintana on noppakiveys. Kuvassa 5-46 on mittatarkoista kivituuotteista tehty kiviportas kaupunkiympäristössä.

Rakenteellisia näkökohtia

Ulkoportaatan kosteustekninen toiminta

Ulkoportaaseen ja erityisesti sen kivipäällysteeseen tuleva kosteus voi olla kivrakenteen sisältä ulos pyrkivää maaperän tai rakenteiden kosteutta tai ulkoista sade- ja valumavettä. Kosteusteknisen suunnittelun tarkoitus on varmistaa portaatan raken-



Kuva 5-47. Ulkoportaatan kallistetaan eteenpäin, jotta vesi valuisi pois askelmapinnasta.

teellinen toiminta sekä sen ulkonäön säilyvyys ja turvallisuus. Rakenteeseen kertynyt kosteus voi johtaa portaassa rakenteelliseen pakkasvaurioon, jolloin kivet saattavat siirtyä paikoiltaan, irrota alustasta ja rikkoontua. Alusrakenteesta kivipäällysteen läpi pyrkivä kosteus voi tuoda mukanaan alusrakenteen liukoisia suoloja ja likaa, jotka rumentavat kivipinnan ulkonäköä ja saattavat aiheuttaa huokoisten kivityyppien kuten hiekkakiven ja karbonaattisten kivien rapautumista. Porraskelmalla makaava vesi voi tehdä portaan liukkaaksi. Jäätymisen seurauksena märkä askelmapinta muuttuu vaarallisen liukkaaksi.

Ulkotilojen portaiden kosteustekninen toiminta suunnitellaan siten, että todennäköisyys kosteuden joutumiselle porraskenteeseen on mahdollisimman pieni. Maaperän ja pintavesien liikkeitä pyritään järjestämään niin, että ne eivät vaella kivirakenteisiin. Eri kerrosten kaltevuudet suunnitellaan siten, että vesi ei pääse lammikoitumaan. Kiviaskelmat kallistetaan eteenpäin noin kaltevuuteen 1:50, jotta sade- ja valuedet valuvat pois päin porraskenteesta. Porraskenteeseen joutunut vesi ja kosteus johdetaan pois rakenteesta kiven taakse sijoitetun salaojituksen avulla. Salaojitus voidaan järjestää esimerkiksi hyvin vettä läpäisevien, sorasta tai sepelistä tehtyjen maakerrosten avulla.

Lämmitetty kiviporras

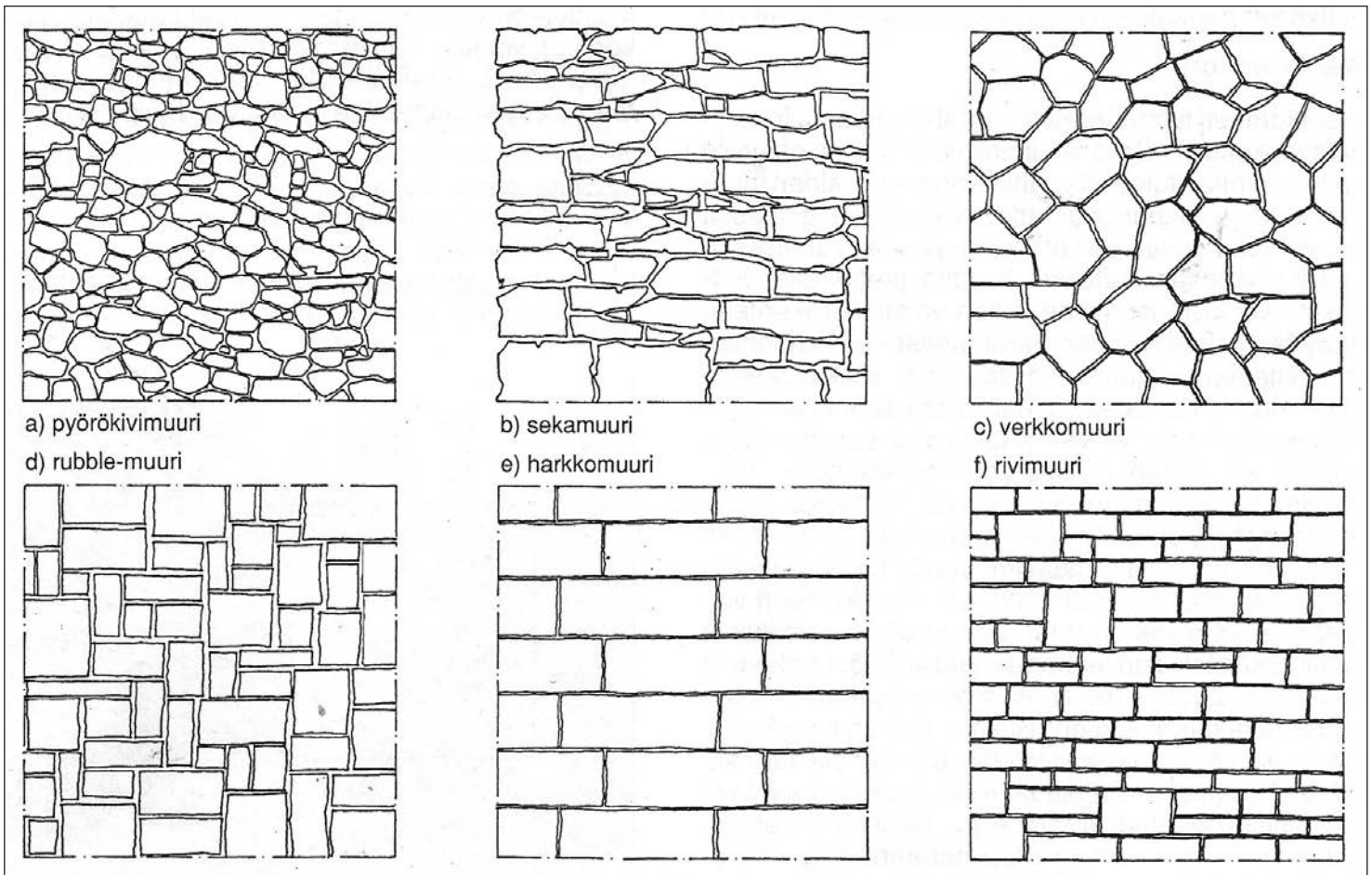
Turvallisuus- ja toimivuussyistä on tärkeä, että portaan päällyste ei ole liukas. Jään ja lumen kertyminen askelmille voidaan estää käyttämällä porraskenteessä sähkövastuslämmitystä. Lämmitäminen säästää myös portaan hoitokustannuksia, kun lunta ja jäätä ei tarvitse poistaa eikä portaan hiekoituksen ja suolauksen tarvetta ole. Lämmityksen teho valitaan rakenteen suojaisuuden mukaan. Ulkokäyttöön tarkoitetuissa sähkölämmitysjärjestelmissä voidaan käyttää käsiohjausta tai automaattista ohjausta, joka kytkee lämmityksen päälle tarvittaessa esimerkiksi lumisateen alettua (ks. myös 5,3).

5.6 Aidat ja muurit

Muurityypit

Yleistä

Luonnonkivestä on kaikkina aikoina tehty erilaisia aita- ja muurirakenteita, joita on käytetty ulkotilojen jäsentelyssä ja rajauksissa. Luonnonkivimuurit soveltuvat käytettäväksi myös talonrakentamisessa esimerkiksi rakennusten sokkeli- ja jul-



Kuva 5-48. Luonnonkiviset muurityypit.

kisivuverhouksissa sekä tulisijoissa. Muita luonnonkivisten muurirakenteiden käyttökohteita ovat istutus- ja vesialtaiden reunukset. Maaston tasoerojen rakenteellisina tukina käytettäviä muureja kutsutaan tukimuureiksi. Luonnonkiviset aidat ja muurit voidaan niissä käytettävien kivituohteiden ja limityskuvioiden perusteella ryhmitellä kuvan 5-48 mukaisesti seuraaviin tavallisiin tyyppeihin:

- pyörökivimuuri
- sekamuuri
- verkkomuuri
- rubble-muuri
- harkkomuuri
- rivimuuri.

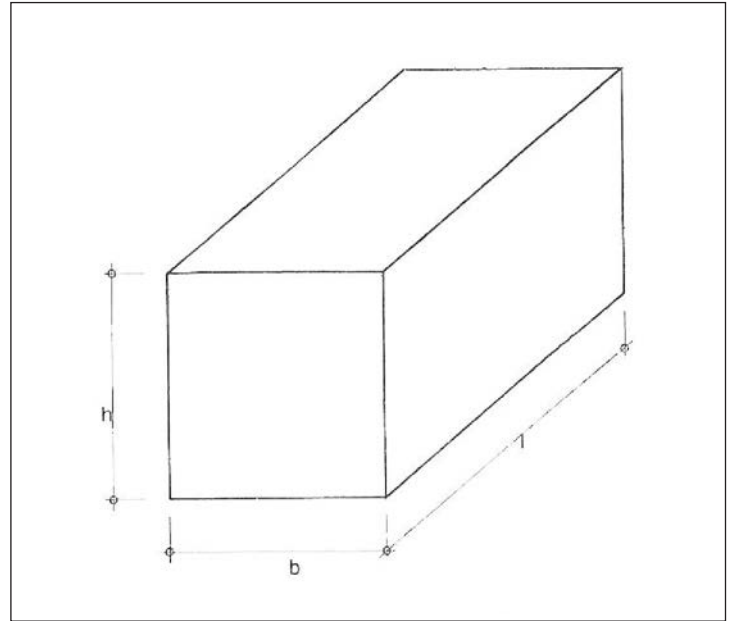
Täyskivistä, paasikivestä tehtyä muuria kutsutaan paasikivimuuriksi. Muita kivimuureista käytettyjä nimityksiä ovat kylmämuuri ja laastimuuri. Kylmämuuriksi tai kuivamuuriksi kutsutaan latomalla tehtyä muuria. Kylmämuuri voidaan ulkonäön tai muurin vakavuuden ja tiivyyden vuoksi saumata saumaustilaalla tai massalla. Laastimuuriksi kutsutaan kivimuuria, jossa kivet muurataan yhteen sementtilaastia käyttäen halutun limityksen mukaisesti. Muurin saumausta tehdään usein muurauksen jälkeen erillisenä työvaiheena.

Pyörökivimuuri

Pyörökivimuuri tehdään latomalla tai muuraamalla luonnossa hioutuneista pyörökivistä. Kivet voidaan kerätä luonnosta tai lajitella soranoton yhteydessä maa-aineksia seulottaessa. Pyörökivet puhdistetaan irtoaineksista ja pestään tarvittaessa. Kiviä ei työstetä mekaanisesti, vaan ne käytetään sellaisenaan. Muurauksen yhteydessä vaihdellaan kivien kokoa niin, että saavutetaan hyvä kivien yhteensopivuus ja muurin hyvä vakavuus. Muurissa voidaan käyttää myös luonnossa hioutuneita kiviä, joiden muoto ei ole pyöreä. Pyörökivimuurissa ei ole selviä kerroksia tai limityskuvioita. Muurin yleisilme on rakeinen ja suuntautumaton. Pyörökivimuurin limityksen periaate on esitetty kuvassa 5-48 (malli a).

Sekamuuri

Sekamuuri tehdään latomalla tai muuraamalla vaihtelevan muotoisista luonnon irtokivistä tai lohkokivistä, jotka puhdistetaan ja pestään ennen muurausta. Käytetyt kivet ovat verraten säännöttömän muotoisia. Kivien kokoa ja muotoa vaihdellaan muurauksen yhteydessä ja kiviä muokataan mekaanisesti tarpeen mukaan. Pieniä kiviä käytetään isojen kivien väleissä muurin rakennetta tiivistämässä. Tavoitteena on saavuttaa yhdenmukaisesti epäsäännöllinen ja vakavuudeltaan hyvä lopputulos. Sekamuurissa on yleensä epämääräinen, mutta havaittavissa oleva



Kuva 5-48. Harkkokivi.

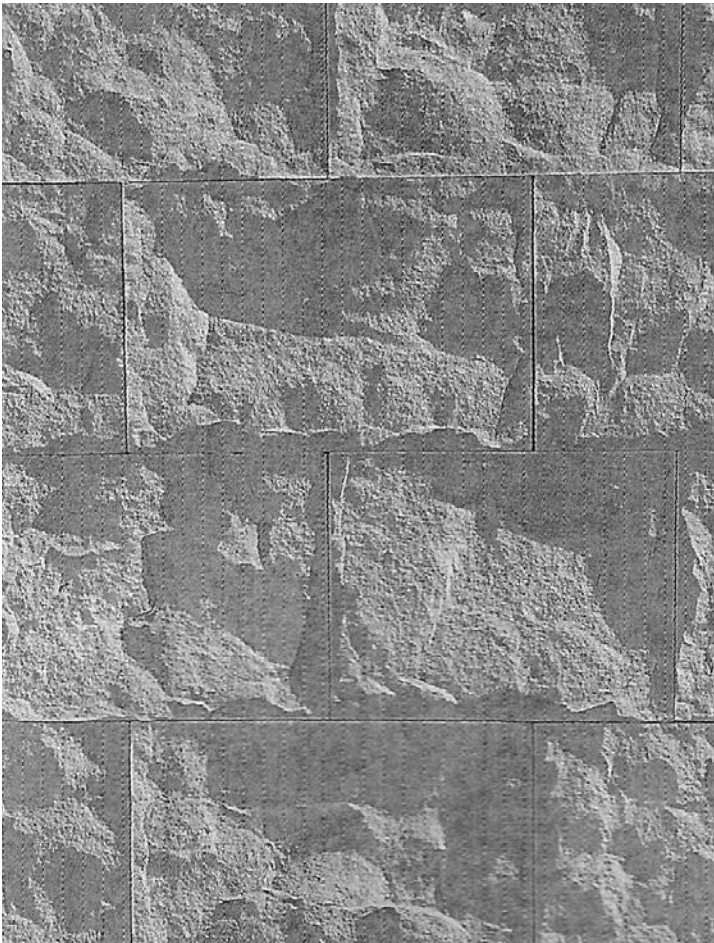
vaakasuuntainen limitys. Sekamuurissa voidaan käyttää kaikkia säänkestäviä kivilaatuja. Sekamuurin limityksen periaate on esitetty kuvassa 5-48 (malli b).

Verkkomuuri

Verkkomuuri tehdään latomalla tai muuraamalla vaihtelevan kokoisista monikulmiokivistä. Kivien näkyviin jäävän pinnan tulee olla vähintään 5-kulmainen muurin reunoja lukuun ottamatta. Näkyvässä pinnassa kivien koko ei saa poiketa kovin paljoa. Vähäisessä määrin voidaan kuitenkin käyttää pienempiä, 3-4-kulmaisia kiviä isompien kivien väleissä rakenteen tiivyyden ja vakavuuden parantamiseksi. Luonnossa vältetään vaakasuoria saunoja. Poikkeuksena ovat muurin reunat ja kulmat, joissa saumojen tulee olla vaakasuoria. Verkkomuurissa on suositeltavaa, että kivien kulmakohdissa yhtyvien saumojen lukumäärä on kolme, jolloin saumat muodostavat Y-kuvion. Verkkomuurin kivet muotoillaan lohkomalla tai sahaamalla. Muurattavien verkkokivien paksuuden tulee olla vähintään 100 mm. Verkkomuuri voidaan tehdä myös ohuista, sahaamalla muotoilluista ja pintakäsitellyistä laattamaisista kivistä. Lohkottuja verkkokiviä valmistetaan vain hyvin lohkeavista punaisista ja harmaista graniiteista. Sahatun verkkokiven näkyvät pinnat käsitellään polttamalla tai ristipäähakkaamalla. Sahattua verkkokiveä on saatavana useista rakennuskivityypeistä. Sahatun kiven mittatarkkuus on huomattavasti parempi, kuin lohkomalla valmistetun. Verkkomuurin limityksen periaate on esitetty kuvassa 5-48 (malli c).

Rubble-muuri

Rubble-muuri, eli toiselta nimitykseltään harkkosekamuuri, tehdään säännöllisistä, suorakaiteen muotoisista kiviä, jotka

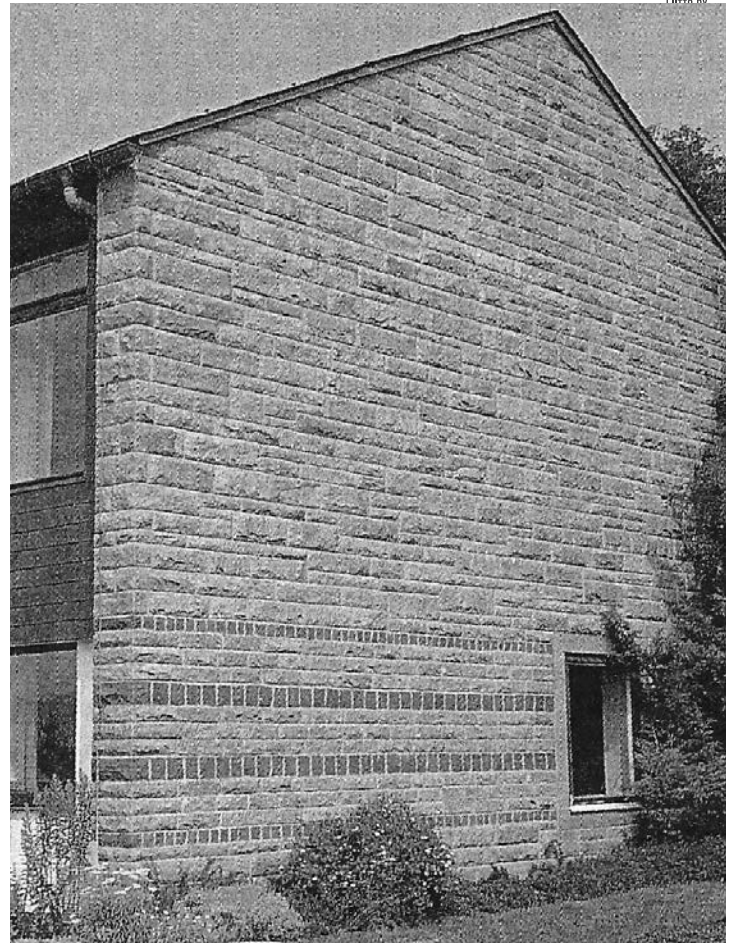


Kuva 5-50. Lohkopintainen, sahatuista kiviharkoista tehty kapeasaumainen muuri.

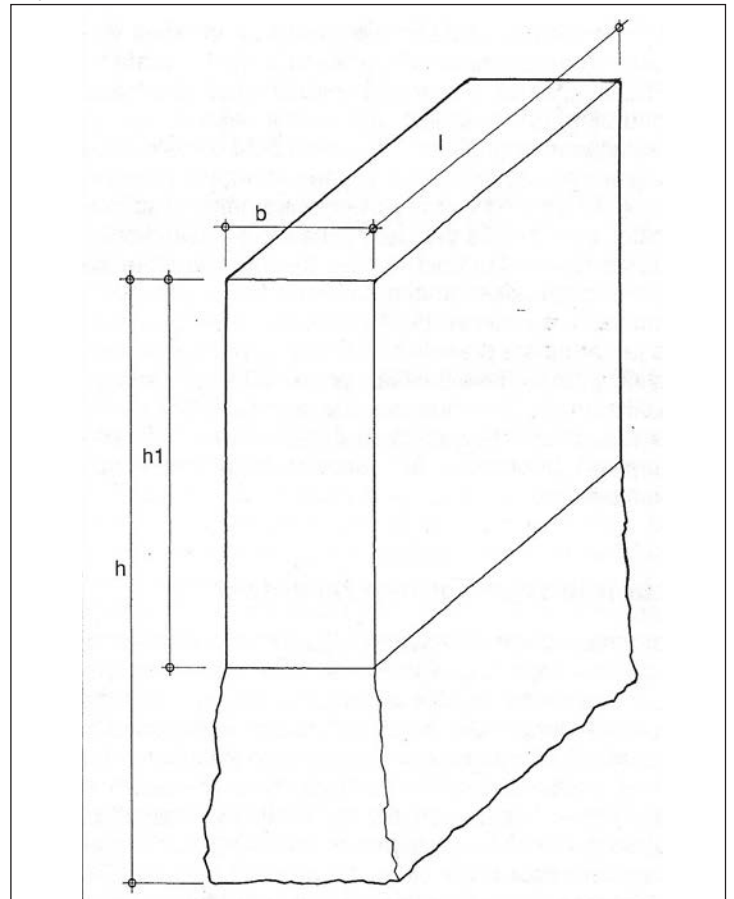
ovat kooltaan vaihtelevia. Kivet limitetään keskenään niin, että verhouspinnan saumat eivät ole jatkuvia. Vaakasaumat katkaistaan kivillä, jotka eivät kuitenkaan saa olla kahta vaakasaumaväliä korkeampia. Pystysaumot eivät yleensä saa olla kolmea vaakasaumaväliä korkeampia. Rubble-muureissa käytetään myös toistuvia limityskuvioita, jotka perustuvat vakiokokoisiin kiviin. Toistuvat limityskuviot liittyvät toisiinsa ja kertautuvat muurin pinnassa. Muurattavien kivien paksuuden tulee olla vähintään 100 mm. Rubble-muuri voidaan tehdä myös ohuista, sahaamalla



Kuva 5-51. Katukivistä tehty erikoisesti muotoiltu kivimuuri, Göteborg.



Kuva 5-52. Lohkopintaisista kiviharkoista tehty rivimuuri on laadukas vaihtoehto tiilipinnalle.



Kuva 5-53. Paasikivi.

muotoilluista ja pintakäsitellyistä laattamaisista kivistä. Lohkotu-
tuja harkkokiviä valmistetaan vain hyvin lohkeavista punaisista
ja harmaista graniiteista. Sahatun harkkokiven näkyvät pinnat
käsitellään polttamalla tai ristipäähakkaamalla. Sahattua harkko-
kiveä on saatavana useista rakennuskivityypeistä. Sahatun kiven
mittatarkkuus on huomattavasti parempi, kuin lohkomalla val-
mistetun. Rubble-muurin limityksen periaate on esitetty kuvassa
5-48 (malli d).

Harkkomuuri

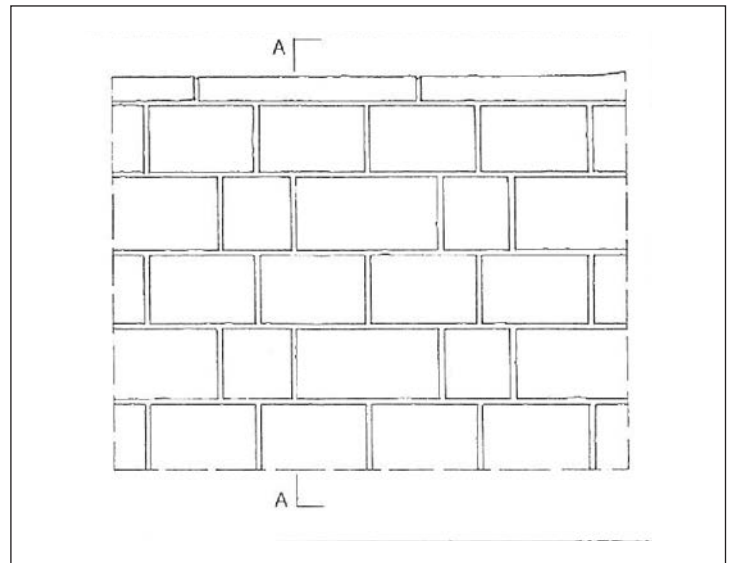
Harkkomuuri tehdään latomalla tai muuraamalla säännöllisistä,
suorakaiteen muotoisista kiviharkkoista. Kiviharkkojen koot vaih-
televat melko paljon. Pienimmät harkot voivat olla noppakiven
kokoisia. Suurimpien harkkojen sivumitat voivat olla kuvan 5-49
merkintöjen mukaisesti esimerkiksi seuraavat: $b = 300 \text{ mm}$, $h = 400 \text{ mm}$, $l = 1500 \text{ mm}$. Harkkokivet valmistetaan joko lohko-
malla tai sahaamalla. Kivien pintakäsittely on lohkottu, poltet-
tu tai ristipäähakattu. Harkkomuuri voidaan valmistaa myös
käyttämällä laattamaisia kiviä. Yksittäisessä harkkomuurissa
käytetään yleensä samankokoisia kiviä. Kivipinnassa on jatkuvat
vaakasauamat ja pystysaumamat limitetään esimerkiksi 1/2-kiven tai
1/3-kiven limityksellä. Lohkottuja harkkokiviä valmistetaan vain
hyvin lohkeavista punaisista ja harmaista graniiteista. Sahatun
harkkokiven näkyvät pinnat käsitellään polttamalla tai ristipää-
hakkaamalla. Sahattuja harkkokiviä on saatavana useista raken-
nuskivityypeistä. Sahatun kiven mittatarkkuus on huomattavasti
parempi kuin lohkomalla valmistetun. Harkkomuurin limityksen
periaate on esitetty kuvassa 5-48 (malli e). Kuvassa 5-50 on eri-
koinen, lohkopintainen, sahattureunaisista kivistä tehty harkko-
muuri, jonka kivet on ladottu kylmämuuriksi 0-saumalla. Kuvan
5-51 muurirakenne on esimerkki yksilöllisesti toteutetusta kivi-
muurista, jossa on käytetty noppa- ja nupukiviä.

Rivimuuri

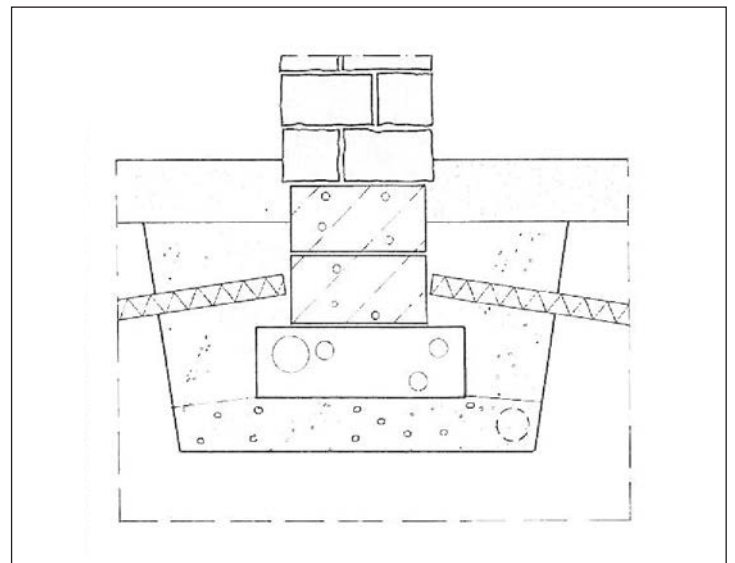
Rivimuuri tehdään vaihtelevan kokoisista tai samankokoisista
harkkokivistä niin, että vaakasauamat ovat pääasiassa jatkuvia.
Päällekkäisten pystysaumojen välisen etäisyyden tulee olla
vähintään noin puolet pienemmän kiven leveydestä, kuitenkin
vähintään 150 mm. Muurissa voidaan käyttää yksittäisiä, kahden
rivin korkuisia kiviharkkoja. Rivimuurin harkkokivet valmistetaan
joka lohkomalla tai sahaamalla. Kivien pintakäsittely on loh-
kottu, poltetu tai ristipäähakattu. Rivimuuri voidaan valmistaa
myös käyttämällä laattamaisia kiviä. Kuvassa 5-52 on esimerkki
rivimuurin käytöstä pientalon julkisivumuurausena. Lohkot-
tuja harkkokiviä valmistetaan vain hyvin lohkeavista punaisista
ja harmaista graniiteista. Sahatun harkkokiven näkyvät pinnat
käsitellään polttamalla tai ristipäähakkaamalla. Sahattua hark-
kokiveä on saatavana useista rakennuskivityypeistä. Sahatun



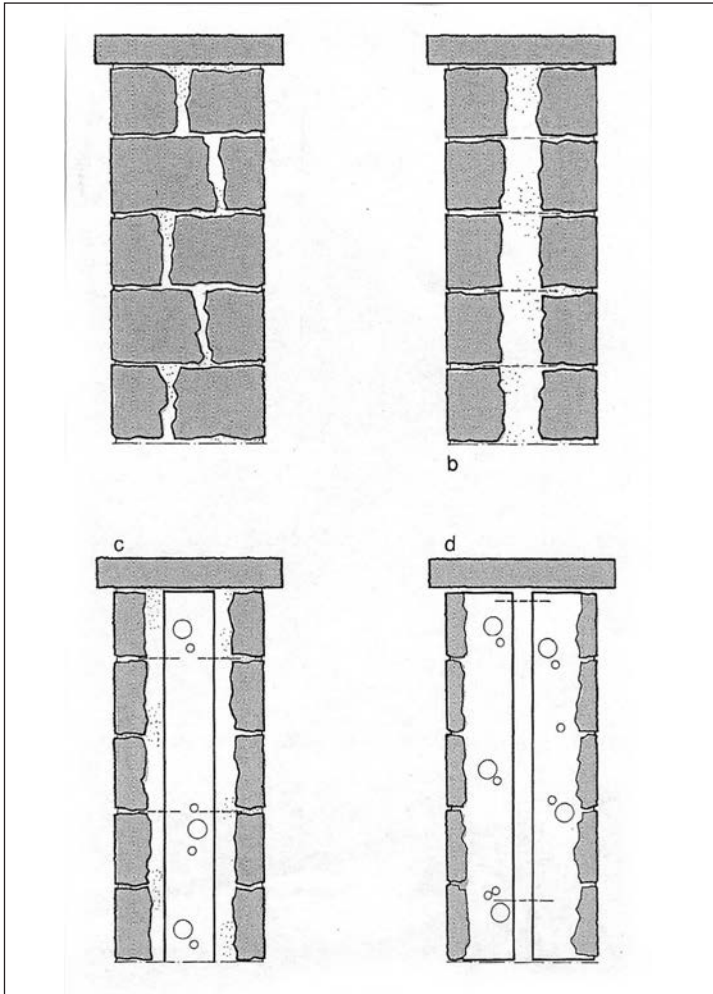
Kuva 5-54. Lohkopintaiset, massiiviset paasikivet soveltuvat myös istutusaltaiden reunustukseen.



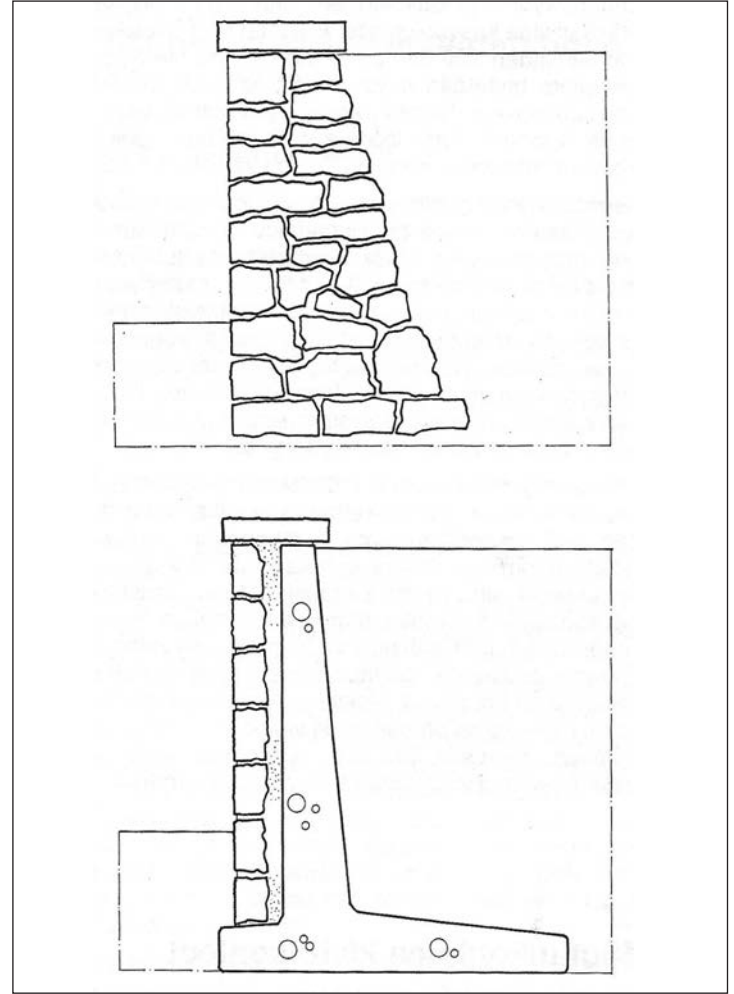
Kuva 5-55. Harkkokivimuuri



Kuva 5-56. Rivimuurin perustus tehdään routimattomaksi.



Kuva 5-56. Kuvam 5-55 kivimuurin rakenteelliset toteutustavat:
a) muurattu täyskivimuuri
b) yhteen nidotut kuorimuurit, joiden väli on täytetty hiekalla ja soralla,
c) luonnonkivisillä kuorimuureilla molemmin puolin verhjottu betonirakenne,
d) matalilla kiviharkoilla päällystetyt betonielementit.



Kuva 5-58. Tukimuuri voidaan tehdä luonnonkivisenä muurina tai elementtirakenteisena betonitukimuurina, mikä päällystetään paikalla muuratulla luonnonkivi-kuorimuurilla.

kiven mittatarkkuus on huomattavasti parempi, kuin lohkomalla valmistetun. Rivimuurin limityksen periaate on esitetty kuvassa 5-48 (malli f).

Paasikivimuuri

Paasikiveksi kutsutaan massiivista, yhdestä kappaleesta työstettyä muurikiveä. Kuvan 5-53 merkintöjen mukaisesti paasikiven mitat vaihtelevat seuraavasti:

$h = 350 - 1100 \text{ mm}$
 $b = 150 - 300 \text{ mm}$
 $l = 500 - 1200 \text{ mm}$.

Paasikivimuuri tehdään sijoittamalla paasikiviä vierekkäin pienellä saumalla, jotka voidaan saumata tai jättää avoimiksi. Paasikiviä voidaan käyttää aitoina, muureina, tukimuureina, ajoesteinä sekä istutus- ja vesialtaiden reunuksina. Kuvassa 5-54 on esimerkki paasikiven käytöstä istutusaltaan korkeana reunakivenä. Paasikivet valmistetaan lohkomalla tai sahaamalla.

Lohkomalla valmistettu paasikivi on lohkopintainen. Näkyviä pintoja voidaan tasoittaa tarvittaessa paikallisesti piikkaamalla. Lohkopintaisia paasikiviä valmistetaan vain erittäin hyvin lohkeavista punaisista ja harmaista graniiteista. Sahatun paasikiven näkyvät pinnat viimeistellään polttamalla tai ristipähäkkäamalla. Sahattua paasikiveä on saatavana useista rakennuskivityypeistä. Sahatun kiven mittatarkkuus on huomattavasti parempi, kuin lohkomalla valmistetun.

Luonnonkivimuurien rakenteet

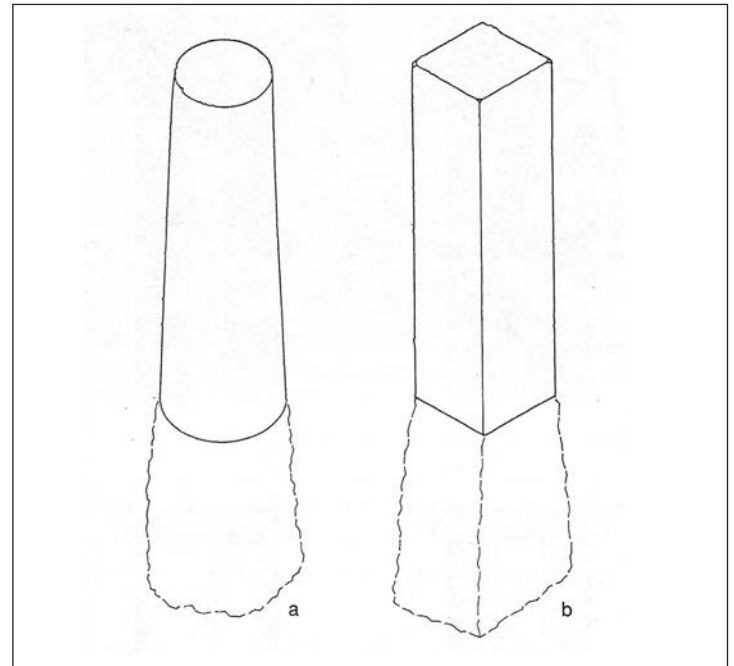
Luonnonkivimuurit voivat olla joko kylmämuureja tai laastimuureja. Laastimuuraus parantaa kiven yhteensopivuutta, lisää muurin yhtenäisyyttä. Lujutta ja vakavuutta sekä tasoittaa muurin kuormituksia. Laastimuurit muurataan niin paksuin saumoin, että kivet eivät välittömästi kosketa toisiaan. Sauman leveyttä ei kuitenkaan ole suositeltavaa kasvattaa tarpeettomasti. Sauman paksuutta määrättäessä otetaan huomioon kiven saumapinnan karkeusaste. Tavallisesti kivimuurien saumojen paksuudet vai-

televat välillä 10 - 50 mm. Kantavissa muureissa saumojen tulee olla koko altaan kantavia eli täysiä. Jälkisaumattavissa laastimuureissa saumauksen syvyyden tulee olla suurempi kuin sauman korkeuden ja vähintään 20 mm. Saumauksessa käytetään saumaustaastia tai massaa. Muuraus- ja saumaustarvikkeiden on oltava pakkasenkestäviä.

Muurin rakenne voidaan toteuttaa useilla tavoilla niin, että lopputulos on ulospäin samannäköinen. Kuvassa 5-56 on esitetty vaihtoehtoisia luonnonkivisen harkkomuurirakenteen rakenteellisia toteutustapoja. Tarkasteltava rakenne on aita, jonka molemmat puolet ovat näkyviä. Tyyppi a) on perinteinen täyskivinen muuri, jossa kivet sovitetaan toisiinsa niin, että saavutetaan hyvä rakenteen vakavuus. Muurissa käytetään vaihtelevan paksuisia kiviä, jotka sitovat muurin yhtenäiseksi. Mallissa b) kaksi erillistä kuorimuuria sidotaan toisiinsa ruostumattomilla terässiiveillä. Muurien väli täytetään hiekalla ja muulla läpäisevällä irtotaineksella. Mallissa c) muurin runkona on betonirakenne; johon molemmin puolin tehdyt kuorimuurit sidotaan. Muurin taakse valetaan vakavuuden parantamiseksi maakesta betonimassa tai hiekka. Muuri d) on kokonaan elementtirakenteinen. Kivilaatat on kiinnitetty valussa betonielementtien pintaan. Rakennuspaikalla tehdään vain elementtien asennus ja tässä tapauksessa lisäksi kansilaatan kiinnitys. Eri rakennustyyppien soveltuvuus ja edullisuus vaihtelevat riippuen muurityypistä ja kohteen olosuhteista.

Luonnonkiviset aidat ja muurit perustetaan niin, ettei routa vaurioita tai haitallisesti liikutele niitä. Kuvassa 5-57 on esimerkki luonnonkivisen muurin perustuksesta. Kaivantoon tiivistetään routimaton sora tai murskesora, jonka päälle valetaan betoniantura. Muuraus aloitetaan maan alle jäävässä osassa harkoilla. Kivimuuraus aloitetaan noin 100 mm maanpinnan alapuolelta. Perustuksen routimattomuus varmistetaan lämpöeristeillä, jotka sijoitetaan muurin molemmin puolin ja muurin pään ympärille. Eristelevyt kallistetaan muurista pois päin valuvesien johtamiseksi. Lämpöeristelevy voidaan periaatteessa sijoittaa myös muurin alle. Tällöin on varmistettava, että muurin paino ei aiheuta eristeen liiallista kokoonpuristumista, josta voi seurata muurin kallistumista. Routaeristeen alle tehdään salaojituskerros kivettömästä hiekasta tai sorasta. Routaeristelevy asetetaan tasatulle pinnalle vähintään 300 mm:n syvyyteen. Jos eristeen päälle tulee istutuksia, asennetaan eriste sellaiseen syvyyteen ja kaltevuuteen, että sen päälle jää riittävästi tilaa kasvualustalle. Eristeen päälle levitetään vähintään 100 mm paksuinen kerros hiekkaa. Maanpinta täytetään mahdollisimman pian lopulliseen korkeuteen. Täytön yläosaan tehdään tiivistyskerros huonosti vettä läpäisevästä maasta, jonka kaltevuus rakennuksesta pois päin on vähintään 1:50.

Luonnonkivinen tukimuurirakenne voidaan tehdä täyskivisenä muurina tai luonnonkivillä verhottuna betonimuurina (kuva



Kuva 5-59. Pyöreä ja suorakaiteen muotoinen luonnonkivipollari.

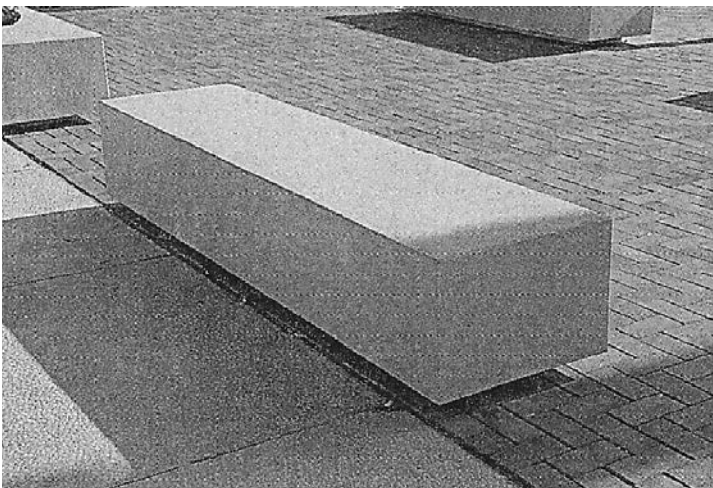


Kuva 5-60. Suorakaiteen muotoinen, lohkopintainen pollari on edullinen kivituote. Noppakiveys pollarin ympärillä kestää vaurioitumatta alustassa tapahtuvat erisuuruiset painaumat.

5-58). Kivimuri soveltuu käytettäväksi matalissa muureissa tai, kun maanpaine on pieni. Korkeat tukimuurit tehdään betonisina, jolloin koko maanpaine ja mahdollinen pohjavedenpaine kannatetaan betonirakenteella. Kiviverhous on tällöin toiminnaltaan itsekantava kuorimuri. Tukimuurirakenteet perustetaan siten; ettei routa vaurioita muuria tai aiheuta haitallisia siirtymiä.



Kuva 5-61. Luonnonkivipollarit ketjuaidan tolppina.
Kävelytien päällysteenä noppakivet.



Kuva 5-62. Massiivinen betonipenkki, Barcelona.
Vastaavan penkin voi tehdä myös luonnonkivestä.

Tukimuurit jaetaan osiin ja erotetaan muista rakenteista riittävän tiheästi sijoitettavilla liikuntasaumoilla siten, että maapohjan laatu ja rakennusmateriaali otetaan huomioon. Muurit erotetaan viereisestä rakennuksesta aina liikuntasaumalla. Muurin taustan täytössä käytetään routimattomia materiaaleja. Muurin viereen tehdään vähintään 200 mm paksu salaojituskerros puhtaasta, routimattomasta ja hyvin vettä läpäisevästä sorasta ja hiekasta. Kerroksen suurin sallittu raekoko on perusmuurin vieressä 100 mm ja tukimuurin vieressä 200 mm. Loppuosa täytöstä voidaan tehdä tiivistettävissä olevista kaivumaista.

5.7 Muut ulkotilojen kivirakenteet

Luonnonkivestä voidaan valmistaa pylväitä, pollareita, istutus- ja vesialtaita, patsaiden jalustoja, ulkotulisijoja, penkkejä ja muita kadunkalusteita. Tuotteet suunnitellaan tavallisesti tapauskohtaisesti. Toteutettujen ratkaisujen taso vaihtelee karkeista lohkopintaisista kiviharkoista pitkälle muotoiltuihin ja viimeistelyihin kivituuotteisiin. Ulkotiloihin sijoitettavat veistokset edustavat pisimmälle jalostettuja ulkotilojen luonnonkivituotteita. Kiveä voidaan myös käyttää monipuolisesti yhdistelemällä sitä muiden materiaalien kuten puun kanssa.

Pollarit valmistetaan yhdestä kiviappaleesta. Niiden muotoja koko vaihtelevat käytännössä varsin paljon. Pollarit ovat yleensä joko lohkopintaisia, poltettu ja tai ristipäähakattuja. Pollarit pintakäsitellään asennusrajaan asti. Lohkopintaisia pollareita valmistetaan punaisesta ja harmaasta graniitista. Pintakäsitellyjä pollareita voidaan valmistaa useimmista rakennuski-vityypeistä.

Kuvassa 5-59 on esitetty luonnonkivisten pollarien perusmallit, pyöreä ja suorakaiteen muotoinen pollari. Pollareita voi käyttää mm. ajoesteinä, tilaa rajaavina elementteinä, aidantolppina sekä valaisinten ja muiden kadunkalusteiden jalustana. Edullisin, mutta kuitenkin edustavan näköinen pollari on kuvassa 5-60



Kuva 5-63. Luonnonkivestä tehdyt kadunkalusteet, penkki, istutusallas ja pieni suihkulähde, Arlanda, Tukholma.



Kuva 5-64. Luonnonkiven käyttöä kadunkalusteissa.



Kuva 5-65. Luonnonkivi ja vesi ovat luonteva ja paljon käytetty yhdistelmä ulkotilojen koristerakenteissa ja ympäristötaiteessa. Vesiallas, Oslo.

esitetty lohkomalla valmistettu suorakaiteen muotoinen pollari. Kuvassa on esimerkki pollarien käytöstä ketjuaidan tolppina. Kuvissa 5-61 - 5-66 on esimerkkejä luonnonkiven käytöstä kadunkalusteissa, vesialtaissa ja ympäristötaiteessa.

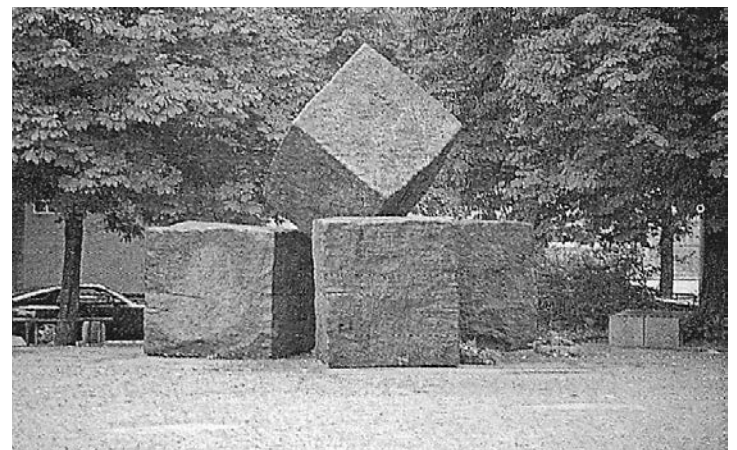
5.8 Ulkotilojen kivirakenteiden hoito ja kunnostus

Hoito- ja korjaustarve

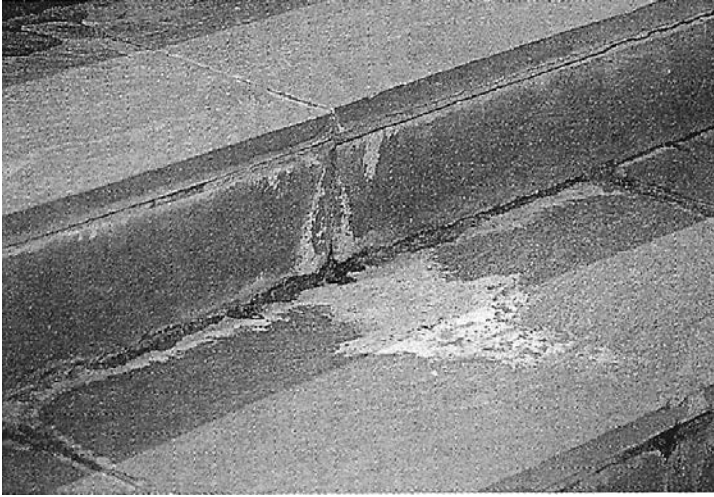
Luonnonkiviset ulkotilojen rakenteet ovat erittäin kestäviä rakenteita, joiden hoitotarve on pieni. Hyvän toimivuuden edellytyksenä on kuitenkin, että luonnonkivimateriaali on säänkestävää ja rakenteet on oikein suunniteltu.

Vanhat, kalsiittisista kivilajeista tehdyt ulkotilojen rakenteet ovat kärsineet pahoin happamassa teollisessa ympäristössä. Pahimmin vaurioituneet kivirakenteet on tehty kalkkikivestä, kalsiitti-iskosteisesta hiekkakivestä, travertiinista ja marmorista. Kuvassa 5-67 on esimerkki ilmastorasitusten vaurioittamasta marmoriportaasta.

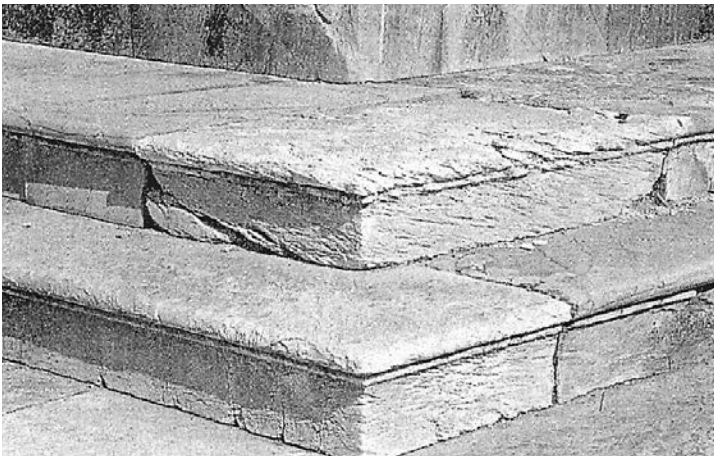
Ilmaston happamien yhdisteiden ohella ulkotilojen kivirakenteiden vaurioitumista voivat aiheuttaa muut kemialliset, fysikaaliset ja biologiset rasitukset kuten suolat, otsoni, hiilihappo ja klooriyhdisteet. Fysikaalisia rasitustekijöitä ovat vesi, tuuli, pakkasen, suolat ja lämpötilanvaihtelut. Luonnonkiven vaurioituminen on yleensä seurausta usean samanaikaisesti tai peräkkäin vaikuttavan rasitustekijän yhteisvaikutuksesta. Luonnonkiven biologista vaurioitumista voivat aiheuttaa erilaisten kiven huokosissa elävien kasvien ja luonnon organismien, kuten bakteerien, levä-, sieni- ja sammalkasvien aiheuttamat rasitukset. Kasvit ylläpitävät kiveä korkeaa kosteuspitoisuutta ja jotkut niistä voivat muodostaa kiveä syövyttäviä, happamia yhdisteitä.



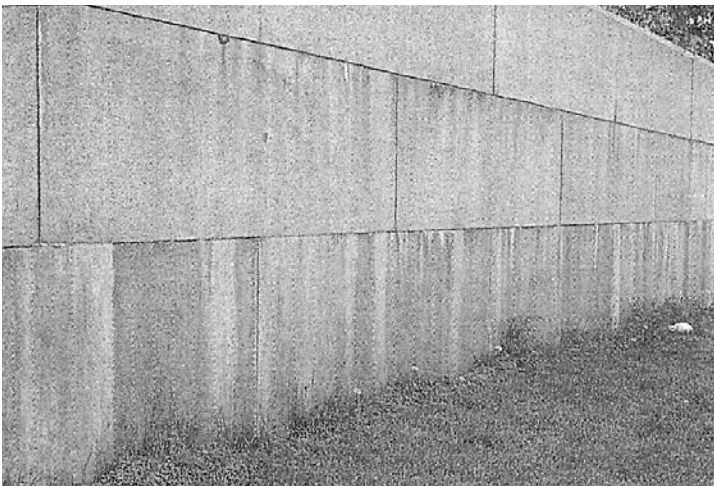
Kuva 5-66. Suurikokoisista lohkopintaisista noppakivistä tehty ympäristötaideteos, Stuttgart.



Kuva 5-69. Alustasta peräisin olevat suolat rumentavat kivipintaa ja saattavat aiheuttaa kiven rapautumista.



Kuva 5-67. Karbonaattikivestä tehtyjen ympäristörakenteiden kestävyys nykyajan kaupunki-ilmastossa on osoittautunut puutteelliseksi. Amalienborg, Kööpenhamina.



Kuva 5-68. Ulkotilojen kivirakenteiden kosteustekninen toiminta on suunniteltava niin, että alustan liukoiset suolat eivät vaella kivipintaan.

Massiiviset kivirakenteet kestävät hyvin varsin koviakin ulkoisia mekaanisia iskuja. Kivirakenteiden vauriot jäävät usein paikalliseksi ja ne rajoittuvat kiven pintaosiin eivätkä näin olennaisesti heikennä rakenteen toimintaa. Normaalisti ulkotilojen kivirakenteiden huoltotarve liittyy lähinnä kivipinnan pesuun sekä liikenne- ja törmäyskuormien rikkomien ja irrottamien kivien vaihtoon.

Suunnittelunäkökohtia

Ulkotilojen luonnonkivirakenteen kestävyys varmistetaan huolellisella ja ammattitaitoisella kiviteknisellä suunnittelulla. Huonot suunnitteluratkaisut ja virheet voivat johtaa kivirakenteen toiminnallisen laadun merkittävään heikkenemiseen ja vaurioitumiseen jo lyhyen ajan kuluessa. Hyvän kivitekniikan suunnittelun periaatteet ja suositeltavia ratkaisuja on esitetty tässä suunnitteluohjeessa.

Ulkotilojen kivirakenteissa on erityisen tärkeää varmistaa alusrakenteiden vakavuus ja routimattomuus sekä liikennekuormille alttiiden laattatuotteiden riittävä mitoitus. Rakenteiden toiminnan kannaltaan myös syytä kiinnittää erityishuomio luonnonkivirakenteiden ja niihin liittyvien rakenteiden kosteusteknisen toiminnan suunnitteluun. Suunnittelun periaatteena tulee olla, että rakenteellisen keinoin minimoidaan kivirakenteeseen kohdistuvat kuormitukset ja rasitukset.

Kivipintojen puhdistus ja suojaus

Ilmaston ja teollisen kaupunkiympäristön epäpuhtaudet likaavat luonnonkivipintaa. Kivipäälysteitä rasittavat myös liikenteestä peräisin oleva kura, bitumi, öljyt ja polttoaineet. Likaantumisen riippuu lian määrästä ja lian tarttumista kivipintaan. Lian ulkonäköä häiritsevä vaikutus riippuu lähinnä likaantumisen tasaisuudesta ja kiven tummuudesta. Kivipinnan pesun avulla pyritään poistamaan lika kivipinnasta ja palauttamaan kiven alkuperäinen ulkonäkö. Ulkotilojen kivirakenteista pestään tarpeen mukaan lähinnä rakennusten välittömässä läheisyydessä olevia, voimakkaasti likaantuneita, muuri- ja porraskivirakenteita sekä kadunkalusteita. Taso- ja reunakiveysten sekä luonnonkivisten maastorakenteiden pesu ei tavallisesti ole tarpeellista.

Ennen kivipinnan pesua tehdään perusselvitys, johon sisältyy kivimateriaalin tyypin selvitys, lian laadun selvitys, puhdistuksen tavoitteiden tarkennus ja pesumenetelmän valinta. Pesuaineilla saattaa olla myös haitallisia vaikutuksia kivipintaan. Erityisesti on vältettävä happamien pesuaineiden käyttöä kalsiittisten kivipintojen puhdistuksessa. Suositeltavaa on kokeilla valittua pesumenetelmää pienellä alueella ennen varsinaista pesua.

Vaihtoehtoiset pesumenetelmät voidaan jakaa vesipesuun, kemialliseen pesuun ja mekaaniseen puhdistukseen. Pesun tehoa voidaan lisätä käyttämällä painepuhallusta. Kivipinta kastellaan aina ennen pesua.

Mekaanisia puhdistusmenetelmiä ovat harjaus ja hiekkapuhallus. Mekaanista käsittelyä valittaessa on varmistettava, että kivipinnan ulkonäkö ei muutu häiritsevästi käsittelyn vaikutuksesta. Teräsharjauksessa on käytettävä ruostumatonta teräsharjaa, jotta kiveen ei jää ruostuvia ja kiven värjäytymistä aiheuttavia partikkeleita. Paineen alainen hiekkapuhallus voidaan tehdä kuivana tai märkänä. Paras pesutulos saavutetaan useimmiten, että vesipainepesussa käytetään samanaikaisesti likaa liuottavaa kemikaalia ja sopivia käsittelyn tehoa lisääviä hiekkatai metallirakeita (abrasiiveja).

Kivirakenteen korjaus

Kivirakenteen rakenteellisia korjaustapoja ovat kiven lujitus, kiven suojaus, kiven palkkaus, uuden kiven vaihto vanhan tilalle, saumojen korjaus ja kiinnitysten korjaus. Ennen korjausten suorittamista selvitetään mahdollisimman tarkoin korjattavien rakenteiden kivityyppi ja rakenteellinen toteutustapa. Korjattavien vaurioiden laajuus kartoitetaan, korjaustyön tavoitteet tarkennetaan ja valitaan alustavasti noudatettavat korjausmenetelmät. Rikkoontunut tai rapautunut kivi voidaan paikata olosuhteista riippuen liimamassalla tai liimaamalla kiinnitettävä kivipaikkauksella. Paikkauksissa pyritään mahdollisimman lähelle kiven alkuperäistä väriä. Paikkauslaastin runkoaineena voidaan tarvittaessa käyttää paikattavasta kivistä jauhettua hiekkaa. Pahoin vaurioitunut tai rikkoontunut kivi on yleensä tarkoituksenmukaisinta korvata osittain tai kokonaan uudella vastaavalla kivellä. Kiveä vaihdettaessa pyritään käyttämään alkuperäistä tai mahdollisimman lähelle alkuperäistä vastaavaa kivityyppiä. Massiivikivien kiinnitys varmistetaan tarvittaessa mekaanisilla kiinnikkeillä. Liimausten yhteydessä on varmistettava, että kosteutta läpäisemätön liimakerros ei häiritse rakenteen kosteusteknistä toimintaa.

Vanhojen kivirakenteiden kovat saumat korjataan mahdollisuuksien mukaan alkuperäistä vastaavilla saumauslaasteilla. Elastisten saumojen kestoikä on saumamateriaalista riippuen 15 - 25 vuotta, jonka jälkeen saumamassa on menettänyt elastisuutensa ja tartuntansa kiveen. Saumojen korjauksen yhteydessä on ulkonäkösyistä ja toiminnallisista syistä suositeltavaa uusia kokopinnan saumaus yhdellä kertaa.

Kivirakenteen korjauksen yhteydessä poistetaan ruostuvat kivikiinnikkeet, kaidetolpat ja muut kiveen liittyvät metalliset rakenteet, jotka korvataan uusilla ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla kiinnikkeillä. Mikäli kiinnikkeen poisto ei ole mahdollista, se puhdistetaan ruosteesta mekaanisesti esimerkiksi hiekkapuhaltamalla ja suojataan sen jälkeen ruostesuojamaalauksella.

LUONNONKIVIRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE 2006

LUKU 6 KUSTANNUKSET JA AIKATAULU

6.KUSTANNUKSET JA AIKATAULU

6.1 Kivirakentamisen kustannustekijät

Luonnonkivituotteiden ja kiviasennuksen kustannukset vaihtelevat varsin paljon olosuhteista riippuen. Kustannusten suuruuteen voidaan vaikuttaa monin tavoin. Kivisten rakenneosien suunnitteluratkaisuilla ja rakenteellisella toteutustavalla on merkittävä vaikutus kohteen kustannuksiin sekä rakenteen toiminnalliseen laatuun ja kestävyYTEEN. Asiantuntevasti suunniteltu ja toteutettu luonnonkivijulkisivu on pitkäikäinen ja sen hoitokustannukset ovat pienet, mikä tekee rakenteen edulliseksi pitkällä aikavälillä tarkasteltuna.

Kivirakenteen tuotantoprosessin vaiheet ovat louhinta: jalostus ja asennus. Kivirakentamisen tuotantoketju esitetään kuvassa 6-1. Louhintavaiheen alussa kivi on kiinni kalliossa. Louhinnan lopputuote on määrämittainen kivilohkare, joka siirtyy jalostusprosessiin. Jalostusvaiheen aikana raakakivestä valmistetaan suunnitelmien mukaiset kivit tuotteet. Asennusprosessissa kivit tuote asennetaan paikoilleen valmiiksi rakenteeksi, joka on tämän vaiheen ja koko tuotantoprosessin lopputuote. Luonnonkivimateriaalin jalostusaste ja myyntiarvo nousee tuotantoprosessin eri vaiheissa. Tuotantoprosessin vaiheiden kesto vaihtelee monista olosuhdetekijöistä riippuen. Projektin kustannus- ja aikataulusuunnittelussa on hyödyllistä tuntea kivit uotteen valmistusvaiheiden vaikutus tuotteen hintaan ja prosessin eri vaiheisiin kuluva aika.

Valmiin kivirakenteen kustannustekijät voidaan jakaa karkeasti luonnonkivituotteiden kustannuksiin ja asennuskustannuksiin. Luonnonkivituotteen hinta riippuu seuraavista kustannustekijöistä:

- kivimateriaali (raaka-aine),
- kiven pintakäsittely,

- kiven mitoitus,
- kiven muoto ja detaljointi,
- kiven reunan muotoilu,
- toleranssit

Kivirakenteiden asennusvaiheen kustannustekijöitä ovat:

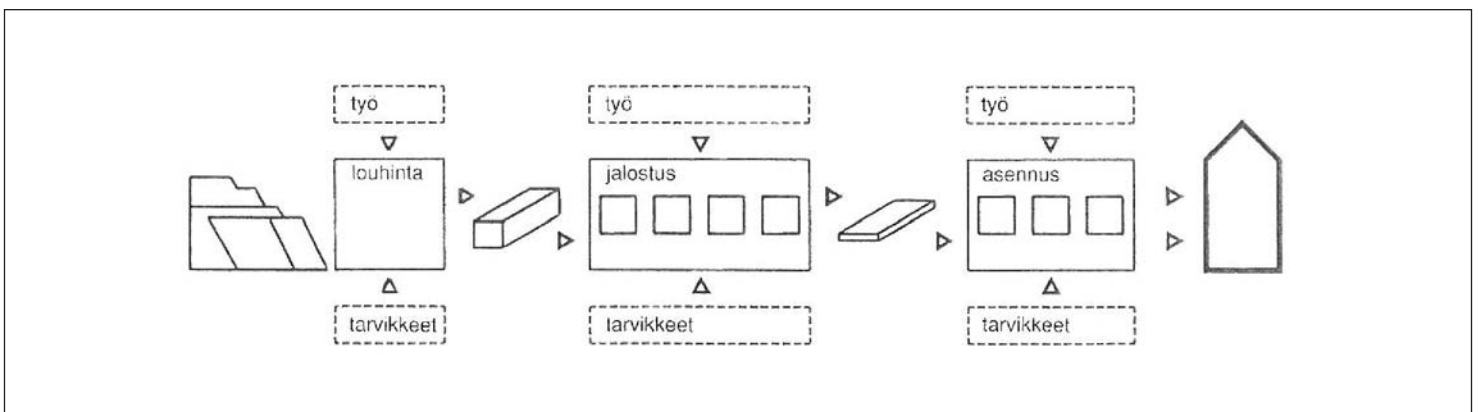
- asennustyö,
- kiinnitystarvikkeet,
- saumaus ja
- muut työmaan kustannukset (telineet, siirrot, apu-työt).

Käytännössä kivirakenteen lopulliseen hintaan vaikuttavat lisäksi vaihtelevassa määrin olosuhdetekijät kuten:

- aikataulu,
- kohteen koko ja sijainti,
- kohteen vaihtelevuus ja monimuotoisuus,
- kohteen rakenteellinen toteutustapa,
- kiviteknisten suunnitelmien laatu,
- kiven hankinnan ja kohteen urakoinnin toteutustapa
- työmaan olosuhteet.

Luonnonkivien ulkonäkö: fysikaaliset ominaisuudet. saatavuus ja tuotantotekniset ominaisuudet vaihtelevat varsin paljon kivityypistä ja tarkasteluajankohdasta riippuen. Tästä syystä on tärkeä tutustua käytettävän kiven erikoispiirteisiin suunnitteluvaiheessa ja kohteen toteutuksen aikataulua suunniteltaessa. Mahdollisuuksien mukaan suositellaan perehtymistä vaihtoehtoisten kivityyppien ominaisuuksiin alustavasti jo hankesuunnitteluvaiheessa.

Kivikohteen kustannus- ja aikataulusuunnittelu on kokonaisvaltainen tehtävä, jossa tarkastellaan samanaikaisesti useita eri tekijöitä. Käytännössä vaihtoehtoisten ratkaisujen kustannus-



Kuva 6-1. Kivirakentamisen tuotantoketju.

vaikutukset eivät aina ole samansuuntaisia, koska eri tekijät ovat kes-kenään riippuvaisia. Esimerkiksi kiven pintakäsittelytapojen keskinäinen edullisuus riippuu käytettävästä kivilajista, kivi-
mitoituksesta ja kiven reunojen muotoilutavasta Kivityypistä ja
kohteenkiviurakoitsijasta riippuen voi rakennuskustannus vaih-
della myös toteutusajankohdan mukaan.

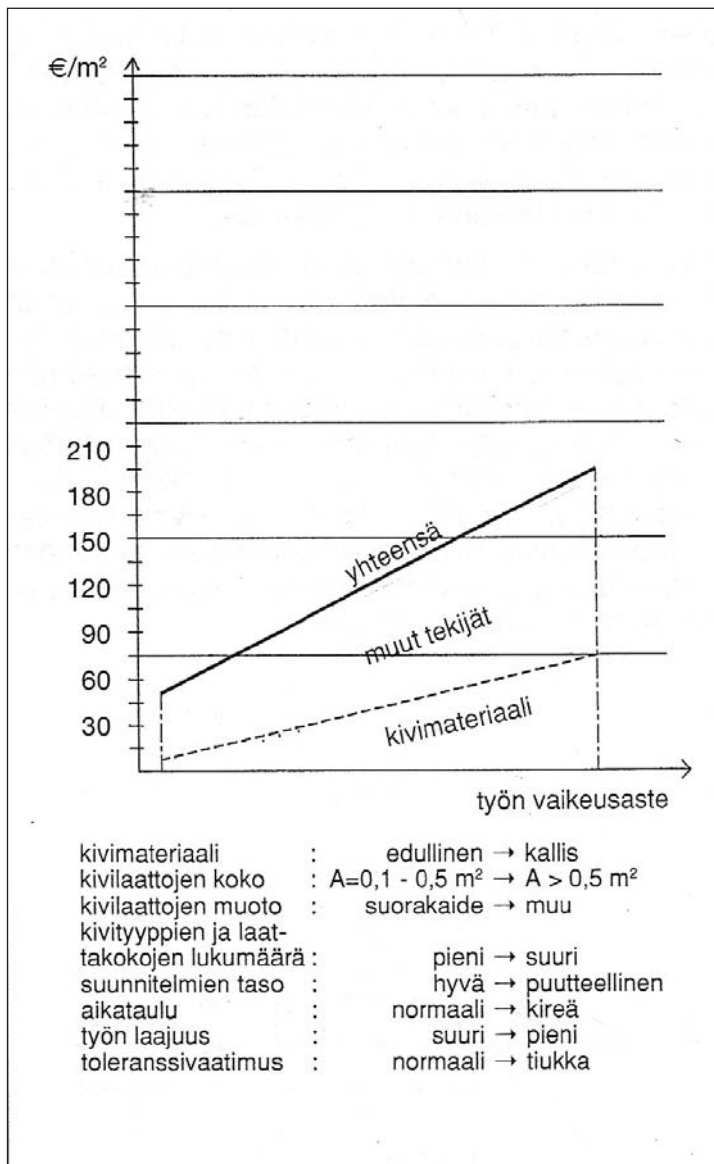
6.2 Luonnonkivituotteiden kustannus

Kivimateriaali

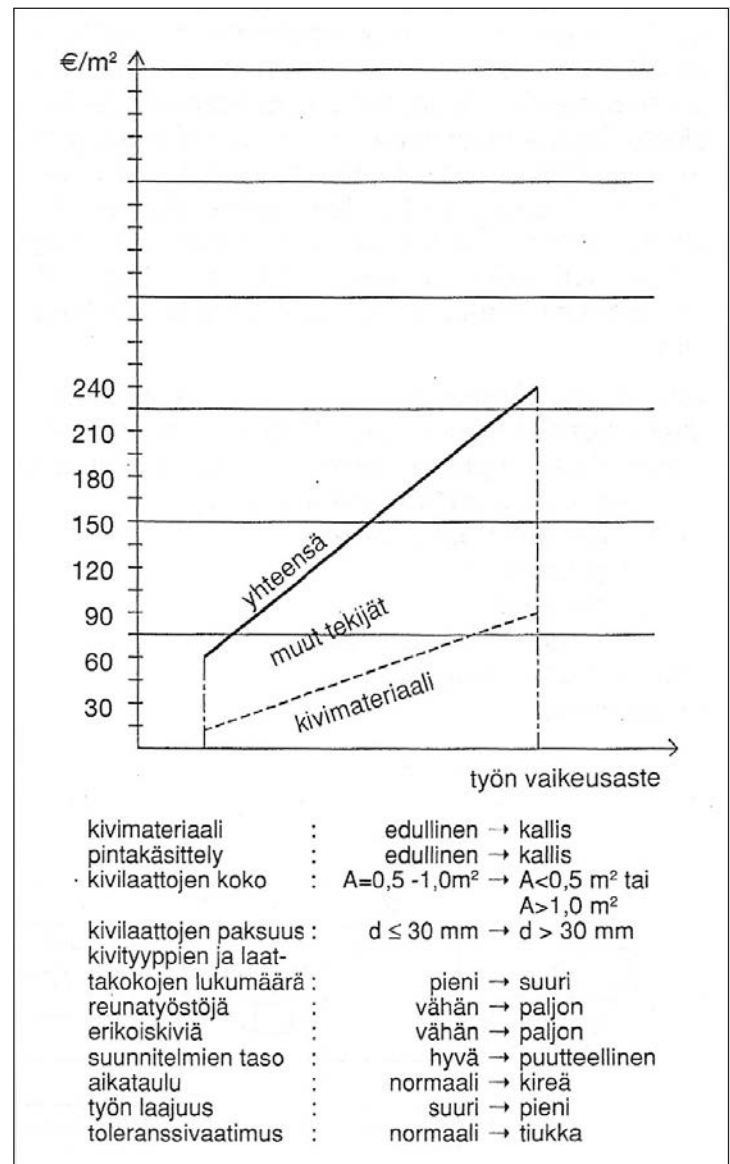
Valmiin kivituetteen hinta riippuu kivimateriaalin hinnasta ja tuotteen valmistuskustannuksista. Kivima-
teriaalin markkina-
hinta vaihtelee melkoisesti. Tärkeimmät raakakiven hintaan vai-
kuttavat tekijät ovat kiven laatu ja kiven saatavuus. Kotimaisten
hyvälaatuisten rakennuskivi-
hinta vaihtelee keskimäärin välillä

250–1000 €/ m3. Edullisimpia ovat punaiset ja harmaat graniitit,
sekä vuolukivet joita louhitaan suuria määriä. Kalleimpia ovat
mustat kivi-tyypit. Tiettyjen, harvinaisten tuontikivityyppien
hinta voi olla jopa yli 2000 €/ m3.

Kivimateriaalin hintaa arvioitaessa on muistettava, että jalos-
tusvaiheessa voidaan hyödyntää kiven laadusta, tuotantome-
netelmästä ja laatan paksuudesta riippuen vain noin 50 - 60 %
raakakivilohkareesta. Hukkakiven osuus on suurin halkaisusa-
hauksessa ja kivi-
paloitteluvaiheessa. Hukkakiven määrää
voidaan pienentää ja tuotteen tuotantokustannusta alentaa
ottamalla mitoituksessa huomioon kivityypille ominainen
lohkarekoko, kiven ominaisuudet ja muut olosuhdetekijät. Nor-
maalihintaisilla rakennuskivilaaduilla voi pitää nyrkkisääntönä,
että kivilaatan pak-
suuden lisäys 10 mm nostaa tuotteen hintaa
keski-määrin noin 5-10 €/m2.



Kuva 6-2. Lattian päällyskiven hintaan vaikuttavat tekijät. Kivilaatan paksuus on 20 mm ja pintakäsittely on mattahiottu.

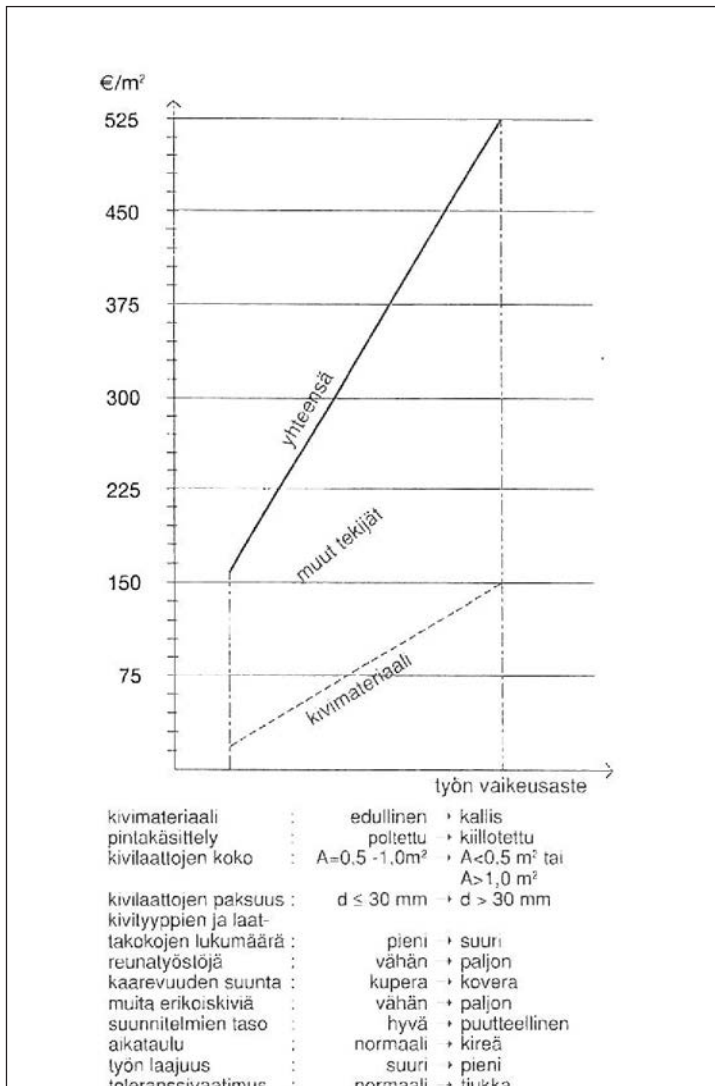


Kuva 6-3. Julkisivuverhouksen suoran kivilaatan hintaan vaikuttavat tekijät. Kivi-
laatan paksuus noin 20 mm ja pintakäsittely on poltettu.

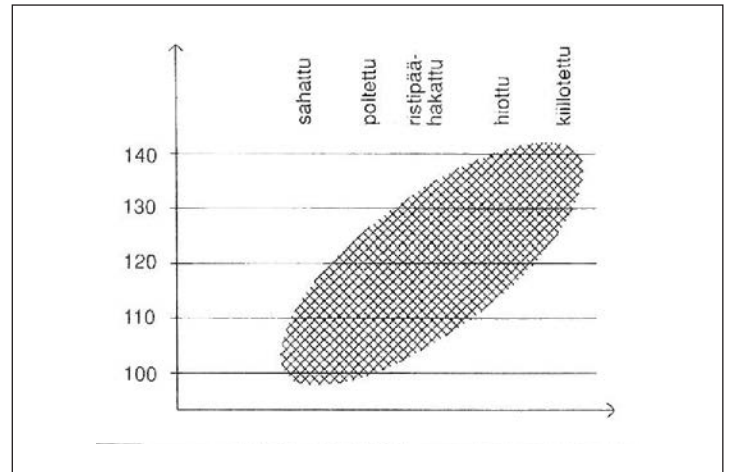
Laatuvaatimuksia määritettäessä on tärkeä ottaa huomioon kivelle ominainen ulkonäön ja laadun vaihtelu. Jos laatuvaatimukset ovat epätavallisen tiukat, joudutaan raaka-ainetta lajittelemaan ja valikoimaan, mikä nostaa kiviraaka-aineen hintaa. Karkeita pintakäsittelyjä käytettäessä kannattaa muistaa, että karkeassa pinnassa kiven ulkonäön vaihtelut tasoittuvat.

Lattianpäällysteen kivilaatta

Kuvassa 6-2 on esitetty rakennuskohteen olosuhde-tekijöiden keskimääräinen vaikutus lattianpäällystyksessä käytettävän kivilaatan hintaan. Vaaka-akseli kuvaa laatan valmistuksen vaikeusastetta, vasen reuna edustaa edullisinta toteutustapaa ja oikealle mentäessä työn vaativuus nousee. Pystyakselilla on esitetty kiven hinta yksiköissä €/m². Kiven materiaali- ja likustannus, joka sisältyy kokonaiskustannukseen, on esitetty erikseen katkoviivalla. Muiden kustannus-tekijöiden vaikutusta hintaan ei ole eritelty. Esitettyä tarkastelua tulee monista asiaan vaikuttavista tekijöistä johtuen käyttää vain suuntaa antavana. Käytännössä



Kuva 6-4. Julkisivuverhouksen kaarevan kivilaatan hinnan vaihtelu, kiven paksuus on 30 mm ja pintakäsittely on poltettu.



Kuva 6-5. Pintakäsittelyn vaikutus kiven hintaan. Sahattua kivipintaa merkitään indeksillä 100.

lattianpäällystekiven hintaa nostavat tavallisesti eniten epätaloudellinen (tavallista pienempi tai huomattavan suuri) kivikoko, kiven suorakaiteesta poikkeava muoto, kiven työstötarpeet esimerkiksi reuna-alueilla sekä lattianpäällysteen kirjavuus ja monimuotoisuus.

Julkisivuverhouksen kivilaatta

Kuvissa 6-3 ja 6-4 esitetty on vastaavasti julkisivun verhouslaatan hintaan vaikuttavat tekijät. Vertailun vuoksi tarkastellaan erikseen suoran ja kaarevan kivilaatan hintaa. Kivimateriaalin hinta, joka sisältyy kokonaishintaan, on kummassakin tapauksessa esitetty erikseen katkoviivalla. Muiden kustannus-tekijöiden erillisvaikutusta hintaan ei ole eritelty. Tarkastelun tavoitteena ei ole antaa yksityiskohtaisia hintatietoja, vaan esittää seikkoja, joiden huomioon ottamisella voi olla merkittävä vaikutus kivituohteen hintaan. Käytännössä tavallisimmat syyt julkisivun verhouksikiven kalleuteen ovat kohteen kirjavuus ja monimuotoisuus sekä kalliit detaljiratkaisut.

Pintakäsittelyn kustannusvaikutus

Kiven mekaanisen pintakäsittelyn vaikutusta kivilaatan hintaan havainnollistetaan kuvassa 6-5. Vaaka-akselilla on esitetty tavallisimmat pintakäsittelyvaihtoehdot edullisimmasta kalleimpaan. Pystyakselilla on esitetty eri pintakäsittelyjen suhteellinen vaikutus kivilaatan hintaan siten, että sahapintaisen kivilaatan hintaa kuvataan luvulla 100. Useista muuttujista johtuen pintakäsittelyn kustannusvaikutus ei ole yksiselitteinen, vaan se vaihtelee kohteen olosuhdetekijöistä riippuen.

Edullisin pinta on sahapinta (timanttisahapinta), jota voidaan käyttää vähemmän vaativissa kohteissa sellaisenaan. Kallein pintakäsittelytapa on yleensä kiillotus ja edullisin poltto. Pinta-

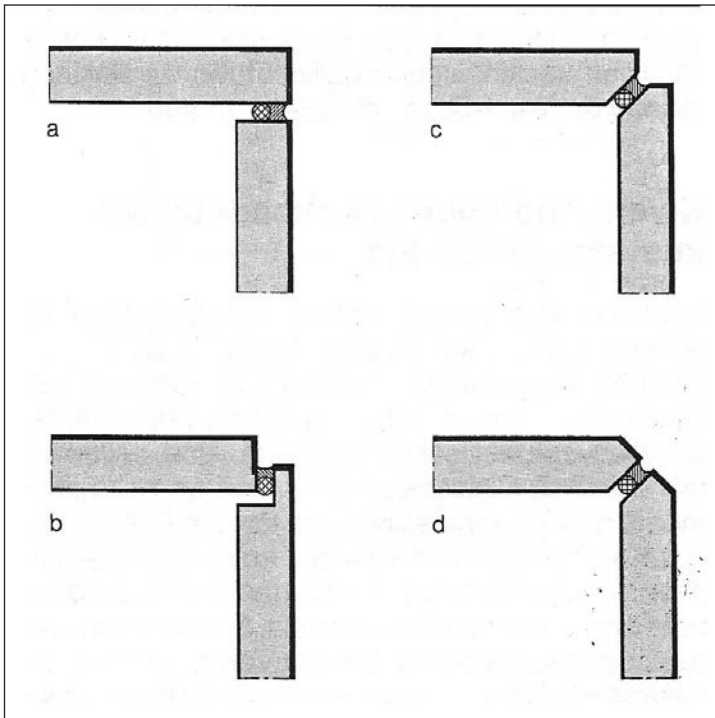
Kivityyppi / työstötapa	Hintakerroin
massiivikivi (60 < d < 150)	1,5 - 2,5
kaareva kivi, kupera, pintakäsittely karkea	2,5 - 3,5
kaareva kivi, kupera, pintakäsittely hiottu tai kiillotettu	3,5 - 4,5
kaareva kivi, kovera, pintakäsittely karkea	2,5 - 3,5
kaareva kivi, kovera, pintakäsittely hiottu tai kiillotettu	4 - 5
pielikivi (liimattu ja tapitettu)	0,5 - 1,5
reunan pintakäsittely ja muotoilu	ks.taulukko 6-2

Taulukko 6-1. Erikoiskiven kustannusvertailu. Kiven hinta saadaan kertomalla annetulla hintakertoimella vastaavan suoran, 30 mm paksuisen kivilaatan hinta.

käsittelyn vaikutus kivilaatan neliöhintaan vaihtelee suoralla, sahareunaisella kivilaatalla kiven materiaalihinnasta riippuen välillä 10 - 40 %. Pintakäsittelytavan kustannusvaikutus kiven kokonaishintaan on suhteellisesti pienin, kun kiven materiaali-kustannus on korkea. Pintakäsittelyjen keskinäiset kustannuserot korostuvat kivilaatan reunoissa. Pintakäsittelykustannuksia arvioitaessa on tästä syystä otettava huomioon myös kiven näkyvien reunojen muoto ja pintakäsittelytarve, jolla saattaa olla merkittävä vaikutus eri pintakäsittelyjen keskinäiseen edullisuu-teen varsinkin, jos reunatyöstöjen määrä kohteessa on suuri.

Kiven muotoilun ja kulmadetaljien kustannusvaikutus

Luonnonkivirakenteiden muotoilussa ja kivipinnan nurkkakohdissa käytettävät detaljit lisäävät kivirakenteen kustannusta. Detaljoinnin vaikutus kokonaiskustannukseen riippuu kohteen



Kuva 6-6. Kiviverhouksen nurkkaliitoksen toteutustapoja.

Pintakäsittely	Nurkkadetalji			
	a	b	c	d
polttettu	100	150	300	400
kiillotettu	200	300	400	500

Taulukko 6-2. Kuvan 6-6 nurkkadetaljien a, b, c ja d valmistuskustannusten suhteellinen vertailu. Tyyppiä a) poltettuna merkitään indeksillä 100.

laajuudesta ja detaljien suhteellisesta määrästä. Jos esimerkiksi pienehkössä julkisivuverhouksessa on huomattava määrä nurkkia ja massiivikivillä toteutettuja muotoaiheita, voi detaljoinnin vaikutus kokonaiskustannukseen olla huomattava. Kivipinnan monimuotoisuus lisää myös asennuskustannuksia. Suurehkoissa, pääasiassa tasomaisessa julkisivuverhouksessa eivät toisaalta kalliitkaan yksittäiset muotoaiheet vaikuta merkittävästi julkisivun kokonaiskustannukseen.

Kivijulkisivun detaljien tarkka kustannusvaikutus voidaan määrittää, kun on tehty päätökset kivityypistä, pintakäsittelystä, kivien mitoituksista; kiven valmistusmenetelmästä ja julkisivun rakenteellisesta toteutustavasta. Kustannusten laskennassa kannattaa käyttää apuna kivenjalostuksen ja kivitekniikan asiantuntemusta. Kivirakenteiden kustannuksia määrittäessä voi detaljien kustannusvaikutusta arvioida likimääräisesti esimerkiksi taulukossa 6-1 annettujen kertoimien avulla.

Seinäverhouksen nurkan kividetaljien kustannus aiheutuu kivilaattojen reunojen työstöistä ja näkyvien reunapintojen pintakäsittelystä. Eri nurkkadetaljien työstö ja käsittelytarpeet samoin kuin erilaisista kiven reunan työstöistä ja pintakäsittelystä aiheutuvat kustannukset vaihtelevat. Reunatyöstöjen suhteellinen vaikutus kivilaatan hintaan riippuu toisaalta kivimateriaalin hinnasta.

Taulukossa 6-2 on esitetty kuvan 6-6 nurkkadetaljien kustannusvertailu, kun pintakäsittely on polttettu tai kiillotettu. Edullisin nurkka on tyyppi a), jossa lisäkustannuksia aiheutuu näkyvän kivireunan kalibroinnista ja kiven reunan pintakäsittelystä. Tyyppissä b) toiseen kiveen jyrsitään kolo ja kummankin kiven reunat pintakäsittelään noin puoliväliin asti. Kulmadetalji c) edellyttää kummankin kiven viistesahausta ja näkyvien reunojen pintakäsittelyä. Malli d):ssä kiven reuna viistetään kahteen suuntaan ja näkyvät pinnat pintakäsittelään. Taulukon 6-2 vertailussa on mallin a) mukaista poltettua kivipintaa merkitty luvulla 100, johon muita vaihtoehtoja verrataan. Taulukosta nähdään, että kiillotettu kulma on selvästi kalliimpi kuin polttettu. Toisaalta pintakäsittelyjen välinen kustannusero tasoittuu kalliimmissa nurkkatyypeissä. Kiillotettua pintakäsittelyä käytettäessä kalleimman ja edullisimmin vaihtoehdon ero on suhteessa pienempi kuin poltetussa pinnassa. Ristipäähakattua pintakäsittelyä käytettäessä suositellaan käytettäväksi ensisijaisesti mallin a) mukaista nurkkaa.

Kustannustekijä	Osuus kokonaishinnasta, %
kivimateriaali	25
lohkareen sahaus	30
pintakäsittely (kiillotettu)	25
paloittelusahaus	10
viimeistely ja pakkaus	10
YHTEENSÄ	100

Taulukko 6-3. Rakennuskivilaatan keskimääräinen kustannusrakenne.

Kustannustekijä	Osuus kokonaishinnasta, %
kivimateriaali	13
lohkareen sahaus	38
pintakäsittely, kiillotettu	27
paloittelusahaus	8
kalibrointi mittatarkaksi	9
viimeistely ja pakkaus	5
YHTEENSÄ	100

Taulukko 6-4. Kalibroidun ohutlaatan keskimääräinen kustannusrakenne.

Kalustekivet valmistetaan tavallisesti kiillotettuina. Niiden kustannusta nostavat kivilaattojen reunatyöstöt, kiinniketyöstöt, laatan teräslujitusten teko sekä vesihanoja, liesitasoja ja altaita varten työstettävät aukot ja muut kivitasojen erikoistyöstöt. Luonnonkivestä voidaan valmistaa myös kaksoiskaarevia eli kahden poikkileikkaustason suhteen kaarevia kivipintoja. Luonnonkivisissä työtasoina hintaa nostavat myös kivituoitteiden ja asennustyön tiukat toleranssit. Kivitasot ovat oikein käytettyinä erittäin pitkäikäisiä, joten kiven edullisuus kilpaileviin materiaaleihin verrattuna lisääntyy ajan myötä.

Oman lukunsa muodostavat luonnonkiviset tulisijat, joita on nykyisin tarjolla erittäin monipuolinen tuotevalikoima. Luonnonkivitulisijojen hinnat vaihtelevat voimakkaasti materiaalista ja tyypistä riippuen. Rakennuskustannuksiltaan edullisin tulisija saadaan muraamalla luonnon muotoilemista liuskekivistä

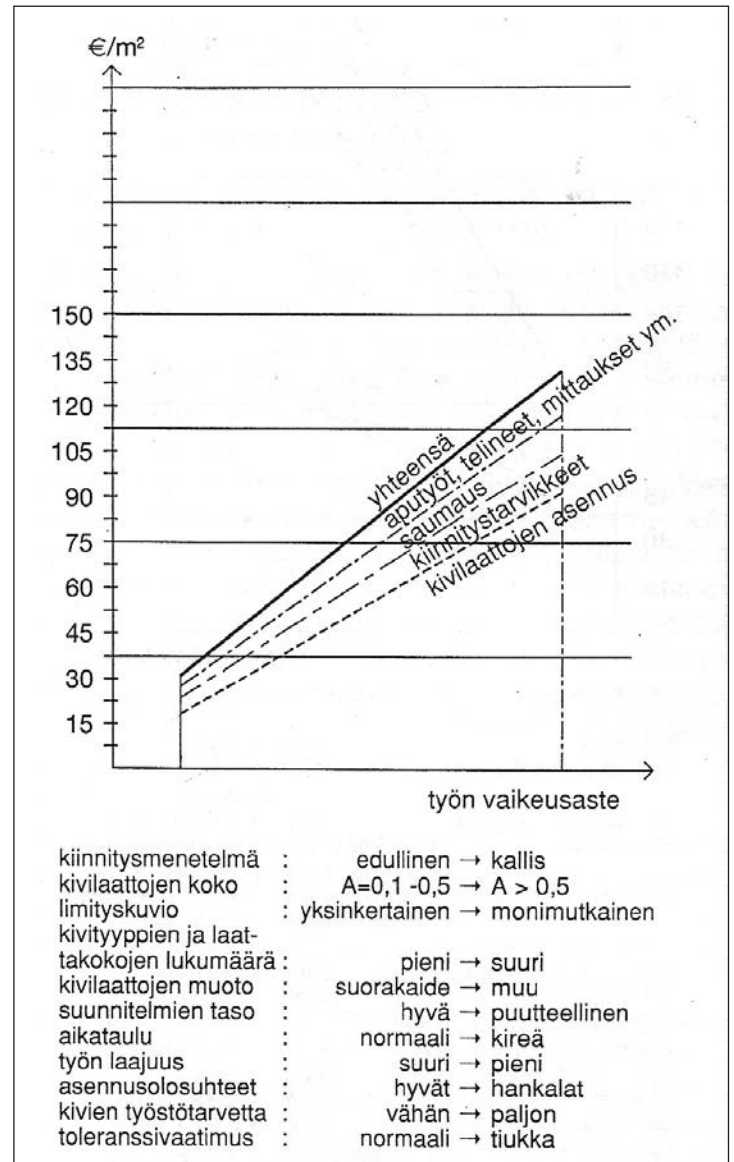
Kivituote	Tuotteen suhteellinen hinta
vapaamuotoinen liuskekivilaatta	20
harkkomainen lohkottu graniitti	40
noppakivi	60
katukivi (nupukivi)	75
polttupintainen katulaatta	100
viistereunakivi	120
massiivinen porraskivi	170
määrämittainen harkkokivi	180
lohkopintainen suuri paasikivi	190

Taulukko 6-5. Ulkotilojen rakenteissa käytettävien kivituoitteiden suhteellinen kustannusvertailu. Polttupintaisen katulaatan hintaa merkitään indeksillä 100.

tai graniiteista. Kalleimpia ovat yksilöllisesti suunnitellut, jopa veistosmaisesti koristellut ja suurikokoiset tulisijat. Vuolukiven suosio tulisijamateriaalina perustuu sen hyviin lämpötekniisiin ominaisuuksiin ja taloudellisuuteen. Vuolukiveä voidaan käyttää kaikissa uunin osissa, myös tulipesän rakenteissa. Tässä yhteydessä ei käsitellä tarkemmin lämpötalouteen liittyviä kysymyksiä.

Kivituotteiden kustannusrakenne

Kivituoitteiden kustannusrakenne vaihtelee kivityypin, pintakäsittelytavan, kiven mittojen ja työstöasteen mukaan. Taulukoissa 6-3 ja 6-4 on esimerkkejä rakennuskivituoitteiden keskimääräisistä kustannusrakenteista. Taulukossa 6-3 on esitetty tyypillisen 20 30 mm paksuisen graniittisen rakennuskivilaatan kustannustekijät ja kustannusrakenne. Taulukossa 6-4 on vastaavasti kalibroidun, 10 mm paksuisen ohutlaatan keskimääräinen kustannusrakenne. Vertailut on esitetty prosenttiosuksina siten.



Kuva 6-7. Lattian kivilaattapäällysteen asennuskustannukseen vaikuttavat tekijät.

että kummankin tuotteen kustannusosuus on 100, joten eri taulukoiden yksittäiset luvut eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Ulkotilojen lohkopintaisten kivituoiteiden hinta riippuu kivityypistä ja kivituoiteen jalostusasteesta. Tuotteet ovat massiivisia, joten kivimateriaalin määrä on suurehko. Kiven laadulle asetettavat vaatimukset ovat kuitenkin näissä käyttökohteissa yleensä väljemmät kuin talonrakennuksen käyttökohteissa. Tuotteiden valmistus on perinteisesti tehty käsityönä. Nykyisin lohkokivituoiteiden valmistuksessa ovat yleistyneet hydrauliset lohkomislaitteet, jotka vähentävät tuotannon työvaltaisuutta. Pääsääntö on, että lohkomalla valmistetut kivituoitteet ovat edullisempia kuin sahaamalla valmistetut. Taulukossa 6-5 on vertailu ulkotilojen rakenteissa käytettävien kivituoiteiden keskimääräisistä hinnoista. Poltettupintaisten katulaatan hintaa merkitään luvulla

100 ja muiden tuotteiden hintoja verrataan siihen. Indeksiarvot perustuvat yksikköhintoihin, jotka on saatettu vertailukelpoiseen muotoon käyttämällä yksikkö; €/m².

6.3 Asennuskustannus

Yleistä

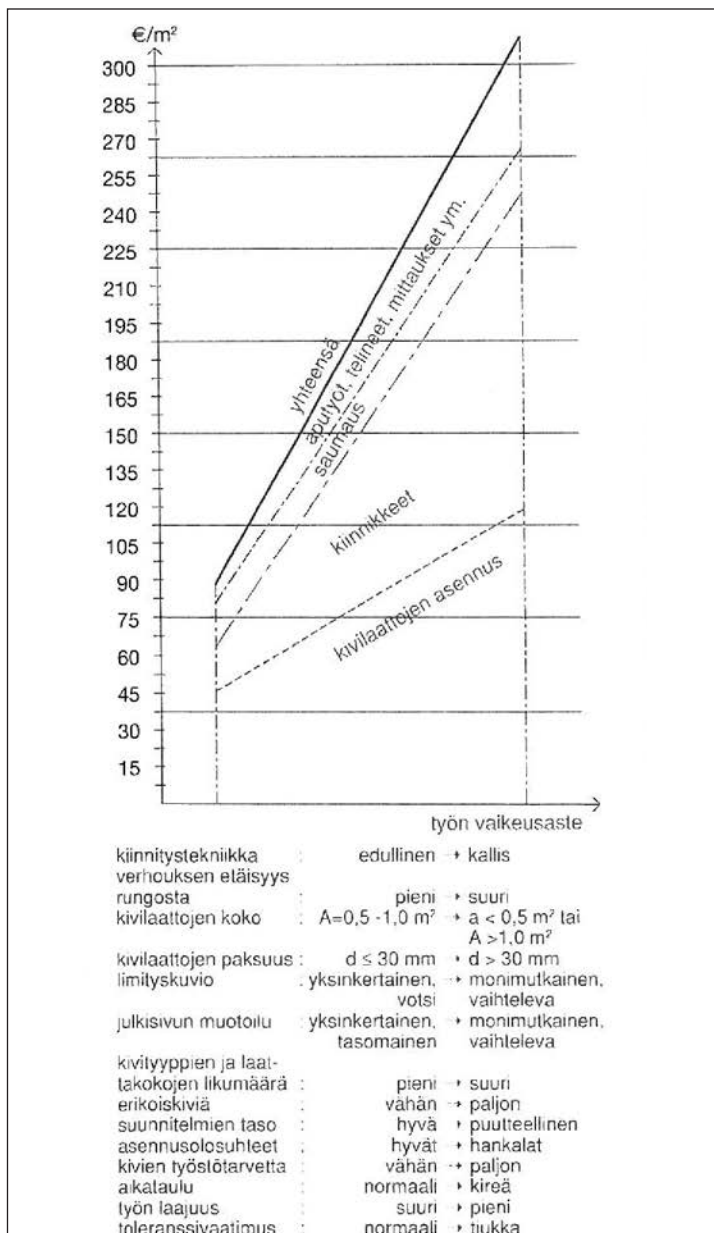
Kivirakenteiden asennuskustannus koostuu työkustannuksesta ja tarvikkeiden kustannuksesta. Tarvikkeiden kustannus vaihtelee varsin paljon eri käyttökohteissa. Sisäpuolisissa käyttökohteissa työkustannuksen suhteellinen osuus on keskimäärin suurempi kuin julkisivuissa ja ulkotilojen kivirakenteissa. Julkisivurakenteissa tarvikkeiden kustannuksen ja rakennuttamiskustannusten osuus on työn vaativuudesta johtuen suhteellisesti suurempi kuin muissa käyttökohteissa. Seuraavassa tarkastellaan esimerkkinä lattian ja julkisivun kivirakenteiden asennuskustannusten muodostumista.

Kivilattian asennus

Kuvassa 6-7 on esitetty lattianpäällysteen asennuksen kustannusrakenne ja eri tekijöiden vaikutus asennuskustannukseen. Tarkasteltava lattiarakenne on normaali maakostealla betonilla kiinnitettävä, 20 mm paksuinen kivilaattalattia. Kivipäällysteen asennustyön, kiinnitystarvikkeiden, saumauksen ja aputöiden osuudet, jotka sisältyvät kokonaiskustannukseen, on eritelty kuvassa. Vaaka-akseli kuvaa asennuksen edullisuutta ja pystyakseli asennuskustannusta. Vaaka-akselilla oikealle mentäessä asennuksen edullisuus pienenee. Esitettyä tarkastelua tulee monista asiaan vaikuttavista tekijöistä johtuen käyttää lähinnä suuntaa antavana. Käytännössä merkittävimmät lattianpäällysteen asennustyön määrää ja kustannuksia lisäävät tekijät ovat pohjatöiden huono laatutaso, normaalia pienempi laattakoko, kiven suorakaiteesta poikkeava muoto, lattian kirjavuus ja monimuotoisuus, hankalat asennusolosuhteet sekä kiven työstötarpeet asennuspaikalla.

Kivijulkisivun asennus

Kuvassa 6-8 on vastaavasti julkisivun kiviverhouksen asennuksen kustannusrakenne ja kustannukseen vaikuttavat tekijät. Tarkasteltava julkisivurakenne on tyypillinen työmaa-asennuksena teräskannakkeilla kiinnitettävä 30 mm paksuinen verhouksen rakenne. Kiviverhouksen asennustyön, kiinnitystarvikkeiden, saumauksen ja työmaan kustannusten osuudet, jotka sisältyvät kokonaiskustannukseen, on merkitty kuvaan erikseen. Koordi-



Kuva 6-8. Julkisivun kiviverhouksen asennuskustannukseen vaikuttavat tekijät.

Rakennetyyppi	Rakennuskustannus
JS1	100
JS2	92
JS3	102
JS4	77
JS5	63

Taulukko 6-6. Luonnonkivijulkisivun rakennetyyppien JS1...JS5 suhteellinen kustannusvertailu. JS1=100.

Kustannustekijä	JS1	JS2	JS3	JS4	JS5
kivimateriaali	10	10	10	9	7
kiven valmistus	25	25	25	26	25
kiven reunatyöstöt	2	2	2	2	2
kivikiinnikkeet	23	15	22	7	-
kiven ja kiinnikkeiden asennus	23	25	28	20	18
saumaussmassa ja -työ työmaan ja elementti-tehtaan aputyöt	4	4	4	4	2
rahdit	10	10	10	7	7
rahdit	1	1	1	2	2
YHTEENSÄ	100	92	102	77	63

Taulukko 6-7. Luonnonkivijulkisivun rakennetyyppien JS1...JS5 kustannusrakenteiden suhteellinen vertailu. JS1=100.

naatiston vaaka-akseli kuvaa asennuksen edullisuutta ja pysty-akseli asennuskustannusta. Vaaka-akselilla oikealle asennuksen edullisuus pienenee.

Esitettyä tarkastelua tulee monista asiaan vaikuttavista tekijöistä johtuen käyttää lähinnä suuntaa antavana. Käytännössä julkisivuverhouksen asennuskustannuksen nousu johtuu tavallisesti kiinnikkeiden suuresta määrästä ja monimutkaisuudesta, jolloin kiinnikekustannus ja asennuksen työkustannus nousevat. Muita julkisivuverhouksen asennuskustannusta lisääviä tekijöitä ovat erittäin suuri laattakoko, julkisivun monimuotoisuus, hankalat asennusolosuhteet sekä kiven ja kiinnikkeiden työstötarpeet asennuspaikalla.

6.4 Kivirakenteiden kustannusrakenne

Yleistä

Luonnonkivirakenteiden kokonaishinta, kustannustekijät ja kustannusten jakautuminen vaihtelevat eri käyttökohteissa varsin paljon. Seuraavassa vertaillaan erityyppisten julkisivurakenteiden, lattiarakenteiden, porrusrakenteiden ja sisäseinärakenteiden keskimääräisiä rakennuskustannuksia ja kustannusten jakautumista. Vertailulaskelmat perustuvat seuraaviin oletuksiin:

Rakennetyyppi	Rakennuskustannus
L1	100
L2	88
L3	109

Taulukko 6-8. Luonnonkivisten päällysterakennetyyppien L1...L3 suhteellinen kustannusvertailu L1=100.

Kustannustekijä	L1	L2	L3
kivimateriaali	16	10	19
kiven valmistus	44	44	49
kiven kiinnitysmassa	5	5	9
kivipinnan asennus	18	16	16
saumaussmassa ja -työ	5	5	6
kivipinnan suoja-ainekäsittely	2	2	-
työmaan aputyöt	6	4	6
rahdit	4	2	4
YHTEENSÄ	100	88	109

Taulukko 6-9. Luonnonkivisten päällysterakennetyyppien L1...L3 kustannusrakenteiden suhteellinen vertailu. L1=100.

- kivimateriaali on tyypillistä keskirakeista rakennus kiveä.
- kiven mitoitus on tavanomainen,
- rakenteet ovat tasomaisia eikä niihin sisälly erikoisia detaljeja,
- asennusolosuhteet ovat normaalit ja työn vaikeusaste on kohtalainen,
- muut kohteen olosuhteet ovat tavanomaiset, aikataulun vaikutusta kustannuksiin ei ole otettu huomioon laskelmissa.

Eri kustannustekijöiden kohdalla on huomioitu kaikki kyseiseen vaiheeseen kuuluvat kustannukset. Vertailuissa on otettu huomioon myös arvonlisäveron vaikutus. Useiden kustannuksiin vaikuttavien tekijöiden takia ei tarkkojen ja yleispätevien lukuarvojen esittäminen ole mahdollista. Tästä syystä esitettyjä vertailuja voidaan pitää vain keskimääräisinä ja suuntaa antavina.

Julkisivurakenteet

Kustannusvertailussa tarkastellaan seuraavia julkisivu rakenteita:

JS1: työmaalla lämpöeristettyyn seinään kiinnitetty kiviverhouk, jonka paksuus on 30 - 40 mm.

JS2: työmaalla kylmään seinärakenteeseen kiinnitetty kiviverhouk, jonka paksuus on 30 -40 mm,

JS3: työmaalla harkkomuuriin kiinnitettykiviverhous, jonka paksuus on 30 - 40 mm.

JS4: kivipintaisilla betonielementeillä toteutettu julki-sivu, jossa 25 - 30 mm paksuiset kivilaatat kannatetaan mekaanisesti kiven takapintaan kiinnitetyillä terästapeilla.

JS5: kivipintaisilla betonielementeillä toteutettu julki-sivu, jossa 10 mm paksuiset kalibroidut kivilaatat kiinnittyvät elementin ulkokuoreen suoraan valussa ilman mekaanisia kiinnikkeitä.

Taulukossa 6-6 on esitelty eri rakennetyyppien rakennuskustannusten vertailu. Vertailuindeksi on rakennetyypin JS1 kokonaiskustannus, jota merkitään luvulla 100. Taulukossa 6-7 esitetään eri rakennevaihtoehtojen keskimääräiset kustannusrakenteet. Kivilaattapintaiset elementtirakenteet ovat selvästi paikalla rakennettuja kivijulkisivuja edullisemmat. Tämä selittyy pääasiassa kivikiinnikkeiden sekä asennus- ja aputyöiden kustannusten pienuudella elementtirakenteissa. Elementtirakenteiden edullisuutta korostaa tässä vertailussa lisäksi se, että arvonlisäveron vaikutus on otettu huomioon myös paikalla rakennettujen verhousten kustannuksissa. Ohutkivilaatoilla päällystetty elementtirakenne JS5 on rakennetyyppiä JS4 edullisempi, koska kivilaatat kannatetaan tartunnalla ilman kivikiinnikkeitä ja ohutkivilaatta on edullisempi, kuin normaali kivilaatta. Elementin JS5 saumauksen edullisuus perustuu siihen, että siinä käytetään kovia saumoja, jotka valmistetaan suoraan valuu yhteydessä.

Rakennetyyppi	Rakennuskustannus
P1	100
P2	86
P3	94

Taulukko 6-10. Luonnonkivisten porrastyyppien P1...P3 kustannusrakenteiden suhteellinen vertailu. P1=100.

Kustannustekijä	P1	P2	P3
kivimateriaali	10	10	23
kiven valmistus	35	35	30
liukuesteen teko kiveen	18	-	-
kiven kiinnitysmassa	2	3	3
kiven asennus	22	22	21
saumausmassa ja -työ	7	6	5
kivipinnan suoja-ainekäsittely	1	-	-
työmaan aputyöt	4	7	7
rahdit	1	3	5
YHTEENSÄ	100	86	94

Taulukko 6-11. Luonnonkivisten porrastyyppien P1...P3 kustannusrakenteiden suhteellinen vertailu. P1=100.

Muissa rakenteissa saumaus tehdään elastisella saumausmassalla. Rakennetyypin JS2 edullisuus tyyppiin JS1 verrattuna johtuu kiinnikekustannuksen pienuudesta lyhyemmällä ulokepituudella. Rakenteen JS3 kustannusta nostaa harkkorunkoon tehtävien, liimauksen perustuvien kivikiinnitysten työläisyys. Liimakiinnitysten tekoa hankaloittavat käytännössä lähinnä asennusolosuhteiden rajoituksista johtuvat vaatimukset.

Päällysterakenteet

Kustannusvertailussa tarkastellaan seuraavia luonnonkivisiä lattia- ja päällysterakenteita:

L1: maakostealla betonilla kiinnitetty 20 mm paksuinen lattianpäällyste,

L2: ohutlaastilla kiinnitetty 10 mm paksuinen mitta-tarkka lattianpäällyste,

L3: maakostealla betonilla kiinnitetty 40 - 60 mm paksuinen ulkotilojen kivipäällyste.

Taulukossa 6-8 on esitetty eri rakennetyyppien rakennuskustannusten vertailu. Vertailuindeksi on rakennetyypin L1 kokonaiskustannus, jota merkitään luvulla 100. Taulukossa 6-9 esitetään eri rakenne-vaihtoehtojen keskimääräiset kustannusrakenteet.

Rakennetyyppi	Rakennuskustannus
S1	100
S2	70

Taulukko 6-12. Luonnonkivisten sisäseinän verhousrakenteiden S1 ja S2 rakennuskustannusten suhteellinen vertailu. S1=100.

Kustannustekijä	S1	S2
kivimateriaali	10	8
kiven valmistus	31	31
laatan reunakäsittelyt	3	-
kiven kiinnitysmassa	2	2
kiven kiinnikkeet	13	-
kivien ja kiinnikkeiden asennus	21	19
saumausmassa ja -työ	11	6
työmaan aputyöt	6	3
rahdit	3	1
YHTEENSÄ	100	70

Taulukko 6-13. Luonnonkivisten sisäseinän verhousrakenteiden S1 ja S2 kustannusrakenteiden suhteellinen vertailu. S1=100.

Kokonaiskustannukset on laskettu lisäämällä inves-tointikustannuksiin puhdistuksista ja korjauksista aiheutuvat kustannukset. Tarkasteluajanjakson pituus on 50 vuotta. Käytön aikaisia hoito- ja huoltokustannuksia arvioitaessa otettiin tutkimuksessa huomioon eri materiaalien käyttötekniiset ominaisuudet ja julkisivun teknis-fysikaaliselle ja esteettiselle toiminnalle aseteltavat vaatimukset. Käytännössä hoitokustannuksia aiheuttuu tarkasteluajanjaksolla lähinnä julkisivupinnan puhdistuksesta ja verhouksen saumojen uusimisesta. Taulukossa 6-16 on esitetty yhteenveto kokonaiskustannuksista eri julkisivumateriaalien osalta. Kiilloitettua graniittijulkisivua merkitään luvulla 100, johon muita materiaaleja verrataan. Taulukoiden 6-14 ja 6-16 lukuarvot eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Tutkimuksen perusteella voidaan päätellä, että tarkasteluajanjaksolla luonnonkivijulkisivun hoitokustannukset ovat vertailuryhmässä selvästi pienimmät, mikä lisää kivijulkisivun edullisuutta muihin materiaaleihin verrattuna. Vertailussa oletettiin, että rakenteiden toiminta säilyy hyvänä koko tarkasteluajanjakson ajan. Erot eri materiaalien kestävydessä tulevat selvimmin esiin vasta pitemmällä aikavälillä. Toisaalta, vertailujen tekeminen vaikeutuu entisestään tarkasteluajankohdan pidentyessä. Kiilloitetun graniitti-pinnan toiminnallinen käyttöikä on erittäin pitkä, joten kivijulkisivun edullisuuden voidaan joka tapauksessa päätellä edelleen lisääntyvän tarkasteluajankohdan jälkeisenä aikana.

6.6 Luonnonkivitöiden aikataulu ja toteutus

Luonnonkivitöiden aikataulusuunnittelu on tarpeellinen projektin kustannusten ja rakennusajan määrittämisessä. Alustava aikataulu tehdään jo rakennuskohteen kustannusarvion laadintavaiheessa. Tällöin selvitetään toteutussuunnitelman avulla karkeasti kustannusten jakaantuminen; resurssitarve ja niiden jakaantuminen hankkeen eri vaiheissa. Samalla voidaan selvittää työvaiheiden sijoittuminen vuodenaikoihin nähden.

Luonnonkivitöiden tarkennettu yleisaikataulu laaditaan, kun tieto kiviurakasta on saatu. Aikataulun laadinta perustuu rakennusprojektin yleisaikatauluun. Aikataulua laadittaessa selvitetään kiviurakan riippuvuudet työmaan yleistoiminnoista ja muista työmaalla toimivista urakoitsijoista ja tehtävistä. Riippuvuuksien määrittelyssä auttaa eri tehtävien piirtäminen aluksi toimintaverkkoon sitomatta sitä kuitenkaan vielä aikaaksellille Suunnittelussa selvitetään urakkaan liittyvät tehtävät ja niiden kestot, tehdään eri tehtävien resurssilaskenta ja määritetään tehtävien keskinäiset riippuvuudet ja viiveet. Tämän jälkeen toimintaverkko voidaan piirtää aikataulukaaavion muotoon. Yleisaikataulua täydentäviä suunnitelmia ovat hankinta- ja piirustusajataulu

sekä työkohtaisesti tarkennetut toteutusaikataulut. Kiviurakan aikataulun laatiminen, sen toteutumisen seuraaminen ja tarkentaminen hankkeen edetessä on luonteeltaan jatkuvaa toimintaa.

Kiviurakoitsija valitaan urakkatarjouskilpailun perusteella. Tässä vaiheessa kivirakenteita koskevat suunnitelmat ovat alustavat ja niihin sisältyy usein vaihtoehtoisia toteutustapoja. Huolellisesti toteutettu rakentamisen valmisteluvaihe edesauttaa urakkakilpailun ja kivitöiden toteutuksen onnistumista. Luonnonkivitöiden urakkaohjelman sisältö, kivitöiden toteutustapa, työselitysten sisältö ja kivitöiden aikataulu tarkennetaan urakka-neuvottelujen yhteydessä. Tällöin vahvistetaan myös käytettävät kivityypit, pintakäsittelyt, kivien mitoitus sekä urakkamuodosta ja olosuhteista riippuen myös kivitöiden laajuus.

Kiviurakasopimuksen allekirjoituksen jälkeen laaditaan lopulliset kivitöiden työ- ja valmistuspiirustukset sekä rakennesuunnitelmat. Samanaikaisesti käynnistetään luonnonkivimateriaalin hankinta sekä tehdään kivi tuotannon ja -asennuksen resurssi- ja kapasiteettivaraukset. Tässä vaiheessa laaditaan myös em. kivitöiden tarkennettu yleisaikataulu.

Tyypillisessä kiviurakassa raakakiven hankintavaihe kestää kivityypistä ja kohteen olosuhteista riippuen noin 3 - 6 viikkoa. Varsinainen kivenjalostus voidaan käynnistää, kun tarkennetut työpiirustukset ovat käytävissä, eli yleensä noin 6 - 10 viikon kuluttua urakka-sopimuksesta. Usein on kuitenkin tarkoituksenmukaista käynnistää kivenjalostuksen nk. esivalmistusvaihe jo aiemmin. Tässä vaiheessa tehdään käytettävissä olevien suunnitelmien pohjalta puolivalmisteita, jotka viimeistellään myöhemmin lopullisten suunnitelmien mukaisesti. Käytännössä esivalmistusvaihe voidaan yleensä käynnistää noin 3-5 viikon kuluttua urakasopimuksesta. Samanaikaisesti varsinaisen kivenjalostuksen kanssa valmistetaan tarpeelliset kiinnitystarvikkeet. Kiviasennukset työmaalla tai elementtitehtaalla voidaan aloittaa 2 - 4 viikon kuluttua varsinaisen kivenjalostuksen alkamisesta. Ennen kiviasennusten aloittamista on suositeltavaa tehdä edustava malliasennus, jonka avulla tilaaja ja kiviurakoitsija voivat lopullisesti määrittää työn laatutason ja sopia käytettävistä työmenetelmistä.

Kivenjalostuksen kapasiteetti riippuu useista eri tekijöistä kuten valittujen kivityyppien saatavuudesta, lohkarekoosta, kivien mitoituksesta, pintakäsittelystä, viimeistelytyöstöjen tarpeesta ja kivenjalostuslaitoksen käytettävissä olevasta tuotantokapasiteetista sekä muista kivitöiden olosuhteista. Tarkka aikataulusuunnitelma voidaan laatia vasta, kun kaikki asiaan keskeisesti vaikuttavat seikat ovat tiedossa. Vastaavasti voidaan kiven asennuksessa tarvittava aika arvioida vain karkeasti, kunnes tarkat tiedot kohteen olosuhteista ja yleisaikataulusta ovat käytettävissä.

Kivitiöiden aikataulusuunnittelun havainnollistamiseksi tarkastellaan kahta tyyppillistä luonnonkivijulkisivun rakennuskohdetta, joiden laajuudet ovat 1000 m² ja 5000 m². Esimerkkikohde A valmistetaan kotimaisesta graniitista. Kohteen muotoilun vaikeusaste on tavanomaista tasoa eikä kiviöiden toleransseille ja kiven sallitulle väri vaihtelulle ole asetettu epätavallisen tiukkoja vaatimuksia. Kohteessa käytettävää kivityyppiä tuotetaan jatkuvasti suurehkoja määriä ja sen saatavuus on hyvä. Kivilaatat valmistetaan tyyppillisessä keskisuudessa, rakennuskivenjalostukseen tarkoitettussa kivenjalostamossa. Kiviasennuksessa käytetään kahta 1+1 miehen asennustyöparia. Työmaan olosuhteet ovat tavanomaiset eikä kiviöiden toteutuksessa ole erityisiä, normaalista poikkeavia hankaluuksia.

Esimerkkikohteen A työvaiheet ja niiden kestot on esitetty taulukossa 6-17. Kohteen aikataulusuunnitelma on esitetty kuvassa 6-10. Urakkasopimus allekirjoitetaan viikon 1 alussa, jonka jälkeen käynnistyy suunnitelmien tarkennus ja raakakiven hankinta. Kivituotteiden esivalmistus aloitetaan viikolla 5. Lopulliset työpiirustukset ovat käytettävissä viikon 7 lopulla, jolloin varsinainen kivenjalostus ja kiinnikkeiden valmistus voidaan aloittaa viikolla 8. Kivien asentaminen aloitetaan kaksi viikkoa myöhemmin viikolla 10. Kiviasennukset ja saumaustyö valmistuvat viikolla 23 ja kohteen viimeistelytyöt saatetaan päätökseen viikon 24 aikana. Kohteen toteutuksen kokonaiskesto urakkasopimukselta työn valmistumiseen on esimerkkitapauksessa 24 viikkoa eli noin 5,5 kalenterikuukautta.

Vertailun vuoksi tarkastellaan kohdetta, jonka olosuhteet ovat muuten samat kuin edellä, mutta kohteen laajuus on huomattavasti suurempi. Julkisivun kiviverhouksen kokonaispinta-ala on tässä tapauksessa 5000 m². Kohteen työvaiheet ja niiden kesto on annettu taulukossa 6-113. Esimerkkikohteen B aika-tila-suunnitelma on esitetty kuvassa 6-11.

Esimerkkikohteen B aloitusvaiheen aikataulu on samanlainen kuin kohteessa A. Toteutuksen erot näkyvät aikataulussa työvaiheiden pitenemisellä. Kohteen asennukset ja saumaustyö valmistuvat projektiaikataulun viikolla 52 ja viimeistelytyöt saatetaan päätökseen viikon 53 aikana. Kiviasennuksessa käytetään keskimäärin neljää 1+1 miehen asennustyöparia. Kohteen toteutuksen kokonaiskesto urakkasopimukselta työn valmistumiseen on esimerkkitapauksessa B melko tarkasti 1 kalenteri-vuosi. Kohteen laajuuden viisinkertaistuminen aiheuttaa siis esimerkkitapauksessa karkeasti arvioiden projektin kokonaiskeston pitenemisen kaksinkertaiseksi.

Esimerkkikohteissa A ja B tarkastellaan luonnonkivijulkisivua, mutta vastaavaa aikataulua voidaan soveltaa kaikissa muissakin luonnonkiven käyttökohteissa. Esimerkkitapauksissa on oletettu, että kiviöiden toteutuksessa ei ilmene työmaalla erityisiä

rajoi-tuksia tai hankaluuksia. Käytännössä voi työmaalla olla meneillään samanaikaisesti useita eri kivityy-peistä tehtäviä rakennustöitä. Työkohteessa on myös tavallisesti työvaiheita, joiden kanssa kivityöt on vaiheistettava, kuten esimerkiksi lämmönerityksen asennus julkisivuissa. Suurilla ja monimutkaisilla työmailla saattaa myös työmaalla tehtävien urakoiden keskinäinen yhteensovittaminen aiheuttaa muutoksia kiviöiden aikatauluun.

Kovien luonnonkivien, kuten graniittien jalostus on työ- ja pääomavaltaista tuotantotoimintaa, jota ei yleensä voida merkittävästi nopeuttaa. Tapauskohtaisesti voidaan kivenjalostuksen vaatimaa kokonais-aikaa joskus lyhentää tekemällä kohteen kiviä samanaikaisesti useassa eri jalostuslaitoksessa. Luonnonkivikohteiden olosuhteet vaihtelevat, joten käytännössä kivi-tuotteita ei voida tehdä varastoon lukuun ottamatta vakiomittaisia kalibroituja sisustuslaattoja. Kiviasennusten toteutusaikaa voidaan tiettyyn rajaan asti lyhentää lisäämällä asennusryhmien lukumäärää. Käytännössä työmaan olosuhteet rajoittavat kuitenkin asennusryhmien määrän lisäämistä. Työmaalla tapahtuvaa kiviasennusta voidaan nopeuttaa soveltamalla asennuksessa kohteen kannalta optimaalista kiinnitysjärjestelmää. Esivalmistusasteen nostaminen esimerkiksi kivipintaisia elementtejä käyttämällä on käytännössä tehokkain tapa asennusajan lyhentämiseksi.

Luonnonkiven laadunvalvonnan kannalta on edullista, että kiven hankinnalle, jalostukselle ja asentamiselle varataan riittävästi aikaa. Tällöin kiviä voidaan tarvittaessa valikoida halutun laadullisen lopputuloksen aikaansaamiseksi. Optimaalisten arkkitehtonisten ja rakenteellisten suunnitteluratkaisujen kehittämiselle on niin ikään tarpeen varata aikaa. Aikataulun tiukentaminen voi johtaa kohteen lopputuloksen laadun heikkenemiseen ja rakennuskustannusten tarpeettomaan nousuun.

Luonnonkiviöiden materiaalihallinto suunnitellaan työkohtaisesti siten, että kivien valmistus ja asennus voidaan toteuttaa suunnitelmien mukaisesti. Kivitoimitukset työmaalle ja elementtitehtaalte suunnitellaan niin, että asennuspaikalla on asennustyön kannalta riittävä määrä kiviä käytettävissä. Kivien tarpeetonta varastointia asennuspaikalla tulee välttää koska se lisää työmaan kuormitusta ja kivilaattojen likaantumisen- ja vaurioitumisriskiä. Rikkoontuneiden tai muista syistä korvattavien kivilaattojen vuoksi tulee asennuspaikalle varata tietty määrä ylimääräisiä kivilaattoja varmuusvarastoon.

Rakennuskivien toimituksissa suositellaan noudatettavaksi Kiviteollisuusliitto ry:n julkaisemia rakennuskivien yleisiä sopimusehtoja (liite 1). Rakennuskivien asennussopimuksissa suositellaan sovellettavaksi Kiviteollisuusliitto ry:n julkaisemia rakennuskivien asennusehtoja (liite 2). Liitteenä 3 on luonnonkiviöiden tilausvahvistuksen tai sopimuksen malli.

